

JYVÄSKYLÄN KASVATUSOPILLISEN KORKEAKOULUN JULKAISUJA XIII
ACTA ACADEMIAE PAEDAGOGICAE JYVÄSKYLÄENSIS XIII

KÄTEVYYS
JA
SEN KEHITTYMINEN
KOULUIÄN AIKANA
(WITH ENGLISH SUMMARY)

VEIKKO HEINONEN

JYVÄSKYLÄ 1957
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTOYHDISTYKSEN KUSTANTAMA

JYVÄSKYLÄN KASVATUSOPILLISEN KORKEAKOULUN JULKAISUJA XIII
ACTA ACADEMIAE PAEDAGOGICAE JYVÄSKYLÄENSIS XIII

**KÄTEVYYS
JA
SEN KEHITTYMINEN
KOULUIÄN AIKANA**

(WITH ENGLISH SUMMARY)

VEIKKO HEINONEN

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTOYHDISTYKSEN KUSTANTAMA

KÄTEVYYS
JA
SEN KEHITTYMINEN
KOULUIÄN AIKANA

VEIKKO HEINONEN

Esitetään Jyväskylän kasvatustieteellisen korkeakoulun
opettajaneuvoston luvalla julkisesti
tarkastettavaksi korkeakoulun oppisalissa 99.
18. päivänä joulukuuta klo 12

JYVÄSKYLÄ 1957

VEIKKO HEINONEN

**KÄTEVYYS
JA
SEN KEHITTYMINEN
KOULUIÄN AIKANA**

**MANUAL SKILL AND ITS DEVELOPMENT
DURING THE SCHOOL AGE**

JYVÄSKYLÄ 1957

URN:ISBN:978-951-39-9990-2
ISBN 978-951-39-9990-2 (PDF)
ISSN 2736-8475

Jyväskylän yliopisto, 2023

K. J. Gummerus Osakeyhtiön
kirjapainossa Jyväskylässä 1957

SISÄLLYS:

I. Johdanto	Sivu
A. Käsitteiden selvittelyä	9
B. Kätevyyden faktoripsykologinen asema	12
C. Tutkimuksen tehtävä ja metodi	14
II. Kätevyys	
A. Kätevyyden rakenteellisista edellytyksistä	18
1. Käden luusto	18
2. Käden lihaksisto	20
3. Käden hermosto ja hermotus	24
B. Kätevyyden toiminnallisista edellytyksistä	29
1. Aistihavainnot kätevyyden edellytyksenä	29
2. Kätevyys ja motoriikka	35
3. Kätevyyden suhde älykkyyteen	40
4. Muita funktionaalisia suhteita	42
C. Katsaus aikaisempiin kätevyystutkimuksiin	54
D. Yleiskatsaus käsittelymotoriikan faktoreihin	73
E. Orientoiva analyysi	79
1. Testit	79
2. Tulokset	87
a) Yksityisten variaabelien matemaattis-tilastollinen käsittely	87
b) Testien reliabiliteetti	88
c) Kätevyyden konstanssi	94
d) Pääanalyysi	97
e) Faktoreitten tulkintaa	104
f) Yhteenveto orientoivan analyysin päätuloksista	113
III. Kätevyyden kehitys	
A. Aikaisempia tutkimuksia	115
B. Kehityksen tutkimiseen liittyvistä yleisistä probleemoista	123
C. Omia tutkimuksia	129

1. Testien esittely	129
2. Koehenkilöt ja kokeitten suoritus	136
3. Testien reliabiliteetti	140
4. Kätevyyden kehitys faktori- ja transformaatioanalyysien valossa	142
a) Korrelaatiot	142
b) Kommunaliteetit	143
c) Faktoreitten lukumäärä	146
d) Rotatointi	149
e) Transformointi (yleistä)	149
f) Epänormaali transformoituminen testeissä ja faktoreissa ..	150
g) Faktorien tulkinta ja vertailu	151
h) Faktorien vastaavuus	160
i) Kehitys ja epänormaali transformoituminen	163
j) Kokonaisdifferentioituminen	170
5) Kätevyyden kehitys keskiarvojen ja hajontojen valossa	171
a) Matemaattis-tilastollinen käsittely	171
b) Tulokset	175
6) Differentioituminen ja suoritustason nousu	177
7) Toimintojen väliset kehityserot ja testien interkorrelaatiot	181
8) Kätevyyden kehityksen yleispiirteet	186
Summary	188
Kirjallisuusluettelo	204

ALKULAUSE

Kun tutkimukseni nyt tulee julkisuuteen, muistan kiitollisuudella kaikkia niitä henkilöitä, joitten tuen varassa olen voinut selvittää lukuisista työhöni liittyneistä vaikeuksista. Professori *M a r t t i T a k a l a* on vaivojaan säästämättä seurannut työtäni ja ystävällisesti tarjonnut minulle mitä monipuolisinta apua. Hän on myöskin lukenut käsikirjoitukseni ja tehnyt sitä koskevia arvokkaita huomautuksia. Dosentti *K u l l e r v o R a i n i o* on niinkään tutustunut käsikirjoitukseeni, tehnyt arvokkaita huomautuksia ja herätteitä antavissa keskusteluissa ohjannut minua eritoten menetelmien soveltamisessa. Tohtori *Y r j ö A h m a v a r a* ja tutkimussihteeri *T o u k o M a r k k a n e n* ovat auliisti antaneet ohjeita uusimpien faktorianalyyttisten menetelmien soveltamisessa. Edellinen heistä on lisäksi lukenut osan käsikirjoitustani ja tehnyt sen johdosta tärkeitä huomautuksia. Pastori *P e n t t i T a p i o* on hyväntahtoisesti järjestänyt mahdollisuuden testausten toimeenpanemiseen Partaharjun leirikylässä. Kansakouluntarkastaja *P e n t t i M e r e n k y l ä* on niinkään auliisti tarjonnut apua koehenkilöstön hankkimisessa. Kansakoulunopettaja *O s m o T u r u n e n* ja mat. yo. *S e p p o T ä h t i n e n* ovat avustaneet minua pääanalyysin testausten suorittamisessa ja primäärimateriaalin käsittelyssä. Käännökset englanninkielelle on asiantuntemuksella suorittanut maisteri *J a a k k o R a i l o*. Kaikille heille ja myöskin niille lukuisille muille henkilöille, joitten apuun olen joutunut turvautumaan, lausun parhaimmat kiitokseni.

Kunnioittavat kiitokseni lausun vielä Jyväskylän kasvatusopilliselle korkeakoululle ja rehtori Aarni Penttilälle työtäni varten myönnetystä nuorten tieteenharjoittajain apurahasta.

Lopuksi kiitän Jyväskylän kasvatusopillisen korkeakoulun opettajaneuvostoa ja Jyväskylän yliopistoyhdistystä sen johdosta, että tutkimukseni julkaistaan korkeakoulun Acta-sarjassa.

Toivakassa, elokuussa 1957.

V e i k k o H e i n o n e n

I JOHDANTO

A. Käsitteiden selvittelyä.

Useilla arkikielen käsitteillä näyttää ikäänkuin luonnostaan olevan tietty yhtenäisyys. Näin on kätevyuden käsitteenkin laita. Ilmeistä on, että kätevyyttä pidetään yleensä verraten yhtenäisenä ja tietynlaisena ominaisuutena. Itse asiassa kätevyuden käsite on, muiden arkikielen käsitteiden tavoin, syntynyt varsin pitkälle viedyn abstraktion tuloksena. Erilaisissa elämän tilanteissa on todettu eräitä määrättyjä, jokseenkin samanlaisina toistuvia käyttäytymisen piirteitä. Nämä yhteiset toimintatavat ovat sitten määränneet muodostettavan käsitteen, kätevyuden, sisällön. Kun näin syntyneellä käsitteellä on useissa eri yhteisöissä likipitään sama sisältö, on ilmeistä, että kätevyyteen kuuluu tiettyjä »luonnostaan» esillä olevia piirteitä. Yhteisten piirteitten vuoksi on kätevyuden käsite varsin kansainvälinen. Sitä merkitseviä sanoja tapaammekin lukuisissa kielissä.

Ellei oteta huomioon eräitä, joskus suuriakin, yksilöiden kielenkäytössä esiintyviä merkityseroavuuksia, voimme olla melko varmoja siitä, että puhuessamme »kätevyydestä», tarkoitamme arkikielessä jokseenkin samaa, mitä vastaavalla sanalla muissa kielissä tarkoitetaan (ruots. *händighet*, saks. *Handgeschicklichkeit*, engl. *dexterity*). Epäilemättä kätevyys yleensä käsitetään esineitten käsittelyssä tai materiaalin muokkaamisessa ilmeneväksi taidoksi. Se on eräs persoonallisuuden piirre tai täsmällisemmin tietty *suorituskyky*, jonka olemassaolosta ja luonteesta olemme jossakin määrin selvillä ilman yksityiskohtaisia analyysejakin.

Toisaalta on kuitenkin heti todettava, että käsitteenmuodostus jokapäiväisessä elämässä ja sanojen käyttö arkikielessä tapahtuvat siinä määrin vapaasti, että käsitteitten sisältö ja sanojen merkitys kriitillisesti tarkastellen on verraten epäyhtenäistä. Kätevyydenkin käsitteen sisältö vaihtelee jonkin verran yksilöittäin. Vastaavasti myöskin sanaa kätevyys käytetään eri merkityksissä. Niinpä joku voi nimittää kätevyudeksi sitä, että suoritetaan tiettyyn ammattiin kuuluvat tehtävät,

esimerkiksi puusepän työt, huomattavalla taidolla. Joku toinen taasen saattaa pitää kätevyytensä sitä, että käsitellään näppärästi tiettyjä esineitä, esimerkiksi pakattaessa tai lajiteltaessa erilaisia kappaleita. Vieläpä joku saattaa siirtää kätevyiden niinkin etäälle edellisistä merkityksistä, että hän, nähdessään suoritettavan laskutoimituksia nopeasti ja tarkasti, puhuu »kätevästä laskijasta». Sama sana tarkoittaa näin ollen joskus hyvinkin erilaisia asioita. Tällaisia sisällöltään epämääräisiä käsitteitä ei voida haitatta käyttää eksaktisuuteen pyrkivässä tieteessä (Siegwald 1944).

Tieteellisissä tutkimuksissa, joissa pyritään rakentamaan intersubjektiivisille käsitteille, voidaan todeta verraten suurta yhtenäisyyttä kätevyiden käsitteen yleisessä määrittelyssä. Kätevyys käsitetään säännöllisesti tietyksi, esinemaailmaan kohdistuvaksi suorituskävyksi, joka ilmenee käsien avulla aikaansaadussa toiminnassa. Tätä etämälle ei kätevyiden käsitteen yhtenäinen sisältö kuitenkaan aina ulotu. Kun on kysymys käsitteen yksityiskohtaisesta sisällöstä, tavaan varsin erilaisia käsityksiä eri tutkijoiden välillä. Selväpiirteisillä eroavuuksilla kahden käsityskannan välillä on todettavissa eurooppalaisten ja amerikkalaisten tutkijain määrittelyissä. Eurooppalaiset tutkijat (englantilaisia lukuunottamatta, jotka asettuvat yleensä amerikkalaisten kannalle) määrittelevät yleensä aina kätevyiden lähinnä materiaalin muodon muuttamisessa ilmeneväksi suorituskävyksi (esim. Schorn 1929, Meili 1951). Amerikkalaiset tutkijat sitävastoin katsovat kätevyiden ilmenevän lähinnä esineitten siirtämisessä ja ohjaamisessa käsiliikkeitten avulla paikasta toiseen. He kiinnittävät päähuomion käsittelymotoriikan tarkkuuteen ja nopeuteen, kun sitävastoin ns. muodonantokyky jätetään yleensä kätevyystutkimusten ulkopuolelle. (esim. Melton 1947, Hempel & Fleishman 1955).

Kätevyiden teoreettisessa tarkastelussa esiintyvää epäyhtenäisyyttä lisää osaltaan se, että tämä funktiokompleksi luetaan milloin yleiseen motorikkaan (Perrin 1921, Muscio 1922), milloin taasen teknilliseen suorituskävyyn (Earle & Gaw 1930) kuuluvaksi. Psykologisessa kirjallisuudessa tapaa kätevyyttä koskevaa tietoa mitä erilaisimpien otsakkeiden alla.

Kätevyiden teorian hajanaisuus johtuu epäilemättä pääasiassa siitä, että käsitteiden käyttö on suhteellisen pitkään viipynyt spekulatiivisten määrittelyjen tasolla. Ilmeistä horjuvuutta on ollut omiaan aiheuttamaan sekin, että monissa uusien menetelmien suoritetuissa tutkimuksissa ei ole kiinnitetty juuri lainkaan huomiota teoreettisille rajan-

käynneille, joten saavutetut empiiriset tulokset ovat puutteellisesti tulkittuina aiheuttaneet vain lisää epäyhtenäisyyttä.

Kuten tuonnempana osoitetaan, voidaan kätevyyttä empiiristen tutkimustulosten perusteella pitää suorituskyknä, joka on kokeellisestikin verraten selvästi rajoitettavissa muista psyykkisistä toimintoryhmistä. Näin ollen on pidettävä varmana, että kätevyudeksi nimitetty funktiokompleksi omaa tietyn itsenäisyyden ja että kätevyys on siten asetettava muiden lahjakkuudenalojen rinnalle eikä niiden alakäsitteeksi.

Kun kätevyys määritellään funktiokompleksiksi, edellytetään tällöin, ettei kätevyys ole yksi yhtenäinen kyky, vaan että se sopivalla testistöllä on rajoitettavissa joiksikin tekijöiksi, jotka aiheuttavat kätevyystestien varianssia.¹⁾ Näiden perustekijöitten etsiminen ja niiden keskinäisen suhteen selvittäminen on oleva tämän tutkimuksen ensimmäinen pääasiallinen tehtävä.

Tiedämme myöskin, että kätevyuden perustana olevat tekijät ovat eri yksilöissä eri tasoisina edustettuina, minkä johdosta empiirisillä testivariaabeleilla on tietty jakaantuminen. Todennäköistä on, että jakaantuminen monien funktioiden kohdalla osoittautuu normaalin jakaantumisen luontoiseksi. Tähän viittaa jo arkikokemuskin, samoin aikaisempi tieteellinen tieto. Sen mukaan tavataan vähän erittäin kömpelöitä yksilöitä, verraten runsaasti kohtalaisen käteviä ja jälleen vähän erittäin käteviä.

Tutkimuksemme käsittelee toisaalta kätevyuden kehittymisen ongelmaa. Tässä kysymyksessä muodostaa lähtökohdan toteamus, että yksilön suorituskyky muuttuu, erikoisesti kasvuiän kuluessa, varsin paljon. Vuosi vuodelta kykenee kasvava yksilö myöskin käsittelymotoriikassa saavuttamaan yhä parempia tuloksia. Kun kasvuikä kuitenkin ihmisellä on varsin pitkä, on empiirinen tutkimus kätevyuden kehittymisen osalta rajoitettava, käytettävissä olevat mahdollisuudet huomioon ottaen, siten, että keskitytään tarkastelemaan lähinnä kouluikä aikana tapahtuvaa kehitystä. Kehityksellä tarkoitamme tällöin niitä muutoksia, jotka johtuvat kypsymisestä ja toiminnoista. Näin ollen ei tutkimuksemme kohdistu niihin muutoksiin, joita määrätietoinen harjoitus ja sitä seuraava oppiminen käsittelymotoriikassa aiheuttavat. Kehitysanalyyseiden kohteena on pääasiassa oleva siten manuaa-

1) Puuttumatta faktorien olemusta ja niitten sekä testien välistä suhdetta koskevaan problematiikkaan ilmoitamme, että pidämme seuraavassa faktoreita lähinnä matemaattisina apukäsitteinä. »Aiheuttaminen» ja »vaikuttaminen» ei välttämättä tällöin ole kausaalista, vaan merkitsee »jonka avulla selittyy».

linen v a l m e u s ja t a i p u m u s sekä niiden sääntelemä optimaalinen suorituskyky. Tietyn ammatin kehittämä maksimaalinen suorituskapasiteetti ja sen kehittyminen sitävastoin eivät kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

Esitetyt määritelmät merkitsevät sitä, että tutkimuksessa keskitetään päähuomio kätevyys-teorian selvittämiseen. Käytännölliset ongelmat, joista varsinkin kätevyys-analysoiminen ammatinvalinnan tarpeita silmällä pitäen olisi tuiki tarpeellinen, joudutaan näin ollen jättämään huomiota vaille. »Epäkäytännöllinen» kätevyys-teoria voi kuitenkin tarjota varteenotettavaa tietoa käytännöllisten ammattianalyyseihin suorittamiseen. Vastaavasti saattaa käsittely-motoriikan kehityksen tuntemisesta olla huomattavaakin apua käytännöllisessä kasvatustyössä.

B. Kätevyys-teorian faktoripsykologinen asema.

Esillä olevassa tutkimuksessa tarkastellaan kätevyyttä pääasiassa faktoriallennayttisten menetelmien avulla. Kun näillä menetelmillä on luotu jo verraten selväpiirteinen kuva erilaisten psyykkisten tekijöiden järjestelmästä, voidaan myös kätevyys asettaa omalle paikalleen mainitussa järjestelmässä. Kätevyys-teorian suhdetta muihin, yksityiskohtaisemmin tunnettuihin psyykkisiin suorituskykyihin ei tosin faktorianalyyttistenkään metodien perusteella ole vielä määritelty kovin suurella tarkkuudella, mikä johtuu siitä, että tähän mennessä esitetyt faktoripsykologiset kätevyystutkimukset ovat perin harvalukuiset ja että itse faktoripsykologiset järjestelmät ovat jonkin verran epäyhtenäisiä.

Erittäin selväpiirteinen, joskin käsitteiltään hieman vanhentunut, on Vernonin (1950) esittämä hierarkkinen järjestelmä. Siinä on kätevyys-teoriassa jo määrätty paikkansa kykyjen hierarkiassa. Ensimmäisenä tekijänä suorituskykyjen järjestelmän huipulla on Vernonin esittämässä faktorirakenteen kaavassa yleinen eli g-faktori, joka englantilaisessa psykologiassa on säilynyt Spearmanin päivistä alkaen. Tämä yleinen perusponnin sääntelee kaikkia suorituskykyjä, eikä sille tässä yhteydessä ole omistettava mitään erikoisesti tai yksinomaan älykkyyteen liittyvää kvaliteettia.

Yleinen eli g-faktori selittää kuitenkin vain osan erilaisten testien varianssista. Sen alapuolella on kaksi suurehkoa ryhmätekijää (group factor), joista toista Vernon nimittää verbaalis-kasvatukselliseksi

(verbal-educational) ja toista käytännöllis-mekaanis-avaruudellis-fyysiseksi (practical-mechanical-spatial-physical). Edellisen hän lyhentää v:ed, jälkimmäisen k:m.

Näitä ryhmätekijöitä seuraavat sitten pienemmät ryhmätekijät. V:ed faktorin alueella näihin kuuluvat ne tekijät, joita varsinainen älykkyystutkimus selvittää. K:m faktorin alueella taas pienempien ryhmätekijäin piiriin kuuluvat mekaanisen kokemuksen, avaruudellisen hahmotuskyvyn ja käsittelytoimintojen (manual) faktorit.

Manuaalinen faktori käsittää Vernonin mukaan seuraavat suppeat ryhmäfaktorit:

1. M-faktori (Manual Dexterity, kätevyysfaktori),
2. F-faktori (Finger Dexterity, sorminäppäryysfaktori),
3. A-faktori (Aiming, tavoittamisfaktori) ja
4. T-faktori (Tapping, nakutusfaktori)

Vernon nojautuu järjestelmänsä konstruoidessaan suurella määrin vanhan englantilaisen ryhmäfaktorimenetelmän antamiin tuloksiin, minkä johdosta tätä sinänsä yhtenäistä systeemiä ei voida pitää empiirisenä tuloksena. Suurempia vaatimuksia viimeksimainitussa suhteessa vastaavat epäilemättä ne tulokset, jotka on saatu uudemman ja nykyisin yleisessä käytännössä olevan alkeisfaktoriteorian viitoittamaa tietä.

Tässä uudemmassa faktorijärjestelmässä, joka seuraa tiiviisti empiirisiä toteamuksia, puhutaan kätevyydestä (Manual Dexterity, MD) yleensä suppeammassa mielessä kuin tätä käsitettä on aikaisemmin totuttu käyttämään. Se luetaan kuuluvaksi motorisen lahjakkuuden alkeistekijöihin (Ahmavaara, 1957). MD-faktorin katsotaan esiintyvän toiminnoissa, joissa on kysymys nopeiden käsi- ja käsivarsiliikkeiden suorittamisesta taitavasti. Kätevyuden ohella puhutaan tällöin sorminäppäryydestä (Finger Dexterity, FD). Lisäksi mainitaan tavoittamisfaktori (Aiming, Ai) näitten motoristen alkeistekijäin joukossa.

Esillä olevassa tutkimuksessa ei kätevyuden käsitettä ole rajoitettu koskemaan vain MD-faktoria, vaan sille on annettu laajempi merkitys. Tässä tutkimuksessa on kysymys oikeastaan käden motoristen alkeisfaktorien, käsittelymotoriikan selvittämisestä. Näin ollen MD-faktorin ohella joudutaan kiinnittämään huomiota myöskin FD-, Ai- ja T-faktoreihin sekä mahdollisesti muihinkin käsittelymotoriikan piirissä esiintyviin tekijöihin. Koska käsittelymotoriikka kuitenkin on varsin etäällä arkikielen käsitteistä, on tässä haluttu säilyttää yhteys jokapäiväiseen kielenkäyttöön puhumalla yleensä kätevyydestä käsittelymotoriikan

asemesta. Vasta sitten, kun omin empiirisin tutkimuksin olemme ehkä saaneet esille kätevyuden alkeisfaktorin, on kysymys kätevyydestä tämän sanan ahtaammassa, faktoripsykologisessa merkityksessä.

C. Tutkimuksen tehtävä ja metodi.

Kuten edellä on mainittu, kohdistuvat kätevyystutkimukset toisaalta lähinnä muodonantokykyä edellyttävään materiaalin luovaan käsittelyyn, toisaalta niihin käsittelytoimintoihin, joita tavataan esi- neitten siirtämisessä paikasta toiseen. Varsinkin viime aikoina on viimeksi mainittu kätevyuden laji vetänyt kasvavassa määrin tutki- jain huomion puoleensa. Analyysien kohteena ovat tällöin sellaiset funktiot kuin käsittelytoimintojen nopeus ja tarkkuus, liikkeitten ko'ordi- noiminen ja joustavuus sekä käden vakavuus. Näitä funktioita tava- taan pääasiassa niissä arkielämän ja ammattien piiriin kuuluvissa teh- tävissä, jotka edellyttävät erilaisten koneitten käsittelyä. Varsin tavallisia ne ovat paitsi koneiteollisuudessa myöskin siellä, missä jou- dutaan lajittelemaan, pakkaamaan tai vain tilapäisesti käsittelemään koneiteollisuuden tuotteita. Käsiteollisuudessa ja taideteollisuudessa tällaiset motorisvoittoiset suoritukset sitävastoin näyttävät olevan vasta toisella tilalla, muodonantokyvyn jälkeen.

Esillä oleva tutkimus kohdistuu pääasiassa, joskaan ei yksinomaan, *motorisvoittoiseen kätevyYTEEN*. Vaikka kysymyksessä onkin ensi- sijassa oleva kätevyuden teoreettisten seikkojen analysoiminen, on ilmeistä, että tällaisella perustutkimuksella on merkitystä myöskin käytännön asettamien tehtävien selvittämisessä. Siksi tehtävän rajoi- tuksen tulisi vastata toisaalta teorian, toisaalta käytännön asettamia vaatimuksia. Teorian pitäisi olla, jos halutaan pitää silmällä sovelletun psykologian tarpeita, niin käytännöllistä kuin suinkin. Kun tehtävä rajoitetaan siten kuin edellä on tehty kohdistamalla päähuomio motoris- voittoiseen kätevyYTEEN, vastaa rajoitus mainittua käytännöllisen teorian vaatimusta. Ilmeistä on, että tälle pohjalle rakentuva teoria antaa kohteesta luotettavamman ja yksityiskohtaisemman kuvan kuin se teoria, joka rakentuu lähinnä muodonantokykyä edellyttävän kätevyuden analysoimiselle. Toisaalta voidaan todeta, että ensi sijassa käsittelymotoriikan analyysille perustuva teoria on yhtä käytännöllii- nen kuin materiaalin muokkaamista käsittelevä teoriakin. Koneiteol- lisuuden lisääntyminen taasen lisää ilmeisesti lähinnä motorisvoittoisen teorian soveltamismahdollisuuksia.

Asetetun otsikon mukaisesti on pyrkimyksemme tutkia kahta läheisesti toisiinsa liittyvää ongelmaryhmää: kätevyyttä ja sen kehittymistä. Kätevyyden analyysi suoritetaan pääasiassa differentiaali-psykologian esittämien *kvantitatiivisiin menetelmiin* käyttäen mahdollisimman eksakteja kuvailusysteemejä. Aluksi joudutaan kuitenkin käsittelemään kätevyyden funktiokompleksin tapahtuma-alustaa ja kätevyyden yleisiä edellytyksiä, sekä rakenteellisia että toiminnallisia, lähinnä kvalitatiivisesti. Tällöin joudutaan turvautumaan toisaalta anatomisiin ja fysiologisiin, toisaalta fysiologian ja havaintopsykologian sekä fysiologisen psykologian tarjoamiin tietoihin. Tämä yleisluontoinen tieto koetetaan suhteuttaa kvantitatiivisesti ankkuroituihin tosiasioihin pyrkien siten luomaan pohjaa varsinaisesti psykologiselle käsittelylle.

Kätevyyden psykologia, joka on vallan muuta kuin käden muotoja tai liikemorfologiaa tarkasteleva »käden psykologia», keskittyy pääasiassa käsittelymotoriikan funktionaalisten suhteitten kvantitatiiviseen tarkastelemiseen. Tehtävänä tulee tässäkin tutkimuksessa siten olemaan kätevyyden funktiokompleksin selvittäminen niin tyhjentävästi kuin tämä laaja tehtävä osoittautuu aikaisempien tutkimusten ja omien tutkimustemme varassa mahdolliseksi. Pääkysymys tulee siten kaikissa faktorianalyttisissä tarkasteluissa, jotka tuonnempana esitetään, olemaan seuraava: mitä tekijöitä ja minkä laajuuden omaavia tekijöitä (yhteisiä ja erityistekijöitä) kätevyys liittyy, eli missä määrin kätevyys on alkeisfaktoreista tai spesifisistä tekijöistä riippuvaa. Kun aikaisemmat tutkimukset sisältävät runsaasti aineistoa, erikoisesti valmiita interkorrelaatiomatriiseja, muodostuu mielenkiintoiseksi tehtäväksi näiden aikaisempien tutkimuksien tulosten tarkastaminen modernin menetelmän, sentroidianalyysin avulla. Tällöin tarjoutuu samalla tilaisuus aikaisempien tutkimusten vertailuun ja jossakin määrin tulosten uudelleen tulkitsemiseen. Kun käytännöllisten tutkimusten toteuttaminen kätevyyttä selvitetessä on huomattavasti työläämpää kuin kynä-paperi-testejä edellyttävien tutkimusten, pyritään tässä käyttämään hyväksi kaikki aikaisemmat tutkimukset.

Kätevyyttä koskeva aikaisempi tieto, jota kuten sanottu tavataan mitä erilaisimpien otsakkeitten alla, voidaan tarkistaa vertailemalla eri tutkijain tuloksia toisiinsa. Kun pelkästään aikaisempiin tutkimuksiin nojautuva vertailu ei kuitenkaan riitä kätevyyden teorian yksityiskohtaiseen kehittelyyn, joudumme seuraavassa lisäksi turvautumaan omiin tutkimuksiin. Näitä tutkimuksiamme nimitämme niitten

suuntaa-antavan luonteen vuoksi orientoivaksi analyysiksi. Niitten avulla pyrimme suurta variaabelimäärää käyttäen tekemään selkoa niistä kätevyyttä koskevista *funktionaalista suhteista*, joihin ei aikaisemmin ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Tällöin joudutaan selvittämään lähinnä seuraavia ongelmia: Mikä on kätevyuden suhde a) älykkyyteen, b) fyysiseen varttuneisuuteen, c) sensoriikkaan, d) motoriikkaan, e) yleiseen nopeuteen ja f) tarkkuuteen. Lisäksi pyritään selvittämään eri käsien, oikean ja vasemman kätevyyttä ja kätevyuden mahdollista asymmetriaa. Varsinainen kätevyystutkimus ei kuitenkaan kuulu tämän tutkimuksen tehtäviin.

Kätevyuden kehittymistä tarkastellaan seuraavassa kuten kätevyyttäkin toisaalta aikaisempien tutkimusten, toisaalta omien tutkimustemme valossa. Päätehtävänä on tällöin selvittää, mikä osuus *differentioitumisella* ja *integroitumisella* on kätevyuden kehittämisessä. Samalla voidaan tarkastella yksityisten käsittelyfunktioitten kehittymistä keskiarvojen ja hajontojen valossa.

Varsinkin esikouluiän kätevyyttä koskevassa tarkastelussa joudutaan turvautumaan pääasiassa intensiivisin observointimenetelmin hankittuun käsittelymotoriikkaa koskevaan tietoon, sillä testipsykologian tutkimuksia tämän ikäkauden kätevyydestä on perin vähän. Tutkimus nojaa kuitenkin tällöin varsin tiiviisti empiirisiin tosiasioihin ja muodostaa lähtökohdan kvantitatiivisille tarkasteluille.

Pääasiallisesti kohdistuu oma tutkimuksemme varhaisemman kouluiän aikana, 8—15 ikävuoden välillä, tapahtuvaan kehitykseen, jota pyritään selvittämään lähinnä faktorianalyttisten menetelmien avulla.

Yksityiskohtaisemmin on tutkimuksen tehtävät ja metodit selvitetty kulloinkin kysymyksessä olevan ongelmaryhmän yhteydessä.

II K Ä T E V Y Y S

A. Kätevyuden rakenteellisista edellytyksistä.

1. Käden luusto.¹⁾

Erilaisten käsiliikkeitten ja käden asentojen lukumäärä on tavattoman suuri. Tämä monimuotoisuus edellyttää eri suuntiin liikkuvaa vipusysteemiä, joka on nopeasti ja tarkasti käännettävissä eri suuntiin ja eri asemiin. Kun verraten yksinkertaisetkin kätevyysuoritukset edellyttävät toisaalta laajoja, karkeahkoja ja usein suurtakin voimaa vaativia käsiliikkeitä, toisaalta aivan vähäisiä, hienon hienoja ja voiman suuruuden, suunnan ja vaikutuspisteen suhteen tarkoin säänneltyjä liikkeitä, on välttämätöntä, että käden struktuuri jakaantuu kahteen osaan, jotka vastaavat likimain edellä mainittuja funktiorhymiä. Yläraajan pitempi, karkeampiin toimintoihin erikoistunut osa on *k ä s i v a r s i*. Sen jatkona olevaa, hienompiin toimintoihin erikoistunutta osaa nimitämme rajoitetussa merkityksessä *v a r s i n a i s e k s i k ä d e k s i*. Ellei ole välttämätöntä nimenomaan korostaa käden ja käsivarren eroa, nimitämme kädeksi, sanan laajemmassa merkityksessä, koko yläraajaa. Kun oikea ja vasen käsi ovat rakenteellisesti jokseenkin symmetrisiä, puhutaan kädestä tavallisesti yksikössä. Käden asymmetriaa selviteltäessä sitävastoin joudutaan erottamaan oikea ja vasen käsi toisistaan.

Ihmisen yläraajan luuston muodostaa 32 luuta (kuvat 1 ja 2), jotka liittyvät erilaisilla nivelillä toisiinsa. Näistä luista sijaitsevat litteä, lapiomainen *l a p a l u u* (Scapula) ja liereä, käyrä *s o l i s l u u* (Clavicula) vartalon välittömässä läheisyydessä. Niitten pääasiallinen tehtävä on pitää käden tärkeä tukipiste, olkapää, sopivassa asemassa vartaloon nähden. Olkavarren luuston muodostaa yksi ainoa pitkä luu, olkaluu (Humerus), joka niveltyy yläpäästään pallonivelellä lapaluuhun. Pallonivelen ansiosta kääntyy olkaluu miltei joka suuntaan vartalon sivulla olevassa

1) Käden luustoa, lihaksistoa ja hermostoa koskeva esitys nojautuu pääasiassa seuraaviin lähteisiin: Lassila & Ranken 1949, Best & Taylor 1956.

avaruuden osassa. Se voi kiertyä myöskin jonkin verran pituusakselinsa ympäri, mikä lisää kyynärvarren liikkumismahdollisuuksia. Kyynärvarren luuston muodostavat k y y n ä r l u u (Ulna) ja v ä r t t i n ä l u u (Radius). Edellinen niveltää olkaluun kolmikulmaisessa alapäässä olevaan niveltelaan, jälkimmäinen varttinä-nastaan. Kyynärnivelen ansiosta kyynärluu ja varttinäluu voivat kääntyä olka-luuta kohti noin 130—145° ja jokaisessa asennossa ne voivat lisäksi kiertyä ristiin eli supinaatioasentoon toinen toisensa päälle, jolloin kyynärvarren alapää kiertyy noin 150—180° pituusakselinsa ympäri.

Varsinaisen käden luuston muodostavat ranneluut (Ossa carpi), kämmenluut (Ossa metacarpi) ja sormien luut (Phalanges digitorum). Ranneluita on kahdeksan: veneluu (Os naviculare manus), puolikuuluu (Os lunatum), kolmioluu (Os triquetrum), herneluu (Os pisiforme), iso monikulmainen luu (Os multangulum majus), pieni monikulmainen luu (Os multangulum minus), iso ranneluu (Os capitatum) ja hakaluu (Os hamatum). Ranneluut, jotka sijaitsevat kahdessa rivissä, nivELYT-vät kyynärvarrenluuihin, etupäässä varttinäluuhun ylemmässä rannenivelessä, joka on varsin liikkuva. Ranneluut liittyvät toisiinsa ja niiden alempi rivi liittyy käm-men luuihin useissa kireissä nivelissä. Useiden luokappaleitten ja nivelten ansiosta on ranne varsin joustava käden osa. Tämä ominaisuus on kätevyysuoritusten kannalta erittäin tärkeä, sillä juuri ranneliikkeet omaavat sen suuren hienosäätö-mahdollisuuden, joka erilaisten esineitten käsittelyssä on tarpeen.

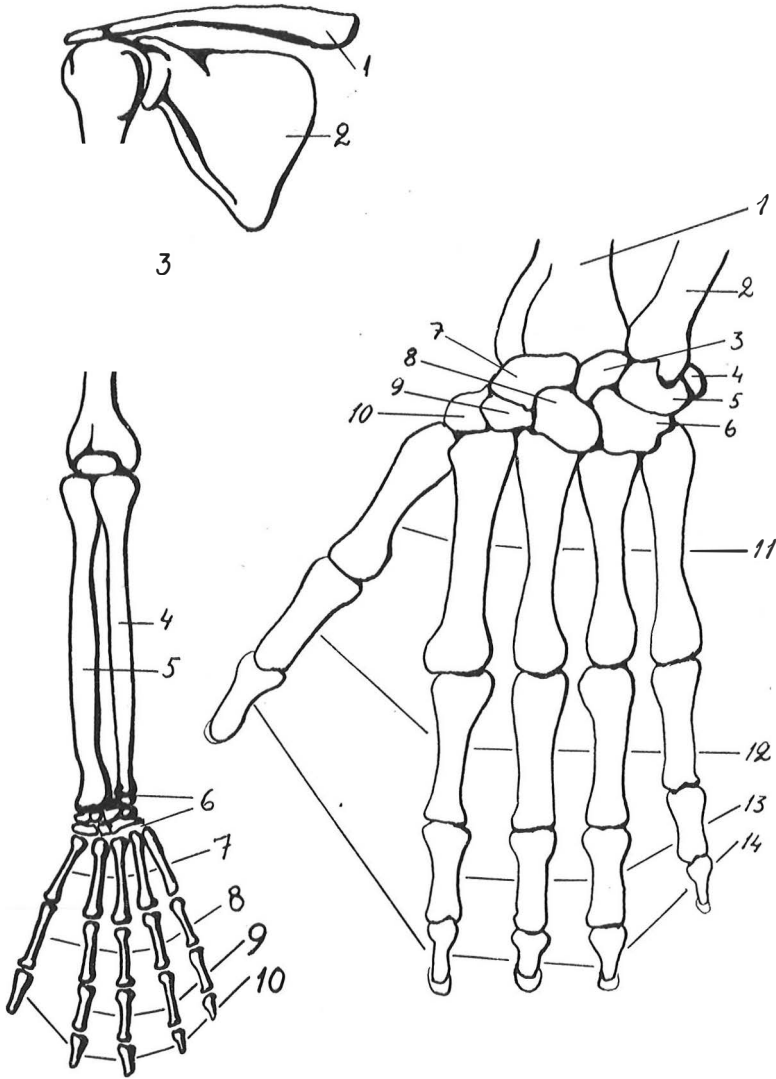
Kämmenluita on viisi, yksi kutakin sormea kohden. Näistä muodostaa neljä luuta sormiin suuntautuvan ryhmän, jonka yksityiset luut eivät voi kovinkaan paljoa liikkua toisiinsa nähden. Peukaloon johtava kämmenluu sitävästoin on var-sin liikkuva, minkä johdosta ihminen voi kääntää peukalon muita sormia vastaan, ilmiö, joka tunnetaan peukalon opposition nimellä ja joka epäilemättä on eräs työ-kalujen käytön perusedellytyksiä.

Jokaisessa sormessa on kolme luuta, peukalossa kuitenkin vain kaksi. Sormien luut liittyvät toisiinsa sarananivelillä, minkä johdosta niitten liikkeet rajoittuvat pääasiassa yhdessä tasossa tapahtuviin koukistus- ja ojentamisliikkeisiin. Sormien ensimmäisiä luuta nimitetään tyvijäseniksi (Phalanx proximalis), sitten seuraavat keskijäsenet (Phalanx media) ja äärimmäisinä ovat kärkijäsenet (Phalanx distalis). Kämmenluiden ja sormien luiden ansiosta käsi saa kulloinkin erilaisen muodon riippuen kohteesta, johon tartutaan.

Käden luusto on kasvuiän aikana jatkuvan kehityksen alaisena. Etsittäessä luo-tettavaa luuston kehityksen indeksiä, on todettu, että ranneluitten kehitys on tässä suhteessa paras kehityksen ilmaisi (Carter 1926). Eri luilla on jonkin verran eri-laiset kehityskäyrät, ja varsin huomattavia eroja tavataan käden luitten kehityk-sessä poikien ja tyttöjen välillä. Edellisillä käyrät kohoavat jokseenkin suoraviivai-sesti 5—17 ikävuosien välillä, jälkimmäisillä kehitys hidastuu 11—13 ikävuoden kohdalla, mihin saakka kehitys noudattaa jokseenkin samaa käyrää kuin pojilla. Luuston luutumisen jatkuu tytöillä 14—16 vuoden, pojilla 16—20 vuoden ikään saakka.

Luitten pituuskasvu noudattaa ilmeisesti periodisuutta, joka on todettavissa yksilöllisissä, muttei juuri keskiarvokäyrissä. Ensimmäinen voimakkaan pituus-kasvun kausi, jolloin kädenkin luut kasvavat nopeasti, on pikkulapsikautena, toinen leikki-iässä noin 6—7 vuotiaana, kolmas 10—14 vuoden iässä tytöillä ja 12—17 vuoden iässä pojilla (Ulin 1949).

Luitten kehityksessä on todettavissa vähäistä asymmetriaa. Telkkä (1949) on



Kuva 1. 1 solisluu, 2 lapaluu, 3 olkaluu, 4 kyynärluu, 5 värttinäluu, 6 ranneluut, 7 kämmentuut, 8 tyvijäsenet, 9 keskijäsenet, 10 kärkijäsenet.

Kuva 2. 1 värttinäluu, 2 kyynär-
luu, 3—10 ranneluut, 11 käm-
mentuut, 12 tyvijäsenet, 13 keski-
jäsenet, 14 kärkijäsenet.

osoittanut, että suomalaisilla on yleensä oikea käsi hieman vasenta pitempi. Tämän selitetään johtuvan funktionaalisista seikoista (Ingelmark 1928).

Sormien suhteellisessa pituudessa esiintyy varsin huomattavia yksilöiden välisiä eroja. Tunnettu tosiasia on myöskin se, että suhteellisen pitkät peukalot kuuluvat

leptosomiseen ruumiinrakenteeseen (Kalpa 1952). Todennäköisesti eräät kilpirauhasen toimintaan ja kalkkiaineenvaihduntaan liittyvät seikat, ehkäpä eräät ympäristötekijätkin, määräävät luitten muodostumista. Ei myöskään voida unohtaa perinnöllisten seikkojen vaikutusta, silloinkaan kun ei ole kysymys periytyvistä luuston anomaliaista.

2. *Käden lihaksisto.*

Lihasten anatominen tarkastelu johtaa helposti liialliseen periferisten seikkojen korostamiseen. Kun tietyillä käden lihaksilla on verraten selvät tehtävänsä käden luitten liikuttajina, tullaan ehkä useinkin ajatelleeksi, että erilaiset käsittelytoiminnot ovat tietyistä lihassuorituksesta yhteenlaskemalla syntyviä funktioita. Kuten myöhemmin tullaan useaankin otteeseen toteamaan, on tällainen käsitys täysin väärä. Yksityisten lihasten toimintoja tarkastellen tai lihassyitten motorisia yksikköjä analysoiden ei tavoiteta kätevyuden funktionaalisia suhteita, ainoastaan eräitä sen yleisiä edellytyksiä. Vaikka lihakset siten voidaan ryhmittää esim. koukistajiin ja ojentajiin, lähentäjiin ja loitontajiin jne., niin ei edes yksinkertaisimmastakaan käsimotoriikasta voida tavata vastaavia differentiaalipsykologisia perusvariaabeleita. Käsimotoriikka ja kätevyys eivät noudata eräitä selviltä näyttäviä rakenteen määräämiä rajoja, vaan sillä on omat alueensa, jotka kulkevat yli anatomisten lihasryhmien (vrt. Campbell 1936, Heinonen II 1956). Kun kätevyyttä ei kuitenkaan voida ajatella ilmenevän ilman lihasten toimintoja, tarkastelemme aivan yleisesti käden funktionaalisesti tärkeimpiä lihaksia. (Kuvissa 3—10 nähdään eräiden tärkeimpien käden lihasten sijainti.)

Olkapään liikkeet johtuvat pääasiassa lavankohottajan (*Musculus levator scapulae*), epäkäslihaksen (*M. trapezius*), hartialihaksen (*M. deltoides*) ja ison rintalihaksen (*M. pectoralis major*) toiminnasta. Olkavarren monisuuntaisiin liikkeisiin taasen vaikuttavat etupäässä kolmipäinen olkalihas (*M. triceps brachii*) ja korppiolkaluunlihas (*M. coracobrachialis*). Tärkeän kyynärvarren koukistumisen aiheuttavat hauislihas (*M. biceps brachii*) ja olkavarrenlihas (*M. brachialis*).

Kun hauislihas on kaksipäinen, toimii se samalla kyynärvarren ojentajana. Kyynärvarren liereä sisäänkiertäjä (*M. pronator teres*) saa aikaan kyynärvarren luitten ristiinmenon ja ranteen kiertymisen pituusakselinsa ympäri. Olkavärttinäluulihas (*M. brachioradialis*) vaikuttaa myöskin kyynärvarren liikkeisiin. Ranteen liikkeistä huolehtivat ranteen ulompi pitkä ojentaja (*M. extensor carpi radialis longus*), ranteen ulompi lyhyt ojentaja (*M. extensor carpi radialis brevis*), ranteen ulompi koukistaja (*M. flexor carpi radialis*), ranteen sisempi koukistaja (*M. flexor carpi ulnaris*) ja ranteen sisempi ojentaja (*M. extensor carpi ulnaris*).

Sormia liikuttavista lihaksista, jotka ovat varsin monilukuiset, sijaitsee osa kyynärvarressa, jolloin koukistajat ovat kyynärvarren sisäpuolella, ojentajat taasen ulkopuolella. Osa sormien lihaksista on kämmenessä. Sormien yhteinen ojentaja

(*M. extensor digitorum communis*) ulottuu kynnrpäästä jänteiden välityksellä sormien kärkijäseniin saakka, samoin pikkusormen ojentaja (*M. extensor digiti quinti proprius*), keskijäsenten koukistaja (*M. flexor digitorum sublimus*) ja kärkijäsenten koukistaja (*M. flexor digitorum profundus*).

Kämmenten lihaksista mainittakoon luittenväliset lihakset (*M. interossei dorsales* ja *M. interossei volares*). Näistä osa saa aikaan kämmenten kääntymisen sivulle (abduktio) ja takaisin (adduktio), osa koukistaa ja ojentaa sormia. Peukalo on lihaksiston puolesta varsin hyvin varustettu. Sen liikkeitä saavat aikaan peukalon pitkä koukistaja (*M. flexor pollicis longus*), peukalon pitkä loitontaja (*M. abductor pollicis longus*) peukalon lyhyt ojentaja (*M. extensor pollicis brevis*) ja peukalon lyhyt loitontaja (*M. abductor pollicis brevis*). Kämmenten sivussa pikkusormen puolella on pikkusormen loitontaja (*M. abductor digiti quinti*).

Käden yksityiset lihakset differentioituvat jo sikiökaudella ja vastasyntyneen käden lihakset omaavat verraten suuren voiman, mikä ilmenee refleksinomaisessa tarttumisotteessa. Siitä, miten oikean ja vasemman käden lihasvoimakkuus eroavat toisistaan varhaislapsuuden aikana, ovat eri tutkijat esittäneet aivan päinvastaisia-kin mielipiteitä. Kasvuian kuluessa tapahtuu kuitenkin selvä käsivoiman asymmetroituminen. Niinpä olemme orientoivan analyysin yhteydessä todenneet oikean käden puristusvoiman olevan 14-vuotiailla pojilla 33.90 ± 1.04 ja vasemman käden puristusvoiman 30.03 ± 1.00 . Tyttöillä olivat vastaavat luvut samalla ikäasteella 24.16 ± 0.62 ja 21.96 ± 0.42 , mikä osoittaa, kun verrataan näitä lukuja poikien ryhmän vastaaviin arvoihin, että käsivoima on tällöin pojilla lähes kymmenen kg:a suurempi kuin tyttöillä. Lihasvoiman kehitys on varhemmassa kouluiässä erikoisesti pojilla hyvin nopeata. Tämä käy ilmi alla olevasta taulukosta, jossa esitetty luvut on laskettu suoraan alkuperäisistä pisteluvuista.

T a u l u k k o
T a b l e 1.

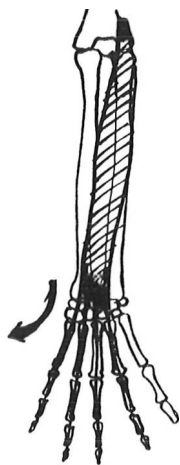
Oikean käden puristusvoima kouluikäisillä pojilla.

Strength of the pressure of the right hand by 8, 10, 12 and 14 year old boys.

Kh-ryhmän keski-ikä Mean age of the subject group	8 1/2 v.	10 1/2 v.	12 1/2 v.	14 1/2 v.
Puristusvoima kg Strength of pressure kg.	11,50	18,20	22,97	34,28

Lihasvoimassa todettavat yksilöiden väliset erot ovat samansuuntaisia kuin pituudessa ja painossa esiintyvät erot. Orientoivassa analyysissä (s. 98-99.) olemme todenneet seuraavat signifikatiiviset korrelaatiot:

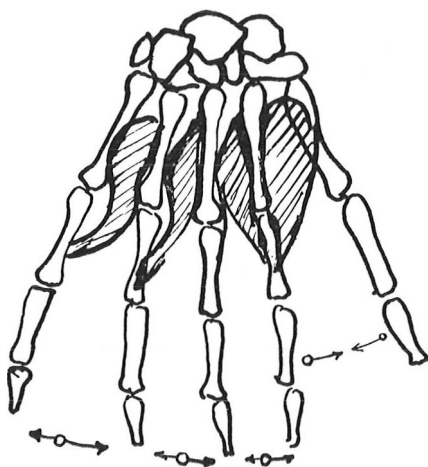
Kh:n Pituus — oikean käden puristusvoima	68 ± .05
pituus — vasemman käden puristusvoima	53 ± .07
» paino — oikean käden puristusvoima	56 ± .06
paino — vasemman käden puristusvoima	56 ± .06



Kuva 3. Sormien yhteinen ojentajalihas.



Kuva 4. Pikkusormen ojentaja.



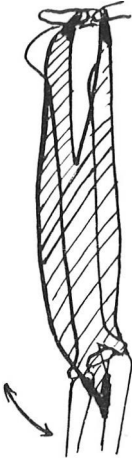
Kuva 5. Luittenväliset lihakset
(loitontavat kämmenen luita).



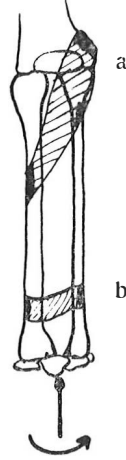
Kuva 6. Pikkusormen
loitontaja.

Kun eliniän korrelaatio tällä populaatiolla oli oikean käden puristusvoimaan $+0.25$ ja vasemman käden puristusvoimaan $+0.11$, pysyvät edellä esitetyt korrelaatiot kohtalaista riippuvuutta osoittavina, vaikka eliniän vaikutus eliminoidaan.

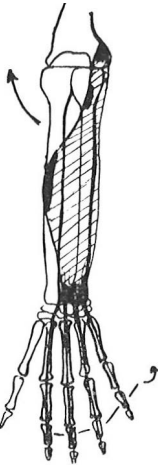
Kätevyyden kannalta voidaan käsivoima todeta varsin vähän merkittäväksi differentiaalipsykologisessa mielessä. Useimmat kätevyystestien ja käden puristus-



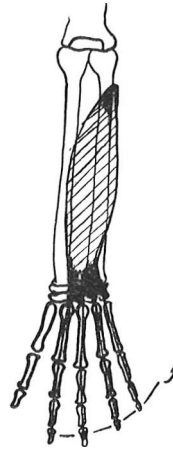
Kuva 7. Hauislihas.



Kuva 8. a) Kyynärvarren liecreä sisäänkiertäjä. b) Kyynärvarren nelikulmainen kiertäjä.



Kuva 9. Sormien pinnallinen koukistaja.



Kuva 10. Sormien syvempi koukistaja.

voiman väliset korrelaatiot ovat nimittäin heikkoja, joskin ne tavallisesti ovat positiivisia. Orientoivassa analyysissä (ss. 101—102) on käden puristusvoima merkitsevin painokertoimin edustettuna fyysisen varttuneisuuden faktorissa (faktori V) iän, pituuden, painon ja muutaman, laajoja käsivarren liikkeitä edellyttävän kätevyystestin ohella.

3. Käden hermosto ja hermotus.

Kaikkien motoristen toimintojen edellytyksenä on tarkoituksenmukaisten toimintavirtojen, motoristen hermoimpulssien, saapuminen oikealla hetkellä oikeihin lihaksiin. Nämä lihasten toimintayllikkeet, joita niinhyvin yksinkertaisten motoristen reaktioitten kuin komplisoitujen kätevyysuoritustenkin aikaansaaminen edellyttää, ovat sähkökemiallista energiaa. Tahdonalaiset liikkeet, jollaisia kätevyysuorituksiin kuuluvat liikkeet suuressa määrin ovat, edellyttävät varsin laajojen hermoston osien toimintoja, kun taasen automatisoituneet liikkeet tapahtuvat suppeampien neuraalisten kenttien varassa. (Fulton 1949).

Kätevyys edellyttää epäilemättä sekä *reseptorien* että *effektorien* jatkuvaa toimintaa. Näin ollen on tuskin oikeaan osuva pitää toista tai toisista tapahtumaa »perustana», kuten esim. Meili (1954) menettelee esittäessään, että motoriikka muodostaa kätevyuden perustan. Kätevyuden oleellisimpana edellytyksenä on pidettävä havaintojen ja motoriikan jatkuvaa tarkoituksenmukaista toisiinsa liittymistä. Tämä liittymistapahtuma on keskushermostossa tapahtuva toiminto, jossa, varsinkin hienimpien ja jatkuvaa harkintaa edellyttävien kätevyysuoritusten ollessa kysymyksessä, koko monikerroksinen keskushermosto resonoi mukana. Ilmeistä kuitenkin on, että voidaan loogisesti erottaa tiettyjä hermotointoja, jotka useimmiten tulevat kätevyudessa kysymykseen.

Kehon sisäisistä eli *interoseptiivisistä ärsykkeistä* tulevat kätevyysuorituksissa ennen muita kysymykseen proprioseptiiviset ärsykkeet ja niistä johtuvat aistimukset ja havainnot. Mainitut aistimukset syntyvät ihon syvemmissä kerroksissa, lihaksissa ja nivelten läheisillä alueilla, osa sisäkorvan kaarikäytävän aistisolujen välityksellä. Havaintomaailmassaan yksilö on proprioseptiivisen aistin ansiosta jatkuvasti tietoinen siitä, missä asennossa keho ja sen liikuntaelimet kulloinkin ovat. Käsiliikkeitten herkkä ohjattavuus johtuu pääasiassa tästä sensorisesta aineksestä. Proprioseptiikan ohella myöskin ihon pintakerosten aistielimet ja niitten välityksellä syntyvät haptiset havainnot ohjaavat käsiliikkeitä ja välittävät tietoa kätevyuden kannalta tärkeistä seikoista, kuten käsiteltävän pinnan muodosta ja tasaisuudesta, pienempien esineitten painosta, työkalujen terävyydestä jne. Käden proprioseptiiviset ja haptiset hermot muodostavat yhdessä motoristen hermojen kanssa monihaaraisen systeemin, jota tarkastelemme yksityiskohtaisemmin hieman tuonnempana.

Eksteroseptiivisista ärsykkeistä ovat näköaistin vastaanottamat kätevyysasuoritusten kannalta varsin tärkeitä. On merkittävä seikka, että silmät pystyvät tarkimpaan suoritukseen juuri siinä avaruuden osassa, jossa kädetkin kätevyystehtävissä pääasiassa toimivat. Käden ja silmän yhteensaattamista eli ko'ordinaatiota erilaisissa liikkeissä pidetäänkin syystä eräänä kätevyuden perusedellytyksistä. Joissakin spesifisissä kätevyystehtävissä tulevat vielä muutkin aistit kysymykseen. Kun aistien toiminnan selvittäminen tapahtuu yksityiskohtaisesti havaintopsykologian yhteydessä, kiinnitämme tässä päähuomion motoriikkaan, jota on vähemmän tarkasteltu psykologisessa kirjallisuudessa.

Kätevyysasuorituksissa tarvittavat liikkeet ovat, kuten edellä on jo mainittu, varsin monimuotoisia. Välittömästi voidaan havaita sekä *refleksinomaisia* ja *automatisoituneita* että *tahallisia*, jatkuvan tietoisien ohjauksen ja valvonnan alaisia liikkeitä. Näistä liikkeistä ovat tahalliset tavallisesti toiminnan alkuvaiheessa määrääviä. Vasta vähitellen, harjoituksen ansiosta ne tulevat automaattisiksi, refleksinomaisiksi. On kuitenkin ilmeistä, että vaikeissa muodonantokykyä edellyttävissä tehtävissä *automatisoitumista* tapahtuu verraten vähän. Se on tavallisempaa yksinkertaisemmissa, esimerkiksi kappaleitten siirtelemistä tarkoittavissa tehtävissä. Aivan yksinkertaiset edestakaiset liikkeet automatisoituvat verraten pian.

Motoriikalla on vastaavuutensa keskushermoston kerroksellisessa rakenteessa. Yleensä vallitsee tällöin sääntö, että mitä jäsentyneempiä ja suurempaa tietoista ohjausta liikkeet vaativat, sitä korkeammassa hermoston osassa funktiolla on tapahtuma-alustansa. Eläinkokeet vahvistavat tätä käsitystä.

Kätevyys edellyttää tarkoituksenmukaisten toimintayllykkeiden saapumista oikeina ajankohtina määrättyihin lihaksiin. Mainittuja toimintayllykkeitä nimitetään *hermoimpulsseiksi*. Hermoimpulssi käsitteään nykyisin sähköilmiöiksi, jossa negatiiviteettialto vaimenemattomana etenee hermosäikeitä pitkin (Eccles 1953). Kun tällainen hermosäikeen sähkökemiallinen häiriötila etenee lihaksessa olevaan hermon päätelevyyteen, supistuu lihassäie. Varsinkin fysiologisen psykologian piirissä selitetään käsittelymotoriikassa ilmenevä, hämmästyttävän monimutkainen eri lihasten toiminnan yhteensaattaminen pääasiassa hermoratojen ominaisuuksista johtuvaksi. Tämä ns. *johtoratahypoteesi* nojautuu siihen toteamukseen, että hermostossa on, hermosolujen valtavasta lukumäärästä johtuen, miltei rajaton määrä erilaisia kytketyismahdollisuuksia. Se että tietty liike tapahtuu, johtuu tämän mu-

kaan siitä, että määrätty kytkentä hermoradoissa toteutuu. Ainakin eräiden kytkentöjen selitetään olevan melko pysyviä eikä jatkuvasti muuttuvia (vrt. Morgan-Stellar 1950, Eccles 1953). Johtoratahypoteesin mukaan kytkentöjen tarkoituksenmukaisuus määräytyy hermosolujen liitoskohtien, synapsien, toiminnan ansiosta. Niissä kohdissa, joissa hermosolujen päätehaarat kietoutuvat toisiinsa, ei hermoimpulssi etene kuten muualla hermostossa. Synapseissa voi hermosolun negativiteettialto pysähtyä kokonaan. Impulssin eteneminen voi synapsissa myöskin hidastua, joten tietty innervaatio ei saavu esimerkiksi kätevyysliikkeissä samanaikaisesti kaikkiin lihaksiin, mistä olisi seurauksena kouristuksenomainen lihastoiminto taidokkaan liikkeen asemesta. Synapsien sääntelyn ansiosta liikeimpulsseista osa viivästyy, joten eri lihakset toimivat eri aikoina. Siitä, mikä ohjaa synapsien toimintaa niin, että ne kykenevät suorittamaan kulloinkin tarkoituksenmukaisia kytkentöjä, ei fysiologisessa psykologiassa anneta tyydyttävää selitystä.

Tiettyä mekaanisluontoisuutta tai eräänlaista toteutumispakkoa komplisoiduillakin kätevyysliikkeillä epäilemättä on. Niinpä voidaan introspektiivisesti todeta, että eräät tietoisesti ohjatut liikkeet, jotka jostakin syystä pyritään kääntämään toisiksi, pyrkivät itsepintaisesti toteutumaan. Tämä viittaa siihen, että kun tietty liikehahmo kerran on syntynyt ja sen toteutuminen jonkin liiketapahtuman suunnassa alkanut, on tietoisesti ohjattu kääntämis- tai pysähdyttämisyritys useimmiten määrätty epäonnistumaan, koska määrätty kytkennät väistämättä toteutuvat. Väärin suoritettu liike ei siten ole korjattavissa muutoin kuin aloittamalla koko toiminto alusta.

Johtoratahypoteesia on arvosteltu varsin ankarasti erikoisesti hahmopsykologien taholta (esim. Goldstein 1934). Ilmeistä onkin, että jyrkkä refleksologinen katsantokanta, jonka mukaan hermosto on kiinteä johtoratasysteemi ja kaikki liikesuoritukset reflekseistä yhteenlaskemalla johdettavia funktioita, merkitsee harhaan johtavaa teoriaa. Hahmopsykologia ei kuitenkaan kykene asettamaan paljoakaan tyhjentävämpää selitystä johtoratojen tilalle. Kun hermosto anatomisesti muodostaa eräitä selviä ratoja ja kun impulssien eteneminen on jäsentynyttä ja ainakin periaatteessa seurattavissa olevaa tapahtumista, tuntuu hahmopsykologinen puhe »keskuselimestä» ja »kokonaisvaltaisuudesta» tai »organismien itsesääntelystä» epätydyttävältä. Missään tapauksessa ei näillä analysoimattomilla käsitteillä voida käsittelymotoriikkaa yksityiskohtaisesti tarkastella.

Kätevyysliikkeissä on aina kysymys verraten laajojen hermosyste-

mien toiminnasta. Ne ovat jatkuvaa sensoristen impulssien kytkemistä motorisiin hermovirtoihin. Tätä *sentraalista* tapahtumaa ei aikaisemmissa kätevyystutkimuksissa ole juuri lainkaan korostettu. On kuitenkin ilmeistä, että juuri keskushermostossa tapahtuva kombinointifunktio — käsitettiinpä se sitten johtoratahypoteettisesti tai hahmopsykologisesti — on kätevyyteen liittyvistä neuraalisista toiminnoista tärkein. Joskaan emme vielä nykyisten tutkimustulosten varassa voi esittää tämän pääasiassa isojen aivojen tasolla tapahtuvan funktionien yhdistelyn yksityiskohtia, voimme olla varmat siitä, että sellaiset kätevyyyden kannalta tärkeät funktionaaliset syy-vaikutusyhteydet kuin kätevyysasuorituksiin kietoutuvien sensoristen, motoristen, älyllisten ja temperamenttitekijäin suhde kätevyyteen rakentuvat tälle sentraaliselle tasolle. Varsinkin isojen aivojen kuorikerroksen eri keskusten lukuisat hermoyhteydet tarjoavat joka tapauksessa rajattomasti selitysmahdollisuuksia.

Tahalliset liikkeet edellyttävät keskushermoston tuottamia liikehahmoja. Nämä syntyvät isojen aivojen kuorikerroksessa keskiuurteen läheisyydessä olevalla alueella jota nimitetään motoriseksi keskukseksi. Tämän alueen poistaminen simpanssilta aiheuttaa taitoa vaativien liikkeitten, varsinkin käsittelyfunktionien muuttumisen puutteelliseksi. Ihmisellä motorisen alueen vammautuminen vaikeuttaa selvästi peukalon oppositiofunktioita (Morgan-Stellar 1950). Myöskin fylogeneettinen kehitys osoittaa, että motorinen alue on erittäin tärkeä taitoa vaativien käden toimintojen kannalta. Motorinen alue aivokuoressa laajenee selvästi siirryttäessä alkeellisemmilta kehitysasteilta kehittyneempiin lajeihin.

Tärkeimmät tahdonalaisia liikkeitä sääntelevät liikekeskukset sijaitsevat ns. neljännellä aivoalueella. Tämän aivojen pintakerroksen solut eroavat rakenteensa puolesta selvästi muista kuorikerroksen soluista. Ne ovat pyramidin muotoisia ja kykenevät herkemmin ottamaan vastaan ulkomaailman ärsykeitä kuin muut kuorikerroksen solut (Fulton 1949). Neljännen aivoalueen solut ovat ihmisellä huomattavasti pitemmälle differentioituneet kuin häntä fylogeneettisesti lähinnä olevilla antropoideilla. Tästä seikasta voidaan päätellä, että inhimillisen käsittelymotoriikan edellyttämät liikehahmot ovat pääasiassa tältä alueelta peräisin.

Motorisen alueen etupuolella aivokuoressa sijaitsee ns. premotorinen liikekeskus, joka motorisen alueen ohella vaikuttaa tahdonalaisiin liikkeisiin. Tältä alueelta lähtevä hermotus ohjaa karkeampia liikesuorituksia. Molemmat motoriset aivokuoren keskukset ovat yhteydessä keskenään. Lisäksi niistä johtaa hermosolujen muodostamia ratoja muihin aivokuoressa sijaitseviin keskuksiin.

Motorisista keskuksista johtaa erittäin vahvoja ja komplisoituja hermoyhteyksiä kuorikerroksen alapuolella oleviin, subkortikaalisiin keskuksiin, joiden tehtävänä on osittain välittää kuorikerroksen lähettämiä impulsseja, osittain suorittaa itsenäisempää liiketoimintojen sääntelyä. Niistä hermosäikeistä, jotka lähtevät oikean ja vasemman aivopuoliskon liikekeskuksista, kulkee selkäyttimeen tultaessa ristiin suurin osa (70—85 %), mistä seuraa, että isojen aivojen oikean puoliskon motorinen

alue hermottaa vasenta kättä ja isojen aivojen vasemman puoliskon motorinen alue oikeata kättä.

Isojen aivojen ohella on pienten aivojen merkitys motorisissa toiminnoissa varsin tärkeä. Pienten aivojen fylogeneettisesti vanhin osa ns. paleocerebellum sääntelee asentoreaktioita (Morgan-Stellar 1950). Motoristen ko'ordinaatioiden kannalta on tärkein pienten aivojen dorsaalilohko, neocerebellum. Tämä pienten aivojen fylogeneettisesti nuorin osa on kädellisillä erikoisen voimakkaasti kehittynyt, joten on todennäköistä, että tämä aivojen osa on eräs kätevyuden monista keskushermostollisista vaikuttajista.

Ydinjatkos ohjaa yleisiä asentoreaktioita, lähinnä lihasten tonusta. Toiminnallisesti on ydinjatkos alvupuoliskoja alemmalla, »vaistomaisella» tasolla. Se lähettää asentoreaktioita säännellessään impulsseja koukistajiin ja ojentajiin, jotta tietyt jäsenten asennot säilyisivät. Sitäpaitsi ydinjatkos vapauttaa jäsenen edellisestä asennosta, joten esimerkiksi käsi tulee nopeasti soveliaaksi uutta asentoreaktiota varten. Ydinjatkos saa myöskin aikaan kehon eri puoliskojen välisen ko'ordinaation ns. segmentaalisisä staattisissa reaktioissa. Korkeampien keskusten valvonnan alaisena ydinjatkoksen karkeimmat reaktiot ohjautuvat joustaviksi ja tarkoituksenmukaisiksi.

Selkäydin kuljettaa sensorisia impulsseja reseptoreista aivoihin ja motorisia impulsseja aivoista lihaksiin. Itsenäinen tehtävä sillä on refleksiliikkeitten muodostajana. Todennäköisesti eräät kaikkein yksinkertaisimmat käsiliikkeet, joissa sama liikehahmo toistuu jatkuvasti, muuttuvat vähitellen refleksien tasolla toimiviksi, automaattisiksi funktioiksi.

Käden hermot haarautuvat ns. kainalopunoksesta, joka muodostuu selkäytimestä lähtevistä neuroneista lähellä selkäydintä ja jatkuu sitten yhtenäisenä olkaparren yläpään saakka. Kainalopunoksesta lähtevät nekin hermot, jotka sijaitsevat rinnan ja selän kohdalla ja hermottavat olkapään asemaa määrääviä lihaksia. Kainalopunoksesta ovat peräisin kaikki käsivarren ja varsinaisen käden hermoimpulssit. Se haarautuu kainalokuopassa kainalohermoksi, lihasihohermoksi, keskihermoksi, kyynärhermoksi ja värttinähermoksi.

Kainalohermo hermottaa pääasiassa hartialihasta ja lihasihohermo lähinnä olkaparren koukistajalihaksia. Keskihermo, joka on käsimotoriikan tärkeimpiä ohjausratoja, hermottaa useimmat kyynärvarren koukistajalihakset ja lukuisia kämmenen lihaksia. Kyynärhermo hermottaa syviä kämmenlihaksia ja sormien lihaksia. Värttinähermolla on käsimotoriikassa verraten erikoistunut tehtävä sen hermottaessa kaikkia käden ojentajalihaksia.

Kättä hermottavien neuronien soluruumiit sijaitsevat selkäytimessä, jonka ventraalisarvista motoriikkaa sääntelevät hermojohdot, hermosolujen aksonit, lähtevät käden lihaksiin. Ennen lihakseen tuloaan aksonit haarautuvat aksonisäikeiksi, joista jokainen päättyy lihassäikeeseen. Yksi motorinen neuroni hermottaa siten joukon yksityisiä lihassäikeitä. Tätä kokonaisuutta, johon siis kuuluu yksi neuroni ja useita lihassäikeitä, nimitetään motoriseksi yksiköksi. Lihassäikeitten lukumäärän suhde yhteen aksoniin motorisessa yksikössä vaihtelee eri lihaksissa verraten paljon. Tämä ns. innervaatio suhde on erikoisen alhainen sormien lihaksissa, minkä johdosta niitten hermotus voi saavuttaa sen hienouden, joka on tavattavissa mitä erilaisimmissa kätevyystehtävissä. Karkeampia liikkeitä suorittavissa käsivarren lihaksissa on yhden aksonin hermotettava useampia lihassäikeitä kuin sormien lihaksissa. Siksi näiltä liikkeiltä puuttuu sormiliikkeitten hienosäätömahdollisuus (Fulton 1949).

Motorinen hermosysteemi käsittää tiettyjä ratoja, jotka kuljettavat hermoimpulsseja. Hahmopsykologisen katsantotavan mukaan hermoradat merkitsevät »yksiköitä» lähinnä vain rakenteellisessa mielessä. Funktionaalisesti motoriikka sitävastoin on *integroitunutta*; siinä valitsee kokonaisuuden sääntely (esim. Kaila 1944). Varsinkaan komplisoitujen liikkeitten ymmärtämisessä neuraaliset radat eivät tarjoa riittävästi selitysmahdollisuuksia. Hermotus ei ole, kuten usein on huomautettu, niinkään lihasten vaan ennen kaikkea tekojen ohjaamista. Tämä käsitys, jota uudemmat differentiaalipsykologiset tutkimukset tukevat, kehoittaa meitä kohdistamaan päähuomion tutkimuksesamme niihin *t o i m i n t o i h i n*, joiden piirissä kätevyuden voidaan ajatella esiintyvän.

B. Kätevyuden toiminnallisista edellytyksistä.

1. Aistihavainnot kätevyuden edellytyksenä.

Kätevyystehtävissä on aina kysymys erilaisten, viime kädessä käden avulla aikaansaatuisten toimintojen tarkoituksenmukaisesta kohdistamisesta esine maailmaan. Olipa käsittelyfunktioitten lopullisena päämääränä sitten esineitten avaruudellisen sijainnin ja keskinäisen järjestyksen tai niiden yksilöllisen muodon muuttaminen, aina edellyttävät nämä muutokset tarkkoja tietoja siitä, mikä on esineitten kunkin hetkinen sijainti, mikä niiden keskinäinen järjestys ja mikä se muoto, joka esineillä on. Näitten yleisten kätevyuden havaintoedellytyksien piiriin kuuluu myöskin tieto esineitä siirtelevien tai muotoilevien elinten, käsien, sijainnista käsiteltävänä oleviin esineisiin nähden sekä tieto käsien kunkin hetkisestä liiketilasta ja käden eri osien keskinäisestä sijainnista toisiinsa nähden eli käden muodosta. Usein kaivataan lisäksi spesifistä havaintoainesta. Niinpä varsin monilla kätevyyttä edellyttävillä ammattitehoilla on omat sensoriset edellytyksensä aistihavaintojen painopisteen siirtyessä milloin minkin modaalipiirin alueelle.

Ilmeisesti samankin tehtävän eri vaiheissa tulevat eri modaalipiirien välittämät aistihavainnot vaihtelevassa määrin kysymykseen. Komplisoidun kätevyystehtävän *omaksuminen* vaatii monipuolisempaa havaintoainesta kuin refleksinomaiseksi samanlaisena toistuvaksi liikesarjaksi suoritusvaiheessa muututtuaan. Vaikka toistaiseksi puuttuukin empiiristä tietoa kätevyuden edellytyksenä olevien havaintoainesten vertailusta, on todennäköistä, että useimmissa tehtävissä näköaistin osuus tehtävän alkuvaiheessa on ratkaiseva, kun taas

automatisoituminen lisää proprioseptiivisten ja haptisten sisältöjen merkitystä. Differentiaalipsykologiset tutkimukset viittaavat siihen, että ainakin *näköhavainnot* ja *haptiset havainnot* merkitsevät differentioivaa tekijää eräissä lähinnä motorisvoittoisissa tehtävissä.

Kuten edellä on mainittu, ovat kätevyuden ja aistihavaintojen välisiä suhteita analysoivat tutkimukset perin harvalukuisat. Moede (1921) mainitsee *kätevyuden* ja *aistien toimintakyvyn* väliseksi korrelaatioksi $.464 \pm .052$ selittämättä kuitenkaan yksityiskohtaisesti menetelmää, jolla tulos on saavutettu. Earle & Gaw (1930) otaksuivat kosketusaistin erotuserkkyuden korreloivan kätevyyteen ja käyttivät tutkimuksessaan, joka tuonnempana yksityiskohtaisemmin esitellään, kahta taktiilista testiä, nimittäin naulalautatestiä, jossa oli pistettävä pieniä nauloja laudassa oleviin reikiin näkemättä käsiteltäviä esineitä, sekä taktiilisen erotuserkkyuden määrittämiseen tarkoitettua testiä, jossa tehtävänä oli käsin tunnustellen erottaa hiekkapaperipalasten karkeusasteet. Korrelaatiot, jotka on laskettu erikseen kullalla eri populaatiolla, ovat naulalautatestin osalta yleensä positiivisia. Taktiilinen erotuserkkyys sitävastoin korreloi käytettyihin kätevyystesteihin heikommin, ja useat korrelaatiot ovat negatiivisia. Earlen ja Gaw'n aineiston perusteella suorittamamme faktorianalyysit (s. 59.) osoittavat, että taktiilisen erotuserkkyuden testi, jota voitaneen pitää puhtaampana sensorisena testinä kuin muita aikaisempia kätevyystutkimuksissa käytettyjä testejä, on spesifisempi nuoremmilla kh-ryhmillä (13; 10 v.) kuin vanhemmilla (14;00, 14;5 ja 16;00 v.). Kuitenkin viidellä kh-ryhmällä voidaan todeta mainitun testin esiintyvän melkein merkitsevin tai selvästi merkitsevin painokertoimin yhdessä eristetyistä kolmesta kätevyystekijästä. Vaikka käytetyt populaatiot ovat olleet vähäiset, voitaneen tulosta pitää varmana todistuksena siitä, että taktiilinen erotuserkkyys ja kätevyys ovat todella tilastollisessa riippuvuussuhteessa toisiinsa.

Edellä esitettyä tulosta tukevat eräät uudemmat tutkimukset. Niinpä Björnsjö mainitsee L. Raskin suorittamassa tutkimuksessa esiintyneen faktorin, jossa kaksi taktiilista testiä ja Minnesota Montage asennustesti, joka edellyttää teknillisen lahjakkuuden ohella myöskin käsittelymotoriikkaa, esiintyivät merkitsevin painokertoimin. Myös omassa tutkimuksessaan on Björnsjö (1951) todennut taktiilista erotuserkkyyttä edellyttävän muotolautatestin olevan edustettuna teknillisessä tekijässä.

Intuitiivisesti arvioiden näyttäisi varsinkin *paineen aistimisherkkyys* merkitsevän välttämätöntä kätevyuden edellytystä. Onhan nimittäin

ilmeistä, että pienten esineitten käsittelyssä vaaditaan näköaistin ohella erikoisesti juuri paineen reseptorien välityksellä syntyneitä havaintoja. Esimerkiksi lajittelutehtävissä, joissa käsiteltävät esineet saattavat olla niin pienikokoisia, että sormien kosketuspinnat peittävät ne näkyvistämme, saamme tiedon käsiteltävien esineitten sijainnista, vieläpä esineitten muodostakin, miltei pelkästään sormen päillä tapahtuvan tunnustelun kautta. Kun tiedetään, että paineen aistimisen ärsytyskynnys vaihtelee yksilöittäin, saattaisi olettaa mainitun ärsytyskynnysmerkitsevän differentioivaa tekijää sellaisissa kätevyystesteissä, joissa käsittelyn kohteena ovat hyvin pienikokoiset esineet.

Mainitun kysymyksen selvittämiseksi suorittivat Müller & Vetter (1954) vähäisen tutkimuksen. Tulos, johon on päädytty perin vähäisen materiaalin varassa, osoittaa, ettei suurta sorminäppäryyttä edellyttävä O'Connor-testi korreloi paineenaistin ärsytyskynnukseen, joka on määrätty v. Freyn ärsytyshiuksella. Sitäpaitsi voidaan panna merkille, että ärsytyskynnys on keskimäärin hieman matalampi vasemmassa kädessä, mutta herkkyydestään huolimatta tämä käsi on kätevyystestissä keskimäärin oikeata heikompi.

On mahdollista, että Müllerin & Vetterin tulos johtuu osittain siitä, että ärsytyskynnys määrättiin yksinomaan Meissnerin kyhmyjen ärsytyskynnystä pisteittäin tutkimalla. Haptiikka koostuu kuitenkin useammanlaatuisista aineksista. Meissnerin kosketuskyhmyjen lisäksi tavataan ihossa Merkelin kiekkoja, jotka toimivat kevyen kosketuksen aistineliminä. Näitten pääasiassa pintahavaintoja välittävien hermo-päätteitten lisäksi on otettava huomioon syvemmillä ihossa sijaitsevat paineen aistin välittäjät. Ilmeisesti näillä voimakkaamman paineen aistinelimillä, Ruffinin päätteillä, Pacinin keräsillä ja Golgi-Mazzonin päätteillä, on varsinkin työkalun käsittelyä ohjaavien sensoristen ainesten muodostamisessa tärkeämpi merkitys kuin kevyen kosketuksen aistinelimillä.

Tämän tutkimuksen orientoivassa analyysissä on taktiilisen erotusherkkyyden testi saanut merkitsevän painokertoimen psykomotorisessa faktorissa. Kätevyystesteissä sitävastoin on mainitussa tekijässä vain vähäisiä painokertoimia. Kun tässä analyysissä eristetyt kätevyystekijät eivät ole edustettuina taktiilisen erotusherkkyyden testissä, viittaa tämä siihen, että taktiilisen erotusherkkyyden ja kätevyuden välinen silta on löydettävissä lähinnä motoriikan suunnasta. Mitä mainitun haptisen testin ja kätevyystestien välisiin korrelaatioihin tulee ovat ne säännöllisesti vähäisiä (-0.05 — $+0.32$), mutta useimmiten kylläkin positiivisia. (Ks. ss. 98—99.)

Vaikka empiiriset tarkastelut osoittavatkin, ettei haptisilla havainnoilla ole kovinkaan suurta merkitystä kätevyuden *differentioivana tekijänä*, on kuitenkin ilmeistä, että kosketusaisti on välttämätön kätevyuden yleinen edellytys. Tämän ymmärrämme heti, kun ajattelemme, että kätevyudessa on aina kysymyksessä esineitten koskettaminen. Kosketushavaintojen välittämät aistimussisällöt taasen luovat perustan esineellistymiselle eli objektivaatiolle (Reenpää 1935). Koemme esineet esineiksi lähinnä juuri haptisten havaintojen ansiosta.

Objektivaatio on kuitenkin erittäin yleinen edellytys. Lähemmäksi ilmiöiden toiminnallista puolta päästään tarkkailemalla yksilön käyttäytymistä koetilanteessa tai käytännöllisessä elämäntilanteessa. Ei tarvitse pitkäänkään seurata kh:n menettelyä erilaisissa kätevyystesteissä, kun jo havaitaan kosketusaistin välttämättömyys. Erikoisesti sormenpäillä tapahtuva tunnusteleminen on silmäänpistävä toiminto. Tämä on epäilemättä yhteydessä sen rakenteellisen seikan kanssa, että kosketusaistinsolujen tiheys on suurin juuri sormien kärkijäsenten alueella (Lange 1956). Varsinkin pienikokoisten esineitten käsittelyssä näyttää kosketusaisti olevan erittäin tärkeä. Niinpä sen avulla esimerkiksi naulalautatesteissä saadaan selvyys käsiteltävien naulojen asemasta kädessä. Kun on pistettävä kolme naulaa samanaikaisesti yhteen reikään, menettelee kh tavallisesti siten, että hän sijoittaa nauilat määrättyyn asemaan sormissaan käyttäen tähän tehtävään yksinomaan sormenpäitä.

Eräissä ammateissa joudutaan työsuoritusta tarkkailemaan pääasiassa kosketusaistin varassa. Varsinkin silloin, kun on kyettävä erottamaan esinepinnan karkeusaste suurella tarkkuudella, on liikkuvalla reseptoripinnalla suoritettulla koettelemisella mahdollisuus päästä suurempaan tarkkuuteen kuin yksinomaan näköhavaintoihin turvautuen. Mainittakoon tässä esimerkkeinä vain kankaan laadun tunnusteleminen ja hiotun metalli- tai puupinnan karkeuden selvittäminen.

Pienten työkalujen käsittely edellyttää myöskin lähinnä *kosketusaistin* havaintojen jatkuvaa myötävaikutusta. Tämän aistin suuren herkkyuden ansiosta voi motoriikka joustavasti ja päämäärän kannalta tarkoituksenmukaisesti ohjata pienikokoista työkalua niin, että käytetty voima vastaa työkalun kohtaamaa vastusta ja että voiman suunta ja vaikutuspiste on oikea. Ilmeisesti myöskin ote suuremmista työkaluista määräytyy kosketusaistin välittämien aistihavaintojen kautta. Tartuttaessa työkaluihin ei tottuneen työntekijän tarvitse kiinnittää erikoista huomiota eikä kääntää katsettaan selvittääkseen, onko käsiteltävä väline oikeassa asemassa käteen nähden. Poikkeustapauksissa

voivat kosketusaistin välittämät havainnot korvata puuttuvia näköhavaintoja. Tästä ovat parhaana todistuksena sokeitten kätevyys-suoritukset.

Kosketusaistin ohella on kätevyyden edellytyksenä pidettävä myöskin syvemmältä kehosta, varsinkin lihaksista ja nivelten läheisyydestä peräisin olevia *proprioseptiivisiä aistimuksia*. Aistinfysiologisella kokeilla on osoitettu, että haptiset ja proprioseptiiviset havainnot usein käyvät käsi kädessä ja riippuu useinkin vain yksilön asennoitumisesta, kumpi havaintoaineksessa on etualalla (Reenpää 1935). Proprioseptoreista ovat kätevyyden kannalta tärkeimmät »asentotunnon vastaanottimet», lihaksissa ja nivelten läheisyydessä olevat kinesteettiset reseptorit. Jonkin verran voi myöskin olla vaikutusta korvan kaarikäytävien vestibulaarisilla vastaanottimilla, jotka ohjailevat asento-reaktioita.

Missään differentiaalipsykologisessa tutkimuksessa ei kuitenkaan ole todettu korrelaatioita kätevyyden ja liikunto- ja asentotunnon välillä. Tämän tutkimuksen orientoivassa analyysissä käytetty painoerojen arviointitesti osoittautui myöskin varsin spesifiseksi. Ilmeistä on, että kinestesia on jälleen sellainen *yleinen kätevyyden edellytys*, joka ei toimi yksilöidenvälisiä eroja aiheuttavana tekijänä.

Proprioseptiivisen aistin kietoutuminen motoriikkaan on osoitettu lukuisilla aistinfysiologisilla kokeilla (Reenpää 1935). Myöskin havaintopsykologian piirissä on kiinnitetty näihin seikkoihin jonkin verran, joskaan ei nähdäksemme läheskään riittävästi huomiota (esim. v. Fieandt 1950). Kinestesian alueella ovat sensoriikan ja motoriikan väliset yhteydet jatkuvia. Kun proprioseptiikkaan ei yleensä liity selvästi tiedostettuja elämyksiä, eivät sensomotoriset ko'ordinaatiot esiinny tässä suunnassa niin silmään pistävinä kuin eksteroseptiivisten aistien alueella. Liikunta- ja asentotunto ohjailee motoriikkaa, epäilemättä myöskin kätevyyttä, verraten automatisoituneena funktiona. Yhteydet ovat välittömät. Yksilö on joka hetki selvillä jäsentensä asemasta ja liiketilasta ilman, että hänen tarvitsisi vähäisimmässäkään määrin ponnistella havaintoja muodostaessaan. Proprioseptiikan merkitys motoriikalle havaitaan selvästi vasta erilaisissa häiriötiloissa. Kun proprioseptiikan toiminta häiriytyy esimerkiksi lokomotorisessa ataksiassa, tai kun sitä häiritään kuolettamalla jäsen, muuttuvat liikkeet kömpelöiksi eikä niiden laajuus enempää kuin suuntakaan ole eksteroseptorien avulla juuri lainkaan määrättävissä.

Ilmeisesti se *joustavuus*, mikä kätevyystehtävissäkin ilmenee liikkeiden suunnan, suuruuden ja käytetyn voiman vaihtelussa, johtuu

ainakin osittain siitä vastaavuudesta, joka vallitsee pienimpien proprioseptiivisesti havaittujen erotusten ja ns. motorisen yksikön voiman välillä, (so. sen voiman, minkä yksi ainoa lihassäie supistuessaan tuottaa). Siten esimerkiksi työkalun kohtaama vastus, joka havaitaan proprioseptiivisten reseptorien välittämien havaintojen kautta, ilmeisesti suuressa määrin refleksinomaisesti aktivoi uusia lihassäikeitä toimivissa lihaksissa sellaisen lukumäärän, että saavutettu voiman lisäys likimäärin vastaa työkaluun kohdistuvaa, liikettä vastustavaa voimaa. Motoriikka seuraa näin ollen ikäänkuin välittömästi sensoriikkaa.

Käsiliikkeitten ohjautuvuutta on viime aikoina usein tulkittu viittaamalla ns. *servomekanismeihin*, joissa koneen toiminta ohjautuu automaattisesti ilman järjestelmän ulkopuolelta tulevia impulsseja. Esimerkkeinä tämääntapaisista ns. *takaisinsyöttö-* (engl. feedback) *systemeistä* mainittakoon erilaisissa laitteissa käytetyt termostaatit, radiovastaanottimen automaattinen äänenvoimakkuuden säätö ja laivan automaattinen ohjaus. Kaikissa näissä järjestelmissä on takaisinsyöttöpiiri, jonka kautta siirtyy osa järjestelmän käytössä olevasta energiasta koneen »ulostulotoiminnoista» sen »sisääntulotoimintoihin» määrättyä sääntöä noudattaen. Mainitun säännön noudattamista varten on takaisinsyöttömekanismeissa laite, joka valvoo koneen »ulostulotoimintaa». Kun koneen toiminnassa tapahtuu muutos, aiheuttaa ohjausmekanismi toimintaan toisen muutoksen. Näin kone noudattaa sitä sääntöä, minkä ohjausmekanismi »tietää» ja takaisinsyöttörata toimeenpanee (vrt. esim. Rush, 1951).

Proprioseptorien ja pienten aivojen toimintaa liikkeitten ohjauksessa voidaan verrata takaisinsyöttöpiirin toimintaan (Allport 1955). Liiketoiminnot noudattavat kortikaalisten liikehahmojen asettamia sääntöjä, joissa liikkeitten tarkoituksenmukaisuus on tiettyinä asenteina ja odotuksina ennakolta olemassa (Hebb, 1949). Sisääntulotoimintona ovat lihaksiin saapuvat hermoimpulssit, ulostulotoimintoina jäsentemme liiketilat. Aina kun jäsenten liiketila muuttuu, välittävät proprioseptorit tiedon muutoksesta pieniin aivoihin. Jos muutos vastaa liikehahmojen »sääntöä», jäsenten liiketila jatkuu. Ellei vastaavuutta esiinny, tapahtuu sisääntulotoiminnassa eli lihasten hermoimpulsseissa muutoksia, jotka palauttavat heti kaivatun vastaavuuden. Tällaiset neuraaliset takaisinsyöttöpiirit kontrolloivat esitetyn teorian mukaan sekä refleksi- että tahtotoimintoja.

Toistaiseksi ei ole servomekanismien avulla kyetty tyhjentävästi selittämään liikkeitten ohjautuvuutta. Analogia ei myöskään ole risti-riidaton. Varsinkin lihasvoiman suuri *vaihtelualue* ja takaisinsyöttö-

toiminnan suunnaton *nopeus* ovat sen perusteella vaikeasti selitettävissä. Ei myöskään tunneta vielä aivan yksityiskohtaisesti, mikä osuus pienillä aivoilla on erilaisten liikkeitten ohjautuvuudessa ja ohjaamisessa.

Näköhavainnointoja voidaan pitää kätevyuden kannalta lähes yhtä tärkeinä edellytyksinä kuin haptiikkaa ja proprioseptiikkaakin. Voittaisiin luetella lukuisia ammatteja, joissa edellytetään sekä kosketusaistin että kinestesian alueilta peräisin olevia havainnointoja, mutta joissa näiden modaalipiirien ohella myöskin näköhavainnot merkitsevät kätevyys-suoritusten välttämätöntä edellytystä. Kätevyyttä tosin tavataan ilman, että näön modaalipiiri on sensoriikassa lainkaan edustettuna — esimerkiksi sokeitten taidokkaat korinpunontatyöt —, mutta varsin usein on näköaistilla kätevyystehtävissä perustava merkitys (vrt. Meili 1954). Tätä merkitystä lisää se, että näön modaalipiiri on varsin monidimensioinen. Paitsi sitä, miten tarkasti esineet kyetään erottamaan toisistaan ja siitä taustasta, jolla ne ovat, kuuluu myöskin värien havaitseminen, avaruuden ja liikkeen havainto sekä varsin komplisoitu optinen muotojen hahmotus tämän aistin piiriin. Kätevyystutkimusten yhteydessä on näönkin modaalipiiriin kiinnitetty aivan liian vähän huomiota. Siksi joudutaan seuraavassa tarkastelussa rajoittumaan eräisiin katkelmallisiin mainintoihin.

Näkötarkkuus on eräissä työn psykologian piirissä suoritetuissa tutkimuksissa otettu differentiaalipsykologisen tarkastelun kohteeksi (esim. Tiffin 1947). Tutkimukset ovat osoittaneet, ettei *jatkuvassa* työssä, joka on totuttu hyvin suorittamaan, ole näkötarkkuudella sitä merkitystä työtuloksiin, mikä sillä yleensä on otaksuttu olevan. Tietyt minimivaatimukset on ilmeisesti kuitenkin täytettävä erikoisesti työpaikan valaistuksessa ennenkuin tullaan tasolle, jossa näkötarkkuus ei enää vaikuta differentioivana tekijänä kätevyyttä vaativiin työsuorituksiin. Työtilanteen muuttuessa siten, että on kysymys uudesta tehtävästä, jossa tilanne on olennaisesti muuttunut toiseksi, tulee myöskin näköhavainnointojen terävyys vaikuttamaan erilaisissa näppäryyttä vaativissa tehtävissä yksilöidenvälisiä eroja aiheuttavana tekijänä.¹⁾

2. Kätevyys ja motoriikka.

Kätevyys ilmenee niissä muutoksissa, joita käsiliikkeet aiheuttavat esinemaailmassa. Motoriikalla on siten kätevyudessa varsin keskeinen ja näkyvä sija. Kätevyuden *asteen* määräävät lähinnä käsiliikkeitten

1) Prof. M. Takalan ilmoituksen mukaan todettiin Suomessa suoritettussa tutkimuksessa niinkin korkea korrelaatio kuin $+0.60$ näkötarkkuustestin ja hienomekaanisen asennustestin (radioasennustyö) välillä.

nopeus ja tarkkuus, mutta näitä helpoimmin havaittavia liikkeitten ominaisuuksia ei kuitenkaan voida pitää ainoina kätevyuden motorisina edellytyksinä. Liikkeitten nopeus ja tarkkuus riippuvat osittain siitä, miten tarkkoja havainnot ovat, osittain ilmeisesti siitä, miten tarkoituksenmukaisia liikehahmoja yksilö kykenee luomaan, ja lisäksi myöskin siitä, miten tarkoin motoriset funktiot vastaavat konstituoituja liikehahmoja. Kun kätevyystehtäviin välttämättömästi kuuluvat käsiliikkeet ovat jatkuvasti sensorisen sääntelyn alaisia, ei motoriikkaa voida pitää niin selväpiirteisenä ja itsenäisenä kätevyuden edellytyksenä kuin joskus on esitetty (vrt. Earle ja Gaw 1930). Ainoastaan probleemanasettelua ankarasti yksinkertaistaen voidaan motoriikkaa pitää kätevyuden perustana ja perustekijänä (esim. Meili 1954). Tällainen asioitten yksinkertaistaminen antaa kuitenkin helposti kokonaan harhaanjohtavan kuvan tutkittavana olevasta funktio-kompleksista.

Epäilemättä motoriikan osuus erilaisissa kätevyystehtävissä vaihtelee. Ilmeisesti se on varsin suuri silloin, kun on kysymys, kuten useimmiten koneteollisuuden piiriin kuuluvissa tehtävissä, esineitten siirtämisestä paikasta toiseen. Tällöin (esimerkiksi pakkaus- ja asennustehtävissä) ovat *nopeus ja tarkkuus* käsiliikkeitten tärkeimmät kvaliteetit. Lähinnä ne määräävät työtalon. Jos taas on kysymys kätevyydestä, jossa muodonantokyky on etualalla (esimerkiksi useissa koti- ja taide-teollisuuden piiriin kuuluvissa töissä), kohoavat muut funktiorhytmät kätevyuden välttämättöminä edellytyksinä motoriikan rinnalle. Nopeuden ja tarkkuuden ohella tulevat tällöin kysymykseen liikkeitten *joustavuus*, molempien *käsien ko'ordinaatio*, usein *käsivoimakin*. Tehtävät edellyttävät useampien kykydimensioitten käyttöön ottamista. Ilmiöitten suurempi kietoutuneisuus vaikeuttaa samalla niiden tutkimista.

Kätevyuden edellytyksenä oleva käsimotoriikka on erittäin komplisoitu funktiorhytmä. Jos tarkkaillaan kh:n menettelyä vaikkapa naulalautatestissä, joka ensi näkernältä tuntuu perin yksinkertaiselta ja robottimaiselta tehtävältä, todetaan, että kh käyttää tehtävän kuluessa tiettyä, verraten samana pysyvää menettelytapaa, joka kuitenkin sisältää lukuisia erilaisia käsiliikkeitä ja käden asentoja. Kun jo niinkin »yksinkertainen» käden toiminto kuin ns. *pinsettiliike*, jossa peukalo ja etusormi lähestyvät toisiaan, edellyttää yli kymmenen yksityisen lihaksen ko'ordinoitua yhteistoimintaa, ymmärtää helposti, miten monilukuisista yksityisistä hermotustapahtumista ja niiden tarkoituksenmukaisesta, harmonisesta yhteensaattamisesta naula-

lautatestissäkin on kysymys. Kätevyuden edellytyksenä olevan käsi-motoriikan monimuotoisuus lisääntyy moninkertaiseksi, jos siirrytään mainitusta kätevyystestistä tarkkailemaan yksilön käsiliikkeitä jonkin ammatin, esimerkiksi puusepän työn piirissä. Tällöin tavataan varsin komplisoituja *käsiliikejaksoja*, joissa nähdään, jos ne vaikkapa elokuvan avulla ositetaan, varsin suuri yksityisten kädenasentojen ja muotojen lukumäärä. Samalla voidaan todeta myöskin lukuisia erilaisia yksityisiä liikkeitä alkaen yksinkertaisista, refleksinomaisista edestakaisista liikkeistä ja päätyen komplisoituihin, ko'ordinoituihin molempien käsien samanaikaisiin suorituksiin.

Eri tutkijat ovat käyttäneet kovin erilaisia menetelmiä käsiliikkeitä analysoidessaan. Useimmiten on tyydytty *piirroksin* kuvailemaan käsiliikkeitten morfologiaa (Giese 1925) ja erilaisia käsiotteita. Yksityiskohtaisempaa tietoa käsiliikkeistä on saatu *elokuva-analyysin* avulla (Ulin 1949 ja Ulin 1952). Yhtenäisen käsiliikkeitten kuvailusysteemin on esittänyt Myers (1926). Kaikissa näissä tutkimuksissa on tarkastelu kohdistunut lähinnä liikkeitten ulkonaisiin ominaisuuksiin ja niitten muotoa koskeviin seikkoihin. Epäilemättä näinkin voidaan toiminnot useissa tapauksissa tyydyttävästi selittää. Viime aikoina on kuitenkin ollut havaittavissa lisääntyvää pyrkimystä tarkastella motoriikkaa niitten tulosten perusteella, joita voidaan todeta tarkoin määritellyissä koetilanteissa (Campbell 1941, Seashore 1940, Seashore ym. 1940).

Kätevyys edellyttää sekä tahallisia, hallittuja että automatisoituja, refleksinomaisia liikkeitä. Varsinkin silloin, kun tietty kätevyystehtävä suoritetaan ensimmäisen kerran, ovat käsiliikkeet yksityiskohtiaan myöten tietoisesti ohjattuja. Harjoituksen kautta liikkeet kuitenkin vähitellen opitaan suorittamaan ilman, että jokaista vaihetta olisi tietoisesti ohjattava. Tätä tapahtumaa nimitämme seuraavassa *automatisoitumiseksi*.

Fysiologisen liikemekanismin alkeellisimpana osana pitää Wacholder (1925) edestakaista liikettä. Komplisoidut liikkeet eivät ole yksinkertaisten, refleksinomaisten toimintojen yhteenliittymisestä syntyneitä summatiivisia funktiokomplekseja vaan sentraalisten, keskushermostosta peräisin olevien liikehahmojen toteutumia. Refleksien ohella tavataan käsiliikkeissä muitakin preformoituja aineksia, nimittäin tiettyjä liiketendenssejä. Nämä tietoisissakin liikkeissä ilmeisesti jonkin verran vaikuttavat suuntahahmot, lähinnä abduktio- ja adduktio-tendenssi alistuvat kuitenkin yleensä helposti tietoisien liikehahmojen palvelukseen.

Useissa tutkimuksissa on päädytty toteamukseen, että erilaisten motoristen testien väliset korrelaatiot ovat vähäisiä (Perrin 1921, Muscio 1922, Seashore 1940). Kuitenkin tavataan motoriikassa eräitä kohtalaisia, jopa voimakkaitakin, tilastollisia riippuvuussuhteita. Näitä esiintyy varsinkin oikean ja vasemman käden välillä samassa testissä (Trankell 1950, Heinonen II 1956). Faktoriansalyttiset tutkimukset viittaavat siihen, että motoriikka selittyy pääasiassa suppeitten ryhmäfaktorien¹⁾ avulla (Seashore, Buxton ja Mc Collom 1940). Nämä faktorit ovat yleensä tulkittavissa lestien edellyttämien liikemuotojen perusteella (Vrt. myös Hempel & Fleishman 1955).

Käden yksinkertainen innervaatiomotoriikka, jossa vain edestakaisten liikkeitten nopeus on mittauksen kohteena, noudattaa lähinnä liikkeitten määräämiä rajoja (Heinonen II 1956). Oikea ja vasen käsi eivät faktoriansalyysissa ryhmity eri faktoreiksi, kuten rakenteellisten seikkojen perusteella voisi helposti otaksua, vaan rajat kulkevat yleensä *karkeamman ja hienomman motoriikan* mukaan.

Orientoiva analyysi (ks. s. 101–103.) osoittaa, että kätevyuden ja yksinkertaisen käsomotoriikan väliset siteet ovat verraten vahvat. Parhaiten tämä käy ilmi II:n ja III:n faktorin painokertoimista. Edellinen, motorinen kätevyysfaktori, on edustettuna motoristen sekä kätevyysfaktorien piirissä. Jälkimmäinen, psykomotorinen faktori, on edustettuna, paitsi motorisissa testeissä, myöskin useissa kätevyystesteissä. Earlen ja Gaw'n aineiston perusteella suoritettu faktoriansalyysi tukee orientoivassa analyysissä saavutettua tulosta.

Kätevyystoimintojen kannalta on käden eri osien motoriikalla erilainen merkitys ja erilaiset tehtävät. Käsivarsi osallistuu pääasiassa kätevyystehtävien edellyttämiin karkeimpiin käsittelyliikkeisiin. Käsivarren liikkeitten avulla pääasiassa määrätään varsinaisen käden asema käsiteltäviin esineisiin nähden. Käsivarren laajat liikkeet soveltuvat erittäin hyvin siirrettäessä esineitä lähiavaruudessa paikasta toiseen. Suurta voimaa vaativissa tehtävissä tapahtuu työkalun tai työestetävän kappaleen ohjaaminen enimmältä osalta käsivarren voimakkaitten lihasten avulla.

Ranneliikkeitten monisuuntaisuuden ja hienosäätömahdollisuuden ansiosta kämmen ja erikoisesti siihen liittyvät sormet tulevat käsittelymotoriikan hienoimpien liikkeitten kannattajiksi.

1) Nimitystä «ryhmäfaktori» käytämme merkitsemään alkeisfaktoria, joka liittyy kahden tai useamman, ei kuitenkaan kaikkien testien varianssiin. Vrt. Thurstone, 1947 s. 182.

Sormien liikkeistä tulevat peukalon ja etusormen pinsettiliike kysymykseen erilaisten pikkuesineitten käsittelyssä. Vähän suurempia kappaleita siirreltäessä liittyy motorisesti tehokas keskisormi tarttumaotetta vahvistamaan. Käsiteltävien esineitten edelleen suurentuessa aktivoidaan myöskin nimetön sormi ja vihdoin pikkusormikin. Useimmiten nämä viimeksi mainitut käden osat toimivat vain muitten sormien myötäilijöinä tai, käden reunassa sijaitsevina, tukevat funktionaalisesti tärkeämpiä käden osia niin, että nämä sijaitsevat oikeassa asemassa esinemaailman suhteen. Eri sormien optimaalisen motorisen suorituskyvyn ja sormien pituuden välillä vallitsee verraten selvä vastaavuussuhde.

Mitä tulee oikean ja vasemman käden motoristen toimintojen väliin suhteeseen, voidaan todeta, että oikea käsi on hieman edellä vasenta kättä motoristen ja kätevyystestien keskiarvoissa. Käsittelymotoriikan asymmetria ei kuitenkaan ole kovin voimakas. Tämän tutkimuksen orientoivan analyysin perusteella laaditut asymmetriaprosenttilukujen jakaantumiset nimittäin osoittavat, että tavataan vähän yksilöitä, jotka saavuttavat oikealla kädellä huomattavasti paremman tuloksen kuin vasemmalla (tietyissä testissä), runsaasti yksilöitä, jotka saavuttavat oikealla kädellä hieman paremman tuloksen kuin vasemmalla ja jälleen vähän yksilöitä, jotka saavuttavat vasemmalla kädellä paremman tuloksen kuin oikealla. Korrelaatiot näitten likimäärin normaalisti jakaantuvien asymmetriavariaabelien välillä ovat yleensä heikkoja.

Yksinkertaisen kämmenellä suoritettun nakutusliikkeen perusteella laaditun asymmetriavariaabelin ja kätevyys- sekä motoristen testien väliset korrelaatiot ovat yleensä positiivisia, joskin vain ani harvat korrelaatiot ovat merkitseviä (ks. ss. 98-99).

Kätevyystestien *oikea-vasen korrelaatiot* osoittavat yleensä voimakasta tilastollista riippuvuutta.

Motoriikan ja kätevyuden välistä suhdetta tarkasteltaessa on edellä pidetty silmällä lähinnä motoriikan nopeuden ja kätevyuden funktionaalisia yhteyksiä. Nopeuden ohella on kuitenkin otettava huomioon liikkeitten tarkkuus. Kun on kysymys hyvin vähäisistä, millimetrien tai millimetrin murto-osien laajuisista liikkeistä on tahattomien liikkeitten estäminen suorituksen onnistumisen kannalta yhtä välttämätöntä kuin tahallisten liikkeitten aikaansaaminen. Käden vakavuus on mitattavissa stabilometrillä, joten vakavuus voidaan käsitellä differentiaalipsykologisena variaabelina. Vain ani harvoissa kätevyystutkimuksissa on tähän mennessä näin tehty.

Schorn (1925) totesi, että tremometrikokeen perusteella muodostettu käden vakavuuden variaabeli korreloi positiivisesti useihin kätevyystesteihin. Korrelaatiot olivat useinmiten heikkoja, vain kahden kertoimen kohotessa kohtalaiseen suuruusluokkaan. Testit, joiden kanssa käden vakavuus korreloi positiivisesti (.34), olivat rautalangan taivutuskoe ja helmienpujottamistesti.

Melton (1947) käytti paljon laajemmassa tutkimuksessaan niinkään vakavuuskoetta, mutta hänen korrelaatioistaan käy ilmi, ettei yksikään käden vakavuuden ja kätevyystestien välinen korrelaatio ylitä arvoa $+ .20$. Suoritetussa faktorianalyysissä käden vakavuus osoittautuu varsin spesifiseksi kommunaliteetin ollessa $.053$.

Tuonnempana esiteltävässä kätevyuden kehittymistä koskevassa tutkimuksessamme käden vakavuustesti, joka edellytti molempien käsien paikallaan pitämistä, korreloi positiivisesti kaikkiin kätevyystesteihin 8-, 10- ja 12-vuotiailla koehenkilöillä, mutta 14-vuotiailla esiintyi useita, tosin aivan vähäisiä, negatiivisiakin kertoimia. Positiivisista korrelaatioista kuitenkin vain kolme ylittää arvon $+ .25$, joka $.01$ tasolla on merkitsevä. Testit, jotka siten osoittautuvat riippuviksi samoista tekijöistä kuin käden vakavuus, ovat helmien pujotus (8-vuotiailla) ja Connorin naulalautatesti (8- ja 10-vuotiailla).

3. *Kätevyuden suhde älykkyyteen.*

Vaikka kysymys kätevyuden ja älykkyyden välisestä suhteesta on epäilemättä sekä teoreettisesti että sovelletun psykologian kannalta varsin mielenkiintoinen, voidaan kuitenkin osoittaa vain perin harvoja tutkimuksia, joissa tämä probleema olisi joutunut yksityiskohtaisesti analysoiduksi.

Moede (1921) mainitsee, selostamatta tarkemmin tutkimusmetodeja ja käytettyä kh-ryhmää, että kätevyuden ja älykkyyden välinen korrelaatio on $+ .242 \pm .062$. Katzin (1925) käsityksen mukaan mainittu korrelaatio on kuitenkin otaksuttava korkeammaksi. Poppelreuter (1928) ja Schorn (1929) asettuvat, empiirisiin tutkimuksiin nojautumatta samalle kannalle kuin Katz.

Puppe (1926) on tutkinut kätevyuden ja älykkyyden välistä suhdetta kahdella koehenkilöryhmällä, joista toiseen kuului joukko kansakoulun »normaalien», toiseen joukko »älykkäiden» luokkien oppilaita. Tulokset osoittivat, että normaalien oppilaitten ryhmässä kätevyys

ja älykkyys korreloivat jonkin verran, kun sitävastoin älykkäitten ryhmässä ei esiintynyt merkittävää positiivista korrelaatiota.

Tauscher (1930) päätyi niinikään tulokseen, että 11—14 ikäisillä koehenkilöillä kätevyys ja älykkyys korreloivat vain heikosti keskenään. Lisäksi hän totesi korrelaatioitten kohoavan siirryttäessä nuoremista koehenkilöistä vanhempiin.

Earle'in & Macrae'n (1930) tuloksista käy ilmi, että heidän kätevyysvariaabelinsa, jossa oli yhdistetty kolme käsimotoriikkaa ja kätevyyttä mittaavaa testiä, korreloi hieman voimakkaammin ei-sanalliseen (.29) kuin sanalliseen (.23) älykkyystestiin. Mainittu korrelaatioitten erotus on kuitenkin varsin vähäinen.

Langdonin (1932) aineistossa on esitetty useampia kätevyys- ja älykkyystestien välisiä korrelaatioita. Ne vaihtelevat suuruudeltaan —.05:stä +.33:een, mikä näyttää viittaavan siihen, että kätevyuden ja älykkyuden välinen suhde riippuu siitä, mitä testejä tutkimuksessa käytetään.

Attenborough'n & Farberin (1934) tutkimus kohdistui nimenomaan älykkyuden, mekaanisen suorituskyvyn ja kätevyuden välisten suhteitten selvittämiseen korrelaatioitten avulla. Koehenkilöryhmän muodosti 80 *vajaamielistä* poikaa. Seitsemän eri tyyppistä älykkyystestiä korreloivat kaikki signifikatiivisesti kätevyystesteistä koostettuun yhdistettyyn variaabeliin. Korrelaatiot olivat korkeampia kuin kätevyuden ja älykkyuden korrelaatiot keskimäärin (.26—.64), mikä ilmeisesti osittain johtuu käytetystä kh-ryhmästä, osittain se voi olla yhdistetyn variaabelin aiheuttamaa. Merkille pantava toteamus oli se, että kätevyystestit korreloivat huomattavasti voimakkaammin tiettyntyyppisiin älykkyystesteihin (Stanford-Binet-, Otis- ja Porteus-testeihin) kuin muihin (Healy-, Visualisoiomis- ja Dearbornin muoto-lautatestiin). Esitetyistä korrelaatioista käy niinikään selville, että tietty älykkyystesti korreloi tuntuvasti voimakkaammin toisiin kätevyystesteihin kuin toisiin. Varsin heikkoja olivat älykkyystestien korrelaatiot motoriseen testiin ja vakavuustestiin.

Cox'in tutkimus (1934) osoittaa niinikään, että kätevyuden suhde älykkyYTEEN on spesifinen: sama älykkyystesti korreloi eri tavoin erilaisiin kätevyystesteihin. Älykkyysfaktori näyttää lisäävän hieman motoristen testien ja varsinkin komplisoidumpien kätevyystestien välisiä korrelaatioita.

Faktorianalyttisistä tutkimuksista osoittaa Björnsjön (1951) faktori-analyysi, että teoreettisluontoisen älykkyuden faktori (g-faktori) on

edustettuna muutamissa käsittelytoimintoja edellyttävissä testeissä. Takalan g-faktori on niinkään edustettuna useissa kätevyystesteissä (Takala, A., 1951), jotka edellyttävät muodonantokykyä. Myöskin Viitamäen (1956) tutkimuksessa on sekä poikien että tyttöjen ryhmässä g-faktori edustettuna eräissä kätevyystesteissä.

Omat tutkimuksemme (Heinonen III 1956) osoittavat, että kätevyystestien ja älykkyystestien väliset korrelaatiot vaihtelevat verraten paljon, ja että kätevyuden älykkyysedellytykset ovat verraten *spesifiset*. Orientoivan analyysin perusteella (ks. s. 101–102) voidaan todeta niinkään eräitä kätevyuden ja älykkyuden välisiä yhteyksiä.

4. Muita funktionaalisia suhteita.

Kuten edellä on esitetty, liittyvät aistihavaintojen, motoriikan ja älykkyuden funktior ryhmät kätevyuden funktiokompleksiin osittain kätevyuden yleisinä, osittain sen erityisinä edellytyksinä. Näitten tärkeiden variaabeliryhmien ohella tavataan kuitenkin varsin monia muitakin toimintoja, jotka eivät liity kätevyyteen yhtä voimakkaain riippuvuussuhtein, mutta joiden tarkasteleminen on kuitenkin omiaan jossakin määrin selventämään kohteesta edellä hahmoteltua kuvaa. Useimmat näistä »reunavariaabeleista» ovat toistaiseksi jääneet suhteellisen vähälle tutkimiselle. Niinpä esimerkiksi luonteen ja kätevyuden välinen suhde kaipaisi tarkempaa tutkimusta. Useissa tapauksissa kuitenkin, kun on kysymys esimerkiksi kätevyuden suhteesta teknilliseen lahjakkuuteen, fyysiseen varttuneisuuteen, taiteelliseen suorituskykyyn, koulumenestykseen, rotuun ja sukupuoleen, voimme viitata aikaisempiin tutkimuksiin, usein myöskin tämän tutkimuksen empiriseen osaan. Jonkin verran on käytettävissä myöskin kätevyyssuoritusten alalla tapahtuvaa harjaantumista ja oppimista koskevaa tietoa, mutta yleisesti ottaen on tutkimus tässäkin suunnassa vasta alkuvaiheessaan.

Kätevyuden ja teknillisen lahjakkuuden välisestä suhteesta esiintyy jonkin verran erilaisia käsityksiä. Niinpä eräät tutkijat pitävät kätevyyttä vain eräänä teknillisen lahjakkuuden osana (Björnsjö 1951). Useimmiten kätevyydelle kuitenkin myönnetään itsenäisempi asema (esim. Meili 1954). Varsin oikeaan osuvalta tuntuu se katsantokanta, jonka mukaan teknillinen lahjakkuus on lähinnä kykyä ratkaista erilaisia teknillisluontoisia (englanninkielisessä kirjallisuudessa mekaanisia, mechanical) probleemoita. Ratkaisujen toimeenpano esinemaailmassa sitävästoin on pääasiassa käsittelymotoriikan ja kätevyuden tehtävä. Käytännöllisissä tehtävissä ja monissa testeissäkin kietoutuvat probleemanratkaisukyky ja kätevyys kuitenkin

usein suna maarin toisiinsa, että rajojen vetäminen eri suorituskykyjen välille on käytännössä perin vaikeata. Faktorianalyysi tarjoaa kuitenkin erinomaisen sopivan menetelmän tämälntapaisten hlmärien funktionaalisten suhteitten selvittämiseen.

Ensimmäisenä kätevyuden ja teknillisen lahjakkuuden välisen suhteen selvittämisryityksenä voidaan pitää Cox'in tutkimusta, jossa hän faktorianalyysin avulla totesi kahden faktorin aiheuttavan pääosan käyttämiensä testien varianssista. Analyysi erotti asennustestit ja rutiinitestit toisistaan, ei kuitenkaan niin jyrkästi kuin ehkä sentroidimetodi olisi tehnyt mahdolliseksi. Asennustestit edellyttivät selvästi juuri teknillis-mekaanisten seikkojen hahmotuskykyä, kun taas rutiinitestit olivat yksinkertaista motorisvoittoista kätevyyttä vaativia (Cox 1934).

Teknillisen lahjakkuuden ja kätevyuden välinen ero tulee ilmi myöskin Björnsjön (1951) tutkimuksessa, joka on kohdistunut suuren Minnesota-tutkimuksen materiaalin uudelleenanalysoimiseen. Eristetyistä kuudesta faktoreista on 11 faktori selväpiirteinen teknillisen lahjakkuuden faktori a V faktori voidaan tulkita kätevyysfaktoriksi. Kun kätevyysfaktorin kuudesta merkitsevän painokertoimen saaneesta testistä neljä tavataan teknillisen lahjakkuuden faktorissa, merkitsee tämä kätevyuden ja teknillisen lahjakkuuden varsin voimakasta sidettä faktoripsykologisessa mielessä. Björnsjön (1951) oman aineistonsakin perusteella tekemä faktorianalyysi osoittaa, että komplisoidumpia probleemratkaisuja vaativat ja yksinkertaisemmat käsittelmotoriikkaa edellyttävät testit saavat painokertoimia tekijöissä, jotka (toisin kuin tekijä on itse esittänyt) voidaan tulkita kätevyystekijöiksi (V ja VI faktori).

Selvemmän eron kuin Cox ja Björnsjö on käden toimintojen ja teknillisen suorituskyvyn välillä todennut Harrell (1939). Hän eristi kolmeakymmentä testiä käyttäen viisi faktoria, joista A-faktori lähinnä edustaa kätevyyttä. Tämä käden notkeuden faktori ei ollut edustettuna monissakaan komplisoidummissa mekaanisen suorituskyvyn testeissä.

Ilmeisesti kätevyuden ja teknillisen lahjakkuuden välinen suhde on erilainen eri testeissä. Näin ollen saadaan erilaisia tuloksia riippuen käytetyistä testistöistä. Varmemman tiedon hankkiminen edellyttäisi, että kehiteltäisiin ensin mahdollisimman puhtaita analyyttisiä testejä, jotka yhdessä komplisoidumpien testien kanssa sitten liitettäisiin kätevyuden ja teknillisen lahjakkuuden tutkimisessa käytettäväksi testisarjaksi. Tulkinnat voitaisiin siten saada tyhjentävämmiksi.

Kätevyydestä on siltoja myöskin taiteelliseen suorituskykyyn. Niinpä Meyer (1939) mainitsee todenneensa, että taiteellisen suorituskyvyn kuudesta tekijästä yksi on identifioitavissa käden taidoksi (manual skill) tai käsityökyvyksi (craftsman ability). Meyer ei kuitenkaan esitä, mikä osuus tällä tekijällä on eri testeissä.

Ilmeisesti kätevyys ja sorminäppäryys merkitsevät varsin paljon kuvaamataiteissa. Joutuuhan esimerkiksi kuvanveistäjä käyttämään työssään jatkuvasti erilaisia työkaluja. Kuitenkaan emme tavallisesti puhu »kätevästä» kuvanveistäjästä, vaan kiinnitämme huomiota tämän kyvyn taiteelliseen komponenttiin. Yhtä mahdolltomalta tuntuisi puhe kätevästä taidemaalariasta. Koristemaalarille sitävästoin voimme jo omistaa tämän attribuutin.

Kuvaamataiteitten ohella myöskin instrumentaalimusiikki ilmeisestikin edellyttää koko joukon kätevyyttä tai ehkä siihen liittyvää sorminäppäryyttä. Epäilemättä useat viulu- ja pianovirtuoosit ovat saavuttaneet asemansa ankaran sorminäppäryysharjoituksen ansiosta. Motoriikka on kuitenkin taiteellisessa ilmaisussa

alistettu siinä määrin kokonaisuuden alaiseksi, että sen teoreettinenkin erottelu ja erittely tuntuu kovin triviaalilta.

Taideteollisuuden piirissä kätevyys epäilemättä esiintyy siinä muodossa, miksi kätevyys arkiarjatteluksella- ja -kielessä useimmiten käsitetään. Tällöin on lähinnä kysymys muodonantokykyyn liittyvästä käsittelytaidosta, joka voi manifestoitua milloin minkin materiaalin parissa askarreltaessa. Valitettavasti tässä suunnassa ei ole toistaiseksi suoritettu juuri lainkaan tieteellistä tutkimusta. Mahdollista on, että erikoinen esteettinen lahjakkuus toimii suorituskyvyn peruspontimena siellä, missä taideteollinen muodonantokyky esiintyy erittäin korkea-asteisena. Kuitenkin — eikä aivan vähäisessä määrin — myöskin teknillinen taituruus ja työkalujen kätevä käsittely tulevat monissa taideteollisuuden piiriin kuuluvissa ammateissa yhtä tärkeinä edellytyksinä kysymykseen. Tavataan myöskin taideteollisuuden lajeja, joissa motorisvoittainen kätevyys on ilmeisesti muodonantokykyä tärkeämpikin. Tällaisia ovat muun muassa taidekudonta silloin, kun ajatellaan työskentelyä annettujen mallien mukaan. Samoin muutkin taideteollisuustyöt, milloin ei ole kysymyksessä tehtävän luova vaihe.

Aikaisemmin on jo tarkasteltu käden rakennetta ja todettu, että ihmiskäden kehittyneet viisisorminen raajatyypit soveltuu erittäin hyvin mitä moninaisimpiin kätevyystehtäviin. Vaikka käden rakenne epäilemättä merkitsee yhtä kätevyuden lukuisista perusedellytyksistä, ei eräillä käden rakenteellisilla ominaisuuksilla kuitenkaan ole sellaista vaikutusta kätevyyteen kuin verraten usein näyttää otaksuttavan. Käden muoto ja koko, joihin varsinkin aikaisempi käden psykologia pääasiassa kohdisti huomionsa, eivät yleensä merkitse yksilöidenvälisiä eroja aiheuttavaa tekijää. Varsinkin työn fysiologian ja psykologian piirissä on tehty useita yrityksiä käden rakenteen ja toiminnan välisten korrelaatioiden selvittämiseksi. Vain ani harvoin ovat nämä tutkimukset kuitenkin johtaneet merkitsevien korrelaatioiden toteamiseen.

Senkewitsch (1933) totesi, että kätevyys on jossakin määrin riippuvainen sormien keskinäisistä pituussuhteista. Koehenkilöt, joiden kädet olivat radiaalista perustyyppiä (etusormi pitempi kuin nimetön sormi) osoittautuivat kätevyydeltään taitavammiksi kuin ne koehenkilöt, joiden kädet olivat ulnaarista perustyyppiä (nimetön sormi pitempi kuin etusormi).

Uudemmissa tutkimuksilla ei kuitenkaan ole voitu todeta samanlaisia korrelaatioyhteyksiä. Niinpä Tiffin (1947) mainitsee viitaten Amerikassa suoritettuihin tutkimuksiin, ettei ole todettu merkitseviä korrelaatioita käden antropometristen mittaus-ten perusteella muodostettujen variaabelien ja erilaisten motorisvoittoista kätevyyttä edellyttävien testivariaabelien välillä. Ainoastaan poikkeustapauksessa — kun esimerkiksi sormet ovat varsin paksut ja lyhyet — voi kätevyys Tiffinin käsityksen mukaan riippua rakenteellisista seikoista. Nämäkään tutkimukset eivät kuitenkaan ole johtaneet täysin ristiriidattomiin tuloksiin, sillä myöhemmät tutkimukset näyttävät jälleen viittaavan siihen, että ainakin eräitä yhteyksiä käden rakenteen ja kätevyuden välillä kaikesta huolimatta esiintyy.¹⁾

¹⁾ Mahdollista on, että nämä yhteydet voidaan lopullisesti selvittää vasta laajemman faktorianalyttisen tutkimuksen avulla valitsemalla kyllin edustava joukko rakenteellisia ja toiminnallisia variaabeleita ja suorittamalla mittauksia riittävän suurella kh-ryhmällä.

Tällaisia uusia ja hypoteettisesti melko arvokkaita tutkimuksia ovat suorittaneet Müller ja Vetter (1954). He pyrkivät selvittämään yksityiskohtaisesti kätevyuden riippuvuuden anatomisista ja fysiologisista tekijöistä. Kätevyystestinä käytettiin O'Connorin sorminäppäryystestiä, jossa on pistettävä pieniä nauloja yhdellä kädellä laudassa oleviin reikiin. Käden pituuden, leveyden ja tilavuuden, kädenleveyden indeksin, peukalon suhteellisen pituuden, kynsien pituuden, abduktiokulman (suurin kulma, jonka peukalo sivulle käännettynä muodostaa etusormen kanssa), sormien välisen nahan muodon ja sormenpäitten paksuuden mittaustulosten perusteella saadut arvot eivät korreloineet sorminäppäryydestin kanssa siinä määrin, että riippuvuussuhdetta voitaisiin näitten rakenteellisten seikkojen ja kätevyuden välillä pitää mahdollisena. Kun koehenkilöryhmä jaettiin kätevyuden mittalukujen mediaanin perusteella kahteen osaan, todettiin, että taitavien ryhmässä oli enemmän radiaalisen käsityypin omaavia koehenkilöitä kuin ulnaarisen käden perustyyppin edustajia. Kun mainittua radiaalista käden perustyyppiä tavattiin useammin naisilla kuin miehillä, on mahdollista, että naispuolisten koehenkilöitten kätevyystestissä saavuttama parempi keskiarvo johtui mainitusta seikasta, jonka jo Senke-witsch aikoinaan totesi, nimittäin siitä, että radiaalisen käden perustyyppin edustajat ovat yleensä hieman kätevämpiä kuin ulnaarisen käden perustyyppin omaavat.

Toinen mielenkiintoinen Müllerin ja Vetterin tekemä havainto oli se, että mediaanin kätevämmälle puolelle joutuneet kh:t omasivat suuremman sormenpäiden ohentumisosamäärän kuin toiset kh:t. Mainittu osamäärä, joka oli laskettu kaavalla: $V=1/b \cdot (b-a) \cdot 100$ (jossa a= sormen pään poikkileikkauksen halkaisija 5 mm etäisyydellä, b=sama halkaisija 20 mm etäisyydellä sormen päästä mitattuna) oli varsinkin peukalon suhteen merkittävä. Ne kh:t, joilla sormien päät ohenivat jyrkemmin, olivat useammin kätevyystestissä hyvin menestyneitä kuin ne, joiden sormien päät olivat tasapaksua tyyppiä. Ohentumisosamäärän ja kätevyystestin suoritusajan välinen korrelaatio oli peukalon osalta -0.48 ± 0.12 ja vastaava korrelaatio etusormen osalta -0.28 ± 0.14 .

Kun Müller ja Vetter käyttivät tutkimuksessaan vain yhtä ainoata kätevyystestiä, joka faktorianalyysien perusteella osoittautuu sitäpäitsi verraten spesifiseksi, ei heidän tuloksiaan voida missään tapauksessa yleistää käsittämään koko kätevyuden aluetta. Toisaalta on varsin helposti ymmärrettävissä, että O'Connorin testi suosii radiaalista käsityyppiä ja voimakkaasti hoikentuvia sormenpäitä. Onhan siinä eniten aikaa vievänä toimintona pienten naulojen poimiminen, joka säännöllisesti suoritetaan peukalon, etusormen ja keskisormen yhteisellä pinsettiotteella. Tällöin on epäilemättä eduksi, että etusormi on suhteellisen pitkä, samoin kuin sekin, että sormien päät ovat verraten ohuet. Anatomisten tekijäin osuus voi siten tulla erääksi varianssiin vaikuttavaksi tekijäksi.

Mitä tulee yleiseen fyysiseen varttuneisuuteen, ei tämä anatomisten ja fysiologisten seikkojen kanssa yhteydessä oleva tekijä näytä sanottavasti vaikuttavan kätevyuteen. Ajattelemmme lähinnä yksilön pituutta ja painoa. Orientoivan analyysin korrelatiomatriisista voidaan todeta, että ne korreloivat keskenään voimakkaasti ($+0.64$) ja että niiden korrelaatiot oikean ja vasemman käden puristusvoimaan ovat niinkään kohtalaista tai voimakasta riippuvuutta ilmaisevia. Orientoivassa analyysissämme esiintyy kuitenkin vain yksi ainoa signifikatiivinen korrelaatio fyysisen varttuneisuuden (pituuden) ja kätevyuden (pallotestin) välillä. Faktori-analyysi taasen osoittaa, että fyysisen varttuneisuuden faktori (faktori V) on voimakkaimmin painokertoimin edustettuna niissä kätevyystesteissä, jotka edellyt-

tävät laajoja käsiliikkeitä, kuten on laita pallojenvierittämestestien, sekä testin, jossa on pistettävä puutappeja vaakasuorassa tasossa pyörivän levyn reikiin, ja kiekkolautatestin, jossa on pujotettava kiekkoja suurehkon teräslankasokkelon toisesta päästä toiseen. Ilmeistä on, että käsivarsien pituus pikemminkin kuin koko kehon mittavuus vaikuttaa näissä testeissä voimakkaimmin differentioivana tekijänä. Fyysisen varttuneisuuden faktorin kautta selittyy parhaimmassa tapauksessa kuitenkin vain noin 1/4 testin kokonaisvarianssista, useimmissa testeissä vähän tai ei yhtään.

Tutkittaessa yksilöryhmien erilaisuutta on usein todettu, että s u k u p o l t e n v ä l i s e t e r o t jäävät monissa suorituskävyissä verraten vähäisiksi (esim. Terman & Miles 1936, Siegvald 1944 ja Anastasi & Foley 1949). Kuitenkin voidaan muun muassa kielellisissä, teknillis-mekaanisissa, avaruudellisissa ja abstrahoisuuskävyissä tehtävissä todeta jonkin verran eroa poikien ja tyttöjen keskimääräisessä suorituskävyssä. Myöskin kätevyuden ja motoriikan alueella voidaan osoittaa ilmenevän sukupuolten välisiä eroja, joskin ne useissa tapauksissa jäävät perin vähäisiksi.

Kätevyudessa ilmeneviin sukupuolieroihin on ensimmäisenä kiinnittänyt laajempaa huomiota Antipoff (1929). Hän tutki pääasiassa kouluikäisten motorista kehitystä, mutta useat käytetyistä testeistä ovat tyypillisiä kätevyystestejä. Kun Antipoffin tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena kiinnittämättä huomiota eri ikäkausilla ilmeneviin vähäisiin eroavuuksiin, voidaan todeta, että tytöt olivat yleensä hieman kätevämpiä kuin pojat. On kuitenkin otettava huomioon, millaisella testiaineksella tulokset on saavutettu. Ilmeistä on, että Antipoffin aineistosta ilmenevä poikien ja tyttöjen välinen ero kätevyudessa johtuu pääasiassa siitä, että testit edellyttivät lähinnä n o p e u t t a ja sorminäppäryyttä eikä juuri tarkkuutta laajemmissa liikesuorituksissa. Sitäpaitsi leikkaamistesti, jossa tytöt saavuttivat suurimman etumatkan poikiin nähden, edellyttää saksien käyttöä, jossa tytöillä on epäilemättä takanaan enemmän harjoitusta kuin pojilla. Samoin on ilmeisesti laita myöskin helmienpujottamistestin, jossa harjaantuminen ennen testaustilannetta on tytöillä ollut varmasti suurempi kuin pojilla. Tytöt olivat pojista edellä myöskin kirjoitusnopeudessa ja pisteitten merkintätästissä, joissa aikaisempi harjoitus tuskin merkitsee ryhmäeroja synnyttävää tekijää. Poikien keskiarvo ylitti tyttöjen keskiarvon vain nakutustestissä, jossa yksinkertainen käden edestakaisliike tulee kysymykseen.

Myöskin Earlen ja Gaw'n tutkimuksesta ilmenee (Earle & Gaw 1930), että tytöt ovat hieman parempia kuin pojat sellaisissa tehtävissä, joissa edellytetään eri sormien itsenäistä hermottamista. Ns. sorminäppäryys näyttää tytöillä siten kehittyvän aikaisemmin kuin pojilla. Mainitun tutkimuksen mukaan poikien paremmuus taasen ilmeni testeissä, joissa vaadittiin liikkeitten voimaa ja nopeutta, kuten on laita eräissä kiekkolautatesteissä.

Poikien suorituskävyyn paremmuus eräissä käsittelytehtävissä johtuu ilmeisesti siitä, että he ovat tytöistä edellä avaruudellisessa hahmotuskävyssä. Suuressa Minnesota-tutkimuksessa (Paterson, Elliot etc. 1930) todettiin poikien saavuttavan parempia tuloksia kuin tyttöjen erilaisissa asennustesteissä, jotka käsittelymotoristen funktioitten ohella edellyttävät teknillis-mekaanista ja avaruudellista suorituskävyä. Tytöt sitävastoin olivat parempia pakkaamistestissä ja erilaisten korttien lajittelussa. Varttuneemmillä koehenkilöillä suoritettu tutkimus osoitti kuitenkin, että sukupuolierot supistuivat myöhemmällä kasvuiällä merkityksettömiksi.

Motoristen ko'ordinaatioitten kehityksessä on Espenschade (1947) todennut poikien keskiarvojen ylittävän tyttöjen vastaavat keskiarvot 13:8 vuoden iästä alkaen. Tutkimus ei kuitenkaan ulotu myöhempään kasvuikään, joten sukupuolierot puberteetin jälkeen voivat hyvinkin tasaantua. Siihen viittaavat eräät uudemmat tutkimustulokset.

Käytännöllisessä työssä vaaditun kätevyuden suhteen ovat miehet ja naiset verraten tasaväkisiä. Niinpä Neymark (1950) mainitsee, että merkittävää eroavuutta tässä suhteessa esiintyy vain niissä tehtävissä, jotka edellyttävät suurta lihasvoimakkuutta. On merkittävä seikka, että suurta sorminäppäryyttä vaativisakaan tehtävissä ei yleensä voida todeta kovin suuria sukupuolten välisiä eroja. Niinpä Müller ja Vetter (1954) ilmoittavat naisten saavuttaneen vain noin 7 % parempia tuloksia kuin miesten käyttämässään O'Connor-testissä. Kun edellisissä oli enemmän radiaalisen käden perustyyppin edustajia kuin jälkimmäisissä, viittaavat tutkijat anatomisen tekijän mahdolliseen vaikutukseen.

Esillä olevan tutkimuksen orientoivan aineiston perusteella on voitu todeta, että sukupuolierot useimmissa kätevyystesteissä ovat joko aivan olemattomat tai ainakin perin vähäiset. Keskiarvot osoittavat tyttöjen ja poikien välisten erojen olevan merkityksettömiä käytetyissä paperinleikkaamistestissä, pisteitystestissä, kädenohjaamistestissä ja lajittelutestissä. Pojat olivat hieman parempia kuin tytöt kierto liikkeen seuraamistestissä, pujottelutestissä ja pallotestissä. Tytöt sitävastoin olivat hieman edellä pojista oikealla kädellä suoritettussa kiekkolautatestissä ja solmiamistestissä. Suurin oli ero käden puristusvoimassa.

Kätevyyden spesifisyydessä mahdollisesti esiintyvien sukupuolten välisten erojen selville saamiseksi olemme laskeneet eräitten kätevyystestien väliset korrelaatiot (Spearman), jotka nähdään taulukossa 2, s. 48.

Kuten taulukosta ilmenee vaihtelevat yksityiset korrelaatiot jonkin verran. Mainittu vaihtelu voidaan kuitenkin miltei aina panna pienten kh-ryhmien tilille. Korrelaatiot keskiarvot ovat saman suuruisia (pojilla .286, tytöillä .287), mikä osoittaa, ettei korrelaatioissa ole ilmeisestikään mitään yleistettävää eroavuutta. Kätevyys on jokseenkin yhtä spesifistä sekä pojilla että tytöillä. Mahdollista kuitenkin on, että faktorirakenteessa ilmenee huomattaviakin eroja sukupuolten välillä. Tässä kohden kaivattaisiin spesiaalitutkimuksia.

Tämän tutkimuksen orientoivaa analyysia varten olemme laskeneet käsityöarvosanan ja muiden 47:n variaabelin väliset korrelaatiot. Korrelaatioista vain neljää voidaan pitää tilastollisesti merkitsevästä, nimittäin käsitöiden ja todistuksen keskiarvon, käsitöiden ja voimistelun (molemmat .69), käsitöiden ja kirjallisen laskutestin (.42) ja käsitöiden ja visuaalista hahmotuskykyä edellyttävän ornamentitestin välistä (.38). Kaikkiin muihin variaabeleihin käsityöarvosana korreloi heikosti, joskin tavallisesti positiivisesti. Ensi näkemältä hämmästyttävä seikka on se, ettei käsityöarvosanan ja kätevyystestien välillä tavata yhtään kohtalaista positiivista korrelaatiota. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että käsitöiden edellytykset ovat siksi monet, ettei motorisvoittoinen kätevyys merkitse niiden kohdalla mitään differentioivaa tekijää.

Kun kaikki käsitöiden ja älykkyydestien väliset korrelaatiot ovat positiivisia, (tosin yleensä heikkoja .06 — .42), viittaa tämä siihen, että älykkyys on koulun käsitöissä menestymiselle tärkeämpi edellytys kuin motorisvoittoinen kätevyys. Samaa osoittaa myöskin orientoiva pääanalyysi, jonka älykkyystekijä (faktori I) on edustettuna merkitsevin painokertoimin käsityöarvosanan variaabelissa. Var-

Taulukko
Table 2

Eräiden testien väliset korrelaatiot pojilla ja tytöillä.

Correlations between some tests computed separately for the boys and the girls.

1. Pisteitys, oikea Entering of dots into squares. Right hand. T .	P										
2. Pisteitys, vasen Entering of dots into squares. Left hand. T .76	P										
3. Pujottelu Passing through.	P .24 .21 T .25 .27										
4. Nakutus kyyn.oik. Tapping with forearm. Right.	P .30 .27 .33 T .47 .49 .27										
5. Nakutus kyyn.vas. Tapping with forearm. Left.	P .60 .56 .41 .78 T .41 .45 .46 .62										
6. Kiekkolauta, oik. Disc board. Right.	P .38 .05 .33 .-07.04 T .23 .23 .24 .29 .37										
7. Kiekkolauta, vas. Disc board. Left.	P .49 .42 .34 .10 .44 .58 T .14 .22 .10 .19 .26 .71										
8. Kiekkolauta, mol. Disc board with both hands.	P .17 .07 .46 -02 .26 .51 .75 T .31 .10 .61 .18 .13 .36 .19										
9. Solmiaminen Tying of knots.	P -15 -17 .24 -02 .02 .24 .03 -02 T .05 .10 .12 .22 -04 .26 .27 .11										
10. Lajittelu Sorting.	P .36 .18 .42 .26 .42 .36 .33 .43 .10 T .49 .45 .11 .18 .12 .28 .22 .47 .21										
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10
(P = Boys)											
(T = Girls)											

sinkin koulun ylemmillä luokilla ovat käsityöt intuitiivisestikin arvioiden monia älyllisiä edellytyksiä vaativa oppiaine. Paitsi motorista kätevyyttä edellytetään oppilaalta myöskin muodonantokykyä, kykyä suorittaa vähäisiä laskelmia, avaruudellista hahmotuskykyä sekä kykyä ymmärtää kielellisesti annetut selostukset. Käsityötaito ei siten tyhjenny pelkkään kätevyyteen, niinkuin arkiajattelussa ehkä useinkin otaksutaan. Toisaalta se ei kulje älykkyydenkään kanssa suinkaan käsi kädessä. Niinpä eräissä aikaisemmassa tutkimuksessa on todettu, ettei Salomaan testistön mittaaman älykkyyden ja jatkokoulun käsityöarvosanojen välinen korrelaatio tilastollisesti eronnut nolasta.

Todettakoon tässä yhteydessä, että tietynlainen koulumuoto, jossa kiinnitetään suurta huomiota käytännölliseen harjoitteluun erilaisissa kätevyyttä edellyttävissä tehtävissä, vaikuttaa verraten nopeasti yksinkertaisen motorisvoittoisen kätevyyden faktorirakenteeseen, kuten McNemar on osoittanut (1936).

Taulukko
Table 3

Käsitöiden ja muiden kouluaineiden välisiä korrelaatioita.

Correlations between the marks in manual training and in the other school subjects.

Oppiaine Subject	\varnothing^2	Oppiaine Subject	\varnothing^2
Laskento	.25	Luonnontieto	.30
Arithmetic		Natural science	
Kaunokirjoitus	.60	Maantieto	.23
Calligraphy		Geography	
Piirustus	.45	Historia	.22
Drawing		History	
Voimistelu	.36	Tekstaus	.50
Gymnastics		Printing (by hand)	

Kätevyyden ja koulumenestyksen suhteesta toisiinsa voidaan toistaiseksi tehdä vain hypoteettisluontoisia johtopäätöksiä. Tällöin tarjoutuvat avuksi ensinnäkin kouluarvosanojen väliset korrelaatiot, joihin kuitenkin aina sisältyy monia virhelähteitä.

Björnsjö (1951) esittää tutkimuksiansa perusteella käsitöiden ja muitten kouluaineitten välisiä korrelaatioita useampiakin. Pojilla ovat veiston ja teoreettisluontoisten oppiaineitten väliset korrelaatiot heikkoja (.139—.307), täydentävässä tutkimuksessa sitävastoin kohtalaisia (.408—.479). Tyttöillä käsitöiden ja samojen lukuaineitten väliset korrelaatiot ovat kohtalaisia (.339—.504). Taulukossa 3. esitetyt keskimääräisen neliökontingenssimenetelmän avulla määrätyt korrelaatiot, jotka on laskettu erään suomalaisen kansakoulun VI lk:n oppilaitten kevätlukukauden arvosanojen perusteella (N=100), ovat jokseenkin samaa suuruusluokkaa kuin Björnsjön esittämät.

Taulukosta 3. käy ilmi, että harjoitusaineitten ja käsitöiden väliset korrelaatiot ovat hieman korkeampia kuin lukuaineitten ja käsitöitten väliset korrelaatiot. Erotus voi hyvin aiheutua arvosteluun kietoutuvista tekijöistä, mutta yhtä hyvin sitä voidaan pitää kätevyystekijäin aiheuttamana. Varsinkin kaunokirjoituksen korkeahko korrelaatio viittaa siihen, että yhteistä funktionaalista pohjaa on olemassa käsityö- ja kaunokirjoitustoiminnoilla. Voidaan myöskin panna merkille tekstausarvosanan ja käsitöiden välinen korrelaatio, joka suuruudeltaan lähenee edellämainittua kerrointa.

Harjoituksen vaikutusta erilaisiin käsittelytoimintoihin on tutkittu verraten paljon, sillä usein on haluttu tätä tietä lähestyä oppimisen yleisiä lainalaisuuksia. Näissä tutkimuksissa on yleensä päädytty toteamukseen, että suoritustaso nousee varsinkin harjoituskauden alkuvaiheessa erittäin nopeasti. Vähitellen nousu kuitenkin hidastuu, kunnes lukuisten suorituskertojen jälkeen ei enää ole todettavissa merkittävää edistymistä. Tämä sääntö koskee keskimääräistä harjaantumista. Yksilöiden suorituksissa sitävastoin tavataan usein huomattaviakin poikkeamia keskiarvokäyrästä, mikä ilmeisesti johtuu pääasiassa siitä, että harjoituskauden

kuluessa tapahtuu eri menetelmien kokeilua, mikä yksilöittäin vaihtelee varsin paljon. Varsinkin komplisoidummissa kätevyystesteissä voi uuden menettelytavan valinta aiheuttaa tilapäisen tai jatkuvankin yksilön suoritusastan heikkenemisen.

Kun kätevyys on jonkin verran spesifisempää kuin eräät muut funktiot, koituu harjoitus yleensä samantapaisten toimintojen hyväksi. Ns. siirtovaikutus erilaisten tehtävien välillä on ilmeisesti suhteellisen vähäistä. Saman toiminnon alueella sitävastoin on todettu oikean käden harjoittamisen lisäävän myöskin vasemman käden suorituskykyä. Niinpä Davis (1935) totesi floretilla suoritettujen pistoharjoitusten lisäävän vasemmankin käden tarkkuutta jopa 75 prosentilla siitä huolimatta, että harjoitus suoritettiin yksinomaan oikealla kädellä. Munn (1932) ja Cook (1933) päätyivät tutkimuksissaan niinikään tuloksiin, jotka todistavat bilateraalisien siirtovaikutuksen esiintyvän erilaisissa käsittelytehtävissä.

Vetter & Müller (1954) ovat osoittaneet, että suurta sorminäppäryyttä edellyttävässä kätevyystestissä (O'Connor-testi) oikean käden harjoittaminen lisäsi suorituskykyä melkein yhtä paljon vasemman käden kohdalla, jota ei lainkaan harjoitettu, kuin oikean käden kohdalla, johon harjoitus yksinomaan kohdistettiin.

Kun testien varianssi riippuu tavallisesti useammista kuin yhdestä tekijästä, ei harjoituksen vaikutusta voida yksityiskohtaisesti selittää testivariaabelien keskiarvoja tarkastelemalla. Testien perusteella voidaan kylläkin todeta kehitystä yleensä tapahtuvan, mutta sen suunnan määrääminen on vaikeata.

Harjoitus ei ainoastaan kohota keskimääräistä suoritusastaa, vaan sen vaikutus on nähtävissä myöskin siinä, että erilaisten käsittelymotoriikkaa edellyttävien testien väliset korrelaatiot kohoavat jonkin verran harjoituksen jatkuessa pitempään. Tämän ilmiön on ensimmäisenä todennut Hollingworth (1913) tutkimuksessa, jossa samat testit toistettiin satoja kertoja.

Pitkän harjoituskauden vaikutusta kätevyYTEEN on yksityiskohtaisesti tutkinut Gates (1926). Hän käytti erilaisia käden nopeutta ja tarkkuutta edellyttäviä testejä. Tulokset osoittivat, että nakutustestissä suorituksen paraneminen oli voimakainta harjoituksen alkuvaiheessa. Jatkettaessa harjoitusta 100 päivää todettiin koko harjoituskauden aikana tapahtuvan jatkuvaa, tosin lopuksi perin vähäistä, suoritusastan nousua. Harjoituksen yhtäjaksoisuus ei kuitenkaan näytä merkitsevän paljoakaan suoritusastan kohoamiseen. Niinpä ryhmä, joka osallistui erilaisten käsittelytehtävien suorittamiseen yli sadan päivän aikana, ei harjoituskauden lopulla ollut sanottavasti edellä toista ryhmää, joka osallistui harjoitukseen 18 päivänä harjoituskauden alussa ja 17 päivänä harjoituskauden lopussa. Gates päättelee tästä, että niissä funktioissa, joita tutkimus koski, synnynnäinen kyky vaikuttaa tuntuvasti enemmän kuin intensiivinen harjoittaminen.

Harjaantumisen ja oppimisen vaikutusta komplisoidumpiin käden toimintoihin selvitteli Cox (1934). Hän kiinnitti erikoista huomiota problemaan, millaisissa olosuhteissa, minkälaisen vaikutusten alaisena, käden taito parhaiten kehittyy. Cox totesi, että edistymisen on aluksi varsin nopeata johtuen siitä, että oppiminen liittyy tällöin kätevyystehtävän edellyttämien tietoinesten omaksumiseen. Oppimisen nopeata alkuvaihetta seuraa hitaamman oppimisen vaihe, jolloin oppiminen liittyy pääasiassa kätevyystehtävien edellyttämien motoristen toimintojen kehittymiseen. Harjoituksen kautta saavutettu taitavuuden lisääntyminen osoittautui yksilöllisesti vaihtelevaksi. Ne yksilöt, jotka harjoituskauden alussa olivat keskitason alapuolella, edistyiivät enemmän kuin ne, jotka aluksi saavuttivat keskitason yläpuolella olevia tuloksia.

Viimeksimainittu seikka on tullut esiin myöskin Vetterin ja Müllerin (1954) tutkimuksessa, jossa O'Connorin sorminäppäryydestin suoritus aika lyheni harjoituksen ansiosta enemmän niillä koehenkilöillä, jotka aloittivat heikoilla suorituksilla kuin niillä, jotka heti ensi yrityksellä olivat saavuttaneet verraten hyviä tuloksia. Ilmeistä on, että perehtyminen tehtävään ja oikean menetelmän valinta pääasiassa aiheuttavat tämän kätevyystoiminnoille ominaisen yksilöittäin vaihtelevan suorituskyvyn lisääntymisen. On mahdollista, että ne, jotka aluksi ovat saavuttaneet verraten hyviä tuloksia, ovat heti tehtävään ryhtyessään kysyneet valitsemaan oikean menettelytavan, jonka vaihtaminen ei ole tarpeen. Jos taas alun alkaen on valittu menetelmä, jota oivallusten ohjaamana on jouduttu myöhemmin ehkä useaankin otteeseen muuntelemaan, ilmenee tuloksissa tuntuvampi suoritusasteen kohoaminen. Mahdollista onkin, että menetelmän valintaan liittyvät älykkyystekijäin sääntelemät funktiot, jotka ovat eri yksilöissä eri tasoisina edustettuina, aiheuttavat suoritusasteen nousussa ilmenevää yksilöidenvälistä vaihtelua.

Kun harjoituksen aikaansaama suoritusasteen nousu on suurin ensimmäisten suoritusasteiden aikana, voidaan harjaantumista todeta tapahtuvan jo aivan lyhyessäkin testaus tilanteessa. Tämä lyhtäikäisen harjoituksen vaikutus ilmenee taulukossa 4., s. 52 esitetyistä keskiarvoista. Käytetyt seitsemän kätevyystestiä ovat sisällyneet testisarjaan, jota on tämän tutkimuksen yhteydessä käytetty selvitetäessä kätevyyskehitystä kouluiän kuluessa. Mainitut keskiarvot ja hajonnat on laskettu alkuperäisten pistelukujen perusteella, joten taulukon perusteella tehtävät johtopäätökset koskevat ensi sijassa koehenkilöittäin *aikaansaannoksia*. Kun jakaantuminen kuitenkin kaikissa näissä testeissä lähenee kussakin ikäryhmässä varsin suuresti normaalia jakaantumista, voitaneen tulokset yleistää jossakin määrin itse suorituskykyjäkin koskeviksi.¹⁾

Keskiarvoista ilmenee, että suoritusaste kasvaa jokaisessa testissä ja jokaisessa ikäryhmässä siirryttäessä ensimmäisestä yrityksestä toiseen, kolmanteen ja neljanteen yritykseen. Lisäys on tosin yleensä niin vähäinen, ettei näinkään suurilla koehenkilöryhmillä (N=100 kussakin neljässä ikäryhmässä) voida edes suoritusasteesta tehdä moniakaan tilastollisesti täysin sitovia johtopäätöksiä. Oppimisen vaikutus on kuitenkin ilmeinen. Keskiarvot osoittavat, että useimmissa testeissä tapahtuu suurempaa suoritusasteen kasvua ensimmäisten kuin viimeisten suoritusasteiden välillä. Sitäpaitsi niistä ilmenee, että suoritusaste lisääntyy kehitykseen verraten suhteellisen paljon. Varsin monissa testeissä todetaan nimittäin se, että jo kolme tai neljä suoritusasteen kohottaa keskiarvon kahta vuotta vanhemman ikäryhmän ensimmäisen yrityksen keskiarvon tasolle. Noin puolitoista tai kaksi minuuttia kestänyt harjoitus vastaa siten suoritusasteen kasvua samaa kuin kahden vuoden kehitys. Vain pallotesti merkitsee tässä suhteessa selvää poikkeusta. Tässä testissä tapahtuu aluksi voimakasta kehitystä siirryttäessä 8-vuotiaista 10-vuotiaisiin, minkä jälkeen kehitys hidastuu 12- ja 14-vuotiaitten saavuttaessa jokseenkin samat keskiarvot.

Hajonnat vaihtelevat verraten paljon esitetyissä viidessä testissä. Vain Santa Ana testi osoittautuu tässä suhteessa poikkeavaksi hajonnan pienentyessä 8- ja

1) Teoreettisesti »oikeaan» käsitykseen pääseminen oppimistapahtumasta edellyttäisi ns. absoluuttisen asteikon käyttöä. Usein kuitenkin tyydytään kätevyystestien yhteydessä operoimaan alkuperäisillä pisteluvuilla (vrt. Tiffin 1947, Vetter & Müller 1954).

Taulukko 4
Table 4

Neljän ensimmäisen suorituskerran keskiarvot ja hajonnat erässä kätevyystesteissä ikäryhmittäin.
Means and standard deviations of the four first trials in some manual skill tests, by age groups.

8-vuotiaat K	8 yr. σ	10-vuotiaat K	10 yr. σ	12-vuotiaat K	12 yr. σ	14-vuotiaat K	14 yr. σ	
Solmiaminen: Tying of knots:								
1. Tr.	7,72±0,27	2,72±0,19	9,45±0,22	2,25±0,16	10,04±0,25	2,55±0,18	11,52±0,28	2,82±0,20
2. >	8,16±0,28	2,75±0,19	9,87±0,22	2,16±0,15	11,11±0,27	2,74±0,19	11,95±0,29	2,86±0,20
3. >	8,83±0,28	2,84±0,20	10,31±0,26	2,55±0,18	11,60±0,28	2,84±0,20	12,58±0,23	2,25±0,16
4. >	9,17±0,27	2,67±0,19	10,33±0,25	2,55±0,18	12,07±0,30	3,04±0,21	12,91±0,25	2,50±0,18
Kiekkosokkelo: Passing through:								
1. Tr.	2,78±0,12	1,20±0,08	4,13±0,16	1,60±0,11	5,11±0,18	1,79±0,13	5,16±0,16	1,60±0,11
2. >	3,34±0,14	1,38±0,10	4,73±0,18	1,79±0,13	5,74±0,17	1,67±0,12	5,84±0,18	1,75±0,12
3. >	4,24±0,15	1,48±0,10	5,62±0,17	1,68±0,12	6,52±0,17	1,71±0,12	6,76±0,17	1,74±0,12
4. >	4,30±0,14	1,43±0,10	5,88±0,16	1,66±0,12	6,56±0,16	1,64±0,12	7,18±0,16	1,56±0,11
Kiekkolauta: Disc board:								
1. Tr.	21,60±0,40	4,04±0,29	26,66±0,48	4,82±0,34	30,92±0,47	4,72±0,33	34,14±0,40	4,03±0,29
2. >	23,54±0,50	5,03±0,36	28,30±0,54	5,37±0,38	31,88±0,42	4,19±0,30	34,68±0,44	4,35±0,31
3. >	25,64±0,48	4,78±0,34	30,42±0,49	4,88±0,34	33,70±0,46	4,65±0,33	37,20±0,41	4,09±0,29
4. >	26,00±0,49	4,93±0,35	31,70±0,53	5,25±0,37	35,16±0,41	4,08±0,29	37,88±0,40	4,05±0,29
Santa Ana:								
1. Tr.	16,14±0,28	2,75±0,19	19,01±0,39	3,95±0,28	21,54±0,33	3,26±0,23	23,70±0,35	3,48±0,25
2. >	17,80±0,27	2,71±0,19	21,06±0,32	3,22±0,23	22,02±0,32	3,20±0,23	25,78±0,31	3,09±0,22
3. >	18,14±0,25	2,55±0,18	21,37±0,30	2,99±0,21	23,16±0,32	3,15±0,22	25,92±0,36	3,63±0,26
4. >	18,77±0,24	2,36±0,17	21,57±0,25	2,49±0,18	23,88±0,32	3,18±0,23	25,98±0,24	2,44±0,17
Pallotesti: The ball test:								
1. Tr.	5,16±0,27	2,75±0,19	7,66±0,29	2,92±0,21	9,69±0,24	2,41±0,17	9,48±0,29	2,87±0,20
2. >	6,08±0,30	3,02±0,21	8,66±0,31	3,13±0,22	10,70±0,29	2,93±0,21	10,90±0,30	3,02±0,21
3. >	6,43±0,34	3,35±0,24	8,83±0,31	3,15±0,22	11,12±0,28	2,79±0,20	11,26±0,31	3,15±0,22
4. >	6,52±0,30	2,96±0,21	9,54±0,33	3,32±0,23	11,52±0,26	2,61±0,18	11,55±0,32	3,14±0,22

10-vuotiaitten ryhmissä oppimisen vaikutuksesta ja suurentuessa 12-vuotiaitten ryhmässä. Verrattaessa ensimmäisen ja viimeisen suorituskerran hajontoja voidaan todeta, että hajonnan lisääntyminen harjoituksen vaikutuksesta on yleensä tavallista jatkuaan pidempään, esimerkiksi kymmeniä tai satoja kertoja, ei näin vähäisen harjoituksen perusteella tietenkään voida tehdä johtopäätöksiä. On kuitenkin ilmeistä — useat työn psykologian piirissä suoritettavat kokeet osoittavat tämän sitovastikin —, että yksilöittäin ilmenevää suoritustilanteen vaihtelua esiintyy vuosiakin kestäneen harjoittamisen jälkeen. Harjoitus ei toisaalta myöskään kykene suurentamaan hajontaa loppumattomiin, koska käden suorituksilla on myöskin tietty ylärajansa.

Kätevyyden edellytyksiä tarkasteltaessa ei voida *karakterologia tekijöitäkään* jättää huomioonottamatta. Kun luonne lyö leimansa ilmaisu- ja lokomotoriikkaan ei ole mitään syytä otaksua, että käsittelymotoriikka ja kätevyys merkitsisivät tässä suhteessa periaatteellista poikkeusta. Yksilöön kohdistettu tarkkailu, tapahtuipa se sitten testaustilanteessa tai jonkin ammatin piiriin liittyvässä elämäntilanteessa, osoittaa päinvastoin, että luonne- ja temperamenttitekijät itse asiassa kietoutuvat kykytekijöihin ja määräävät ilmeisesti kaikkia kätevyystoimintoja (vrt. Meili 1954). Vaikka luonnetekijäin vaikutus on periaatteessa siten helposti osoitettavissa, on kuitenkin heti todettava, ettei tässäkö kohden voida perustaa käsityksiä vielä kyllin tukevalle empiiriselle pohjalle. Psykomotorisiin persoonallisuustesteihin kohdistunut tutkimus (esim. Takala, M. 1953), karakterologian piirissä suoritettavat tutkimukset (Kretschmer 1948) ja eräät käsialatutkimuksen alueella tehdyt havainnot (Lehtovaara 1934) vahvistavat kuitenkin sitä käsitystä, että motorisista on varsin leveitäkin siltoja persoonallisuuteen, kunhan ne vain sopivilla koejärjestelyillä tavoitetaan.

Testaustilanteessa voidaan helposti todeta eroja siinä, miten koehenkilöt asennoituvat kätevyystehtävään. Innostunut työskentelee toisin kuin välinpitämätön, vilkas toisin kuin hiljainen, hätäinen toisin kuin rauhallinen, jännittynyt toisin kuin se, joka tyynenä, levollisena ja luontevana ryhtyy tehtävään. Erilaiset testit näyttävät suosivan erilaisia luonne- ja temperamenttityyppejä. Varsinkin työskentelemissä testissä ilmenevät erot ovat usein silmään pistäviä. Hätäinen ja kiihtynyt voi saavuttaa korkeita pistelukuja, milloin testi ei edellytä nopeuden ohella kovin suurta tarkkaavaisuutta. Yksilö, joka suhtautuu tehtävään maltillisesti ja erikoisella huolella, selviää taas paremmin niistä testeistä, joissa käsiliikkeiden tarkkuus ja käden vakavuus ovat menestyksen tärkeimpiä edellytyksiä. Ilmeistä on, että tällaisella temperamenttiin liittyvällä asennoitumisella on pysyvyyttä, niin että luonne- ja temperamenttierot kantavat yli kunkinhetkisen koetilanteen. Himmelweit (1946) on tässä kohden tavannut erittäin vankkoja yhteyksiä.

Varsin selväpiirteisiä eroja on todettu esiintyvän käsimotoriikassa Kretschmerin tyyppien välillä. Niinpä ns. tremometrikoeksessa, jossa on kuljetettava metallikärkeä kapessa metallilevyyn leikatussa raossa, niin ettei kärki kosketa raon reunoja, osoittautuvat leptosomit taitavimmiksi ja atleetit huonoimmiksi. Ergografikoeksessa leptosomiset koehenkilöt työskentelevät käden voimaa edellyttävissä tehtävissä täsmällisemmin ja tasaisemmin kuin pyknikot. Käsialatutkimukset osoittavat, että pyknikkojen liikkeet ovat joustavampia kuin leptosomien (Kretschmer 1948).

Sheldon (1942) on tyyppiopissaan kiinnittänyt huomiota erilaisten temperamentti-

tyyppien motoriikkaan. Hän mainitsee, että somatotoninen tyyppi, jolle voimakkaasti kehittyneet lihakset ovat rakennetyyppinä tunnusomaiset, omaa ripeät aktiiviset liikkeet. Kerebrotonikko sitävastoin on motorisesti pidättyväisempi, usein suorastaan estynyt. Viskerotonikko on Sheldonin tyypeistä motorisesti heikoin, sillä hän kokee ruumiinharjoitukset epämieluisina ja on liikkeiltään hidas. Ilmeistä on, että somatotonikko soveltuu parhaiten nopeita ja laajoja käsiliikkeitä vaativiin tehtäviin, kerebrotonikko taasen tarkkuutta ja varovaisia liikkeitä kysyviin suorituksiin, kun taasen viskerotonikon lienee vaikea koskaan saavuttaa kätevyuden suhteen kovin korkeata tasoa.

Mikäli voidaan luottaa niihin toteamuksiin, joita edellä on esitetty, muodostuu luonteen vaikutus verraten komplisoiduksi kätevyuden edellytyksenä. Ilmeistä nimittäin on, että tietyn rakenteen ohella juuri luonne sääntelee käsittelymotoriikan yksilöllisiä eroja, ja määrää sekä sitä, miten yksilö toimii, että sitä, mihin hän toimintansa kohdistaa. Merkillepantavaa on se, että jo lapsuudessa esiintyy huomattavia eroja motorisen tekijän piirissä tasapainoisten ja tasapainottomien lasten välillä (Takala-Viinisalo 1953).

Käsittelymotoriikkaa edellyttävien testien ohella on aikaisemmissa tutkimuksissa käytetty varsinaisia karakterologisia testejä perin harvoin. Trankellin (1950) tutkimutuloksista käy ilmi, että eräiden käsittelytestien ja Rorschach-testin osavariaabelien välillä ei vallitse yleensä muuta kuin heikkoja korrelaatioita. Sitävastoin Eysenck (1952) on tutkimuksessaan päätenyt tulokseen, jonka mukaan kätevyystestien korrelaatiot neuroottisuuteen ovat merkitseviä. Himmelweit ja Petrie (1951) ovat puolestaan osoittaneet korrelaatioitten ilmaisu- ja koordinaatio-liikkeitten sekä toisaalta neuroottisuuden välillä kohoavan niinikään merkitseviksi. Todellista riippuvuutta kätevyuden ja luonteen välillä näyttää siis esiintyvän. Yhteyksien yksityiskohtainen selvittäminen vaatii kuitenkin laajoja spesiaalitutkimuksia.

C. Katsaus aikaisempiin kätevyystutkimuksiin.

Jo viime vuosisadan puolella kiinnitettiin differentiaalipsykologian uranuurtajien toimesta huomiota sensoriikkaan ja motoriikkaan, joskin näitä kätevyuden yleisiä edellytyksiä käsiteltiin pikemminkin itsenäisinä kuin muihin suorituskykyihin liittyvinä variaabeleina (esim. Galton 1883, Cattell 1890, Gilbert 1894, Oehrns 1889 ja Ferrari 1896). Varsinaisesti voidaan psykologisen kätevyystutkimuksen katsoa alkaneen vasta 1920-luvulla.

Edellä olemme viitanneet jo useihin aikaisempiin kätevyystutkimuksiin tehdessämme selkoa kätevyuden yleisistä edellytyksistä. Kun omissa empiirisissä tutkimuksissamme käytetään faktorianalyttisiä menetelmiä, tarkastelemme sitä ennen kätevyuden funktiokompleksia aikaisempien kvantitatiivisten tutkimusten valossa. Erikoisesti pyrimme tällöin selvittämään *kätevyuden faktorirakennetta*, minkä johdosta päähuomio on kohdistettava niihin aikaisempiin kätevyys-

tutkimuksiin, joissa on käytetty tai joihin voidaan tässä yhteydessä soveltaa faktorianalyttistä metodia. Kätevyyden alkeisfaktorien selvittämiseksi ja vertailujen helpottamiseksi joudumme suorittamaan eräitten aikaisempien aineistojen faktorianalyysit.

Probleemat, joihin lähinnä kiinnitämme huomiota, ovat seuraavat:

1. Millaiset testit kätevyyttä mitattaessa tulevat kysymykseen?
2. Millainen on kätevyysfunktioitten jakaantumisen luonne erilaisen testien perusteella?
3. Minkä tyyppisiä (suppeita vai laajoja) ovat kätevyyden alkeisfaktorit?
4. Onko kätevyys jo ennen kouluikää jäsentynyt selvästi toisistaan eroaviksi alkeisfaktoreiksi?
5. Voidaanko eri aineistoista tavata faktoreita, jotka vastaavat toisiaan?
6. Mikä on kätevyyden suhde muihin faktorianalyttisesti tutkituihin psyykkisiin funktiokomplekseihin?

Perrin (1921) tutki käden toimintoja yleisen motoriikan osana koettaen samalla selvittää, voidaanko motoriikka tulkita yhden yhteisen faktorin avulla, joka vastaisi Spearmanin yleistä älykkyydfaktoria (g). Erilaisten motorisvoittoisten testien väliset korrelaatiot olivat kuitenkin varsin vähäisiä. Tästä Perrin teki sen johtopäätöksen, että motoriset toiminnot ja käsiaktiiviteetti ovat erittäin spesifisiä, joskin suppealaiset tekijät, kuten kyky suorittaa hienoja ja karkeita liikkeitä ja tiettyjä liikemuotoja sekä yleinen reaktiotapa, ovat myöskin mahdollisia.

Muscio (1922) pyrki niinkään tekemään selkoa motorisluontoisen yleisen faktorin mahdollisesta esiintymisestä erilaisten testien varianssin selittäjänä. Heikkojen korrelaatioitten perusteella hän päätyi samaan tulokseen kuin Perrin. Tämän mukaan motoriset suoritukset vaihtelevat toisistaan riippumatta, eikä yksilön kykyä tietyssä testissä voida yleensä vähäisimmässäkään määrin ennustaa hänen muiden motoristen suoritustensa perusteella. Ei myöskään voida tavata ns. »motorista tyyppiä», sillä ne tapaukset, joissa yksilö osoittautuu säännöllisesti useissa erilaisissa motorisissa toiminnoissa erittäin kyvykkääksi, ovat varsin harvinaisia. Muutamiin signifikatiivisiin (oikea-vasen) korrelaatioihin Muscio ei kiinnittänyt erikoisempaa huomiota.

Yleisen motorisen faktorin olettamuksesta lähti myöskin Garfiel (1923). Motoristen testien välisistä korrelaatioista hän totesi useitten olevan positiivisia, joskin vain ani harvat olivat kohtalaisia. Korrelaatioitten vähäisen positiivisen keskiarvon perusteella Garfiel kuitenkin teki sen johtopäätöksen, että on olemassa runsaasti todisteita yleisen motorisen faktorin olemassaolosta.

Ensimmäisen käsifunktioiden mittaamiseen varta vasten suunnitellun *testisarjan* laati Whitman (1925). Tämä testisarja oli tarkoitettu 7—15-vuotisille koehenkilöille, ja sarjaa koottaessa on seurattu yleensä samantapaisia periaatteita kuin Binet-tyyppisiä älykkyystestistöjä kehiteltäessä.

Schorn (1929) pyrki selvittämään kätevyuden *olemusta* ja sen luonteenomaisia piirteitä sekä spekulatiivisen tarkastelun että korrelaatioanalyysin avulla. Vähäisessä esikokeessaan hän totesi neljän kätevyystestin välisten korrelaatioitten olevan positiivisia, suuruudeltaan .16 — .36. Suurempi tutkimus, joka käsitti seitsemän testiä, johti jokseenkin samanlaiseen tulokseen. Kuitenkin todettiin tässä päätutkimuksessa myöskin negatiivisia korrelaatioita, varsinkin suorituksen nopeuden ja laadun välillä.

Taulukossa 5. on esitetty Schornin korrelaatioitten perusteella suoritettu faktorianalyysi.

T a u l u k k o 5
T a b l e 5

Schornin interkorrelaatioitten faktorianalyysi.

Factor analysis of the intercorrelations reported by Schorn.

Testi Test	I	II	III	h ²
1. Rautalangan taivutus, laatu Bending of a wire, accuracy	64	69	30	89
2. Plastiliinikoe, » Plastiline test, accuracy	00	87	22	81
3. Piirustustesti, » Drawing, quality	09	69	03	48
4. Rautalangan taivutus, aika Bending of a wire, speed.	90	04	16	84
5. Plastiliinikoe, » Plastiline test, speed	34	55	00	32
6. Piirustustesti, » Drawing, speed	00	24	59	41
7. Helmienpujotustesti Stringing of beads	88	11	27	86
8. Ruuvinkiertämistesti Screwing	68	05	38	61
9. Herneitten kaataminen Pouring of peas	00	47	00	22
10. Tremometrikoe Steadiness of hand	37	02	10	15

Faktori I on edustettuna korkein painokertoimin muutamissa sekä nopeutta että tarkkuutta vaativissa testeissä. Varsinkin rautalangan taivutuskokeen nopeusvariaabeli saa tässä faktorissa korkean latauksen, mikä viittaa siihen, että nopeus muodonantokykyä edellyttävissä testeissä on tämän faktorin oleellisin kvaliteetti. Kun myöskin nopeuden ohella tarkkuutta vaativia testejä tavataan tämän faktorin piirissä, voitaneen sitä nimittää tiettyjen kätevyystestien edellyttämäksi nopeus- ja tarkkuusfaktoriksi.

Faktori II esiintyy testeissä, joissa lähinnä suorituksen laatu erilaisissa muodonantokykyä edellyttävissä kätevyystesteissä tulee erikoisesti kysymykseen. Sitä voidaan nimittää muodonantokyvyn tarkkuuden faktoriksi. On varsin todennäköistä, että tämä faktori tulee esille vain niissä kätevyystutkimuksissa, joissa tehdään selkoa materiaalin muokkaamisesta annetun mallin mukaan. Sitä tuskin voitaneen rinnastaa motorisvoittoisen kätevyuden alkeisfaktoreihin, koska nämä funktioryhmät ovat varsin erilaiset.

Faktorilla III on varsin suppea vaikutuskenttä. Latausten perusteella sitä on perin vaikea tulkita. Mahdollisesti kysymyksessä on lähinnä piirustustaidon toimintoihin liittyvä, ehkä varsin spesifinen faktori.

Kommunaliteetit ovat varsin vaihtelevia. Käden vakavuuden testi (tremometrikoe) osoittautuu varsin vähän yhteisistä tekijöistä riippuvaksi, kun taasen jopa neljällä testillä on kommunaliteetti, joka ylittää arvon .80. Tämän mukaan muodonantokykyyn liittyvä kätevyys on suhteellisen suuressa määrin alkeisfaktorien sääntelemää.

Spekulatiivisessa analyysissään Schorn esittää erilaisia kätevyystyyppejä, joiden esiintymisen hän katsoo vähäisen aineistonsa perusteella toteen näytetyksi. Näille tyypeille ei missään myöhemmässä tutkimuksessa ole voitu todeta vastaavuutta.

Tarkastellessaan kätevyuden yleisiä edellytyksiä Schorn toteaa, että sillä, miten käden toimintoja arvostetaan, on erittäin suuri merkitys kätevyuden kehittymiseen. Kömpelöiden koehenkilöiden yhteiseksi piirteeksi hän toteaa avuttomuuden, joka ilmenee siinä tavassa, jolla yksilöt käyvät tehtäviä suorittamaan. Suurimmillaan on tämä avuttomuus yksilöillä, jotka eivät kykene minkään materiaalin käsitteilyyn. Nämä yksilöt Schorn lukee kuuluviksi omaan erikoiseen tyyppiin »kaikin puolin kömpelöt».

Earle & Gaw (1930) suorittivat ensimmäisen laajemman kätevyystutkimuksen. Kh-ryhmiä oli kaikkiaan kuusi. Niitten kokonaisfrekvenssi vaihteli 28—79. Testisarja käsitti (1) nopeustestejä, (2) liike-

testejä, joissa tarkkuus vähentää nopeutta, (3) tarkkuustestejä, (4) sensorisen erotusherkkyyden testejä ja (5) käsivoimatestin.

Testien väliset korrelaatiot ovat enimmäkseen heikkoja, mutta joukossa tavataan kuitenkin useita kohtalaisiakin kertoimia. Hankalaa tetradidifferenssimetodia käyttäen ei tutkijain onnistunut eristää olettamiaan ryhmäfaktoreita, mutta korrelaatioitten keskiarvoja tarkastellen he päätyivät olettamukseen, että juuri tällaiset suppeat ryhmäfaktorit pikemminkin kuin yksi yhteinen tekijä ovat kätevyydelle luonteenomaisia.

Earle'n & Gaw'n tuloksia ei luonnollisestikaan voida täysin tarkastaa modernin faktorianalyysin avulla, mutta olemme kuitenkin suorittaneet kuusi faktorianalyysia, jotka tuovat esiin kunkin kh-ryhmän alkeisfaktorit. Niitä tarkastelemalla voidaan saada orientoivaa tietoa kätevyuden faktorien kehittymisestä siirryttäessä nuoremmista kh-ryhmistä vanhempiin. Nämä faktorit, jotka on saatu suorakulmaisista akseleista suoritettujen rotaatioiden tuloksena nähdään taulukossa 6.

Alkeisfaktoreita tarkastelemalla voidaan todeta, että 13-vuotiaitten ryhmässä on jokaisessa kaksi selvää alkeisfaktoria, kun taas kolmas alkeisfaktori on varsin suppea esiintyen vain yhdessä testissä korkeammin latauksin. Laajin vaikutuskenttä on kussakin ryhmässä ensimmäisellä alkeisfaktorilla. Sillä on merkittävä painokerroin kaikissa nauhalautatesteissä. Kysymyksessä on ilmeisesti kätevyysfaktori MD, jonka yksityiskohtaisempaan tulkintaan ei testien vähälukuisuuden takia kuitenkaan ole mahdollisuutta.

Toiset alkeisfaktorit ovat jonkin verran epäyhtenäisemmät, sillä faktori II on eri ikäryhmissä edustettuna usein eri testeissä. Näyttää kuitenkin siltä, että kysymyksessä on nakutusfaktori (T), joka lataa lähinnä nopeata edestakaisliikettä vaativia testejä ja kiertotestiä.

Faktori III esiintyy selvempänä alkeisfaktorina vain 14- ja 16-vuotiaitten ryhmässä. Tälle faktorille ei voida esittää yhtenäistä tulkintaa, sillä se on edustettuna eri ikäryhmissä tavallisesti eri testeissä.

Kommunaliteetit vaihtelevat jonkin verran sekä testeittäin että ikäryhmittäin, mikä ilmeisesti on pantava pääasiassa vähäisten kh-ryhmien tilille. Kun varsin monien testien kommunaliteetti ylittää arvon .50, ei kätevyyttä voida pitää erikoisen spesifisenä funktiokompleksina, vaan alkeistekijät näyttävät soveltuvan parhaiten kätevyystestien varianssin selittämiseen.

Earle & Macrae (1930) suorittivat vähäisen tutkimuksen, joka oli varsinaisesti suunniteltu teknillisen suorituskyvyn faktorirakenteen selvittämiseen, mutta joka sisälsi lisäksi kaksi kätevyystestiä. Kum-

Taulukko 6.
Table 6.

Rotatoidut faktorimatriisit Earlen ja Gaw'n interkorrelaatioiden mukaan.
The rotated factors, computed from the correlations reported by Early & Gaw.

Testit Tests	Ikä ja sukupuoli Age and sex	13;10 pojat boys				13;10 pojat boys				13;10 tytöt girls				14;00 pojat boys				14;5 pojat boys				16;00 pojat boys			
		I	II	III	h ²	I	II	III	h ²	I	II	III	h ²	I	II	III	h ²	I	II	III	h ²	I	II	III	h ²
1. Naulalauta, vaikeutettu		58	00	30	43	42	-20	-04	22	77	11	10	60	40	45	69	81	51	37	09	40	57	06	04	33
2. Naulalauta, tavallinen kh:ä kohti.....		66	36	-06	57	46	00	-36	34	61	18	-01	39	41	00	64	57	55	23	40	51	45	14	-27	30
3. Naulalauta, pinsettiote eri sormia käyttäen..		59	21	-05	40	69	16	-07	50	36	64	-14	53	77	-07	00	58	48	00	39	38	55	16	00	32
4. Naulalauta, tavallinen vasemmalta oikealle .		58	-02	10	34	58	49	15	59	45	60	01	55	55	34	27	50	37	31	17	26	57	00	-58	65
5. Nakutus etusormella		-20	59	40	55	42	36	21	36	-10	00	78	62	15	71	10	52	-02	67	20	48	10	75	-03	57
6. Nakutus muilla sormilla		09	92	00	86	00	03	29	08	10	-08	26	08	08	75	45	75	00	49	21	27	19	00	35	16
7. Ruuvaustesti, sormien, peukal. ja rant. liike		09	57	28	53	00	00	61	37	42	00	00	26	00	53	00	27	00	49	42	41	03	65	18	45
8. Naulalauta, taktiilinen		74	20	31	68	49	53	17	54	45	21	27	31	63	05	08	40	49	18	26	33	02	15	15	05
9. Taktiilinen erotusher- kyys (hiekkapaperilla)		-28	-19	19	14	-05	33	03	11	-09	33	04	12	-14	-14	44	22	58	18	00	36	-05	-38	61	60

1. Pegboard, (made more difficult). 2. Pegboard, ordinary, towards subject. 3. Pegboard, using thumb and different fingers. 4. Pegboard, ordinary, from the left to the right. 5. Tapping with index finger.
6. Tapping with other fingers. 7. Twisting movements of finger and thumb, with wrist action. 8. Pegboard, tactil.
9. Tactil discrimination (with fine and coarse textures).

mankin tässä tutkimuksessa käytetyn kätevyystestin korrelaatiot kaikkiin muihin testeihin olivat positiivisia, yleensä kuitenkin heikkoja. Selvittääkseen käsittelytestien ja muiden tutkimuksessa käytettyjen testien välistä keskimääräistä korrelaatioisuutta muodostivat tutkijat käsittelytesteistä yhdistetyn variaabelin, johon mainittujen kahden kätevyystestin lisäksi liitettiin vielä liikenopeuden variaabeli. Näin saatu yhdistetty variaabeli korreloi voimakkaimmin Stenquistin asennustestiin (.32). Keskimääräinen korrelaatio ei-sanallisiin älykkyystesteihin oli .29, sanallisiin .23 ja avaruudellisiin testeihin .23. Korrelaatioitten perusteella Earle & Gaw tekevät sen johtopäätöksen, että kaikki sellaiset testit, jotka edellyttävät kappaleitten asentamista, riippuvat jossakin määrin kätevyydestä.

Kätevyyden ja asennustestin läheinen yhteenliittyminen käyvät selvästi ilmi sen faktorianalyysin tuloksesta, jonka Björnsjö (1951) on suorittanut analysoimalla Earlen ja Gaw'n korrelaatiomatriisin faktorianalyysillä. Eristetyistä ja suorakulmaisoin akselin rotatoiduista faktoreista on faktori II varsin selvästi kätevyystekijä. Mainitulla faktorilla on nimittäin merkitsevät painokertoimet asennustestissä, kätevyystesteissä ja liikenopeuden testissä. Tämän analyysin mukaan kätevyys liittyy I:n faktorin piirissä älykkyyteen, kun sitävastoin raja kätevyuden ja avaruudellisen hahmotuskyvyn välillä näyttää kovin jyrkältä.

Langdon (1932) päätyi kätevyystutkimuksessaan tulokseen, joka näytti vahvistavan Garfielin (1923) olettamusta yhden yhteisen faktorin esiintymisestä, jonka avulla voitaisiin verraten tyhjentävästi selittää kätevyuden varianssi. Hän käytti tutkimuksessaan kahta kh-ryhmää. Toinen käsitti 60 poikaa (ikä noin 16 vuotta), toinen 47 tyttöä (keski-ikä noin 16 vuotta). Kummankin ryhmän tuloksista laskettiin korrelaatiot, tarkasteltiin näitten keskiarvoja sekä suoritettiin faktorianalyysit tetradidifferenssimetodin avulla.

Faktorianalyysinsä perusteella Langdon päätyi tulokseen, johon hänen käyttämänsä metodi näyttää yleensä johtavan, nimittäin yhden yleisen faktorin toteamiseen kaikissa kätevyystesteissä. Yhteisen faktorin ohella esiintyy lisäksi kullekin testille ominainen erityistekijä jokaisessa testissä. Ryhmätekiäin esiintymisestä, johon useat muut tutkijat olivat viitanneet, ei Langdon mainitse mitään.

Taulukoissa 7. ja 8. on esitetty rotatoidut alkeisfaktorit, jotka on saatu suorittamalla Langdonin interkorrelaatioitten uudelleenanalysointi sentroidimetodin avulla. Kummassakin kh-ryhmässä on eristetty kolme faktoria. Näistä on ensimmäinen alkeistekijä edustettuna varsin monissa testeissä, ja sitä voidaan nimittää *kätevyystekijäksi*

Taulukko
Table 7

Langdonin esittämien interkorrelaatioitten faktorianalyysi. Pojat, 16 vuotta.
Rotatoitu matriisi.

Factor analysis of the intercorrelations reported by Langdon. Boys, aged 16.
Rotated matrix.

Testit Tests	I	II	III	h ²
Asennustesti	62	02	15	42
Links and spindles				
Renkaiden pujottaminen, oikea	70	22	00	55
Rings. Right.				
Renkaiden pujottaminen, vasen	49	49	17	51
Rings. Left.				
Tulitikkujen pistäminen reikiin, oikea	53	53	19	59
Match Insertion. Right.				
Tulitikkujen pistäminen reikiin, vasen	32	65	25	59
Match Insertion. Left.				
Tulitikkujen pakkaaminen laatikkoon, oikea	27	27	60	50
Placing matches in a box. Right				
Tulitikkujen pakkaaminen laatikkoon, vasen	37	16	48	40
Placing matches in a box. Left.				
Älykkyystesti	—11	20	55	35
Intelligence test				

MD. Muut faktorit, II ja III, ovat kummassakin ryhmässä vaikeammin tulkittavia alkeisfaktoreita, joiden esittämiseen ei Langdonin menetelmän avulla ole ollut mahdollisuuksia.

Poikien ryhmän II faktori on ilmeisesti *tarkkuusfaktori*, jonka vaikutus on tuntuvin vasemman käden suorituksissa. Tämän ryhmän III faktori on taasen *älykkyysfaktori*, joka omaa suppean vaikutuskentän, mutta viittaa samalla kätevyuden ja älykkyuden faktoriaaliin yhteyksiin.

Tyttöjen ryhmän II:ta faktoria voitaneen pitää lähinnä yksinkertaisen *sormimotoriikan faktorina*, joka ilmeisestikin vastaa eräitä Earle'n & Gaw'n aineistosta tavattuja sormimotoriikan alkeisfaktoreita. Edestakaisen liikkeen nopeus on tämän nakutusfaktorin oleellisin kvaliteetti. Tyttöjen III alkeistekijä vastaa lähinnä Schornin aineistossa esiintyvää *tarkkuusfaktoria*.

Tämäkin analyysi osoittaa, että kätevyystestien varianssia ei voida selittää yhden ainoan alkeisfaktorin kautta, eikä se myöskään ole pelkästään spesifistä, vaan suppeahkoissakin testisarjoissa on todettavissa useita alkeisfaktoreita.

Taulukko 8
Table 8

*Langdonin esittämien interkorrelaatioitten faktorianalyysi. Työt, 16 vuotta.
Rotatoitu matriisi.*

Factor analysis of the intercorrelations reported by Langdon. Girls, aged 16.
Rotated matrix.

Testit Tests	I	II	III	h ²
Helmien pujottaminen näkemättä	62	06	44	58
Beads Hidden				
Solmiaminen	59	00	48	58
Knotting				
Tulitikkujen pakkaaminen laatikkoon	35	28	00	21
Matches in Box				
Mutteri- ja pulltitesti (asennus)	61	11	00	37
Nuts and Bolts				
Renkaiden pujottaminen	83	16	02	71
Rings and Rod				
Tulitikkujen pistäminen reikiin	51	43	03	45
Match Insertion				
Helmien pujottaminen tavallisesti	54	04	50	55
Beads not Hidden				
Naulojen pistäminen reikiin	39	58	00	49
Peg Insertion				
Naulojen poistaminen	39	72	22	73
Peg Removal				
Nakutustesti	02	72	27	59
Tapping				
Älykkyystesti	23	—08	—29	14
Intelligence				

Cox (1934) tutki käsittelytaitoja mekaanisia asennustestejä ja rutiini-asennustestejä käyttäen. Tulokset hän on käsitellyt laskemalla eri testien väliset korrelaatiot, määrättyjen testiryhmien väliset keskimääräiset korrelaatiot ja suorittamalla useita faktorianalyyssejä hankalaa tetradidifferenssimetodia käyttäen.

Cox toteaa, että hänen aineistonsa perusteella voidaan olettaa ainakin viiden eri faktorin esiintyvän testien varianssin aiheuttajana. Näistä on laajin vaikutuskenttä *yleisellä faktorilla*, joka esiintyy kaikissa testeissä yksinkertaisimpia käden toimintoja lukuunottamatta. Tämän yleisen faktorin lisäksi, sen ohella, esiintyy *kaksi ryhmäfaktor*ia,

joista toinen on edustettuna mekaanista probleemanratkaisukykyä edellyttävissä testeissä, toinen lähinnä rutiinioperaatioita edellyttävissä käsittelytoiminnoissa. Näiden faktorien lisäksi Cox pitää todennäköisenä, että kaksi suppea-alaista ryhmäfaktoria esiintyy hänen testiensä varianssin aiheuttajina. Viimeksimainituista kumpikin erikseen lataa kahta samanlaisia liikkeitä edellyttävää yksinkertaista käsittelytestiä. Mainittujen viiden faktorin ohella on lisäksi otettava huomioon spesifinen tekijä, joka on kullekin testille ominainen. Cox mainitsee, että tämän erityistekijän osuus on suurin yksinkertaisimmassa käden toiminnoissa, jotka liittyvät rutiiniluontoisiin purkamistesteihin sekä yksinkertaisimpiin käsittelytesteihin.

Suorittamamme Cox'in rutiinitestien ja yksinkertaisten kätevyys-testien faktorianalyysi osoittaa pääasiassa kahden faktorin aiheuttavan testien varianssia. Faktori I on verraten yleinen *kätevyys*faktori, joka esiintyy pääasiassa erilaisissa asennus- ja purkamistesteissä. Faktori II taasen on *yksinkertaisempien käsittelytoimintojen* faktori, jota voidaan pitää lähinnä *nopeustekijänä*. Varsin monet testit ovat molemmista tekijöistä riippuvia.

Kommunaliteetit vaihtelevat Cox'in testeissä verraten paljon, useimmiten arvot kuitenkin ylittävät .50:n. ●n mahdollista, että faktorien vähälukuisuus ja osittain myöskin kommunaliteettien suhteellisen korkeat arvot johtuvat osittain siitä, että yli puolet testeistä on sellaisia, joissa askarrellaan yhden ja saman testivälineen, lampunpitimen, parissa.

Attenborough & Farber (1934) tutkivat kielellisten, kätevyys- ja mekaanisten suorituskykyjen välistä suhdetta laajajohdolla testisarjalla, joka sisälsi seitsemän varsinaista kätevyystestiä muiden testien ohella. Koehenkilöryhmä käsitti 80 apukoulun poikaoppilasta, joiden EI oli 10;0—14;5 vuotta.

Tutkimus osoitti, että yleisen älykkyyksfaktorin (g) ohella on olemassa toinenkin faktori, joka on yhteinen kätevyys- ja mekaanisen lahjakkuuden testeille. Kun nimittäin g-faktorin vaikutus eliminoidaan korrelaatioista, jäävät ne edelleen positiivisiksi, .06—.38 suuruiseksi. Tätä faktoria on Attenborough'n & Farberin mielestä pidettävä kätevyuden ryhmätekijänä.

Tutkiessaan kätevyuden ja motoriikan välistä suhdetta Attenborough & Farber totesivat kätevyuden ja nakutustestin välisen korrelaation olevan kohtalaisen (.41). Niinikään kätevyuden ja käden vakavuuden välinen korrelaatio oli merkitsevä, joskin vähäisempi (.27). Näistä korrelaatioista he päättelivät, että kätevyydellä ja motoriikalla on yhteinen tekijä.

Taulukko
Table 9

*Attenborough'n ja Farberin esittämien interkorrelaatioitten faktorianalyysi.
Rotaatio suoritettu suorin akselein.*

Factor analysis of the correlations reported by Attenborough and Farber. Rotation has been effected by making use of orthogonal axes.

Testi	I	II	h ²
1. Naulojen sijoittaminen, parempi käsi	83	01	70
2. » » heikompi käsi	84	00	71
3. » » 3 kpl. molemm.	65	43	60
4. Kiekkolautatesti	41	50	42
5. Mutterien ja pulttien irroitus	40	33	27
6. Mutterien ja pulttien kiinnitys	25	57	39

Taulukossa 9. esitetyt Attenborough'n ja Farberin aineiston perusteella lasketut rotatoidut faktorit osoittavat verraten yleisen faktorin (I) esiintyvän kaikissa testeissä. Toinen faktori (II) sitävästoin liittyy testeihin, joissa on työskenneltävä molemmilla käsillä. Sitä voitaneen pitää *käsiliikkeitten ko'ordinaatiofaktorina*. Testien vähälukuisuuden tähden tarkempi tulkinta tai yksityiskohtainen vertailu ei ole mahdollinen.

Buxton (1938) sovelsi Thurstonen kehrittelemää faktorianalyyttistä metodia suppeaan, motorisia kykyjä mittaavaan testisarjaan. Testit oli valittu siten, että ne sisälsivät sekä yksinkertaisia että komplisoituja tehtäviä. Edelleen pyrittiin välttämään väsymyksen aiheuttamat haittavaikutukset ja motivoimaan koetilanteet mahdollisimman hyvin optimaalisten tulosten saavuttamiseksi. Yleensä testit edellyttivät vain erilaisia *sarja- ja toistamistoimintoja*, joihin ei liittynyt mitään valinta- tai teknillisiä funktioita. Testit toistettiin kuusi tai kahdeksan kertaa ja tavallisesti neljän parhaan suorituksen keskiarvo valittiin pisteluvuksi.

Faktorianalyysillä Buxton eristi kuusi tekijää, joista vain kahdella on riittävän korkeita painokertoimia faktorien tulkitsemiseksi. Nämä faktorit ovat *vakavuusfaktori ja käsittelyfaktori*. Eräs faktori näyttää liittyvän laajoihin kyynärvarren ja olkapään sekä olkapään liikkeisiin. Ballistisilla käsiliikkeillä, ranteen kiertoliikkeillä sekä pakkaustoiminnoilla näyttää niinkään olevan omat faktorinsa. Mitään yleistä faktoria ei motoriikassa sitävästoin Buxtonin tutkimuksen mukaan voida todeta esiintyvän.

Buxtonin toteamus samanlaisten liikemuotojen ryhmittymisestä tietyiksi faktorikokonaisuuksiksi on sittemmin voitu sitovasti todistaa. Niinpä Greene (1939) totesi tutkiessaan erikoisesti käden tarkkuutta ja ballististen liikkeitten nopeutta, että nämä funktiot ovat toisistaan riippumattomia muutamissa tilanteissa. Kahdessa analyysissä, jotka suoritettiin saman, 394 14-vuotiasta poikaa käsittävän koehenkilöstön suoritusten perusteella, eristi Greene viisi faktoria. Edellämäinittujen tarkkuus- ja nakutusfaktorien lisäksi todettiin myöskin induktiofaktorin, optiseen analyysiin liittyvän tavoittamisfaktorin ja kaksikäisyysfaktorin aiheuttavan käytettyjen testien varianssia. Varsinkin viimeksimainittu, molempien käsien samanaikaiseen toimintaan liittyvä faktori on kätevyuden teorian kannalta mielenkiintoinen. Kun Greenen testistö käsitti vain 12 testiä, eivät tekijät ole riittävästi ylideterminoituja. Toisaalta kuitenkin samojen tekijäin esiintyminen analyysissä, joka suoritettiin ensimmäisen suorituskerran tulosten perusteella, ja toisessa analyysissä, joka suoritettiin neljännen suorituskerran antamien tulosten perusteella, lisää tekijäin luotettavuutta.

Harrell (1940) tutki mekaanista suorituskyykyä testisarjalla, joka käsitti lukuisia kätevyystestejä sekä runsaasti muitakin variaabeleita. Koehenkilöryhmän muodosti 91 puuvillatehtaan koneasentajaa, joiden keski-ikä oli 30.5 vuotta (vaihteluväli 19—51 vuotta).

Kaikkiaan 37 variaabelin testisarjasta eristettiin viisi faktoria, jotka rotatoitiin sekä suoria että vinoja akseleita käyttäen. Rotatoituissa faktoreissa on yksi varsin selväpiirteinen kätevyysfaktori. Sillä on merkitsevät lataukset seuraavissa testeissä:

Naulalauta, parempi käsi.

Naulalauta, heikompi käsi.

Naulalauta, molemmat kädet.

Kiekkolauta.

Niittien purkaminen.

Niittien kokoaminen.

Ruuvaaminen.

Pakkaaminen.

Nakutus, (merkittävä kolme pistettä ympyröihin).

Pisteitys, (merkittävä piste niin moniin epäsäännöllisesti sijoitettuihin ympyröihin kuin suinkin).

Tämä faktori on varsin laaja. Useimmat sen piiriin kuuluvat testit edellyttävät pääasiassa sormien nopeita ja tarkoin ohjattuja liikkeitä. On ilmeistä, että nimitys Agility (Manual Dexterity), jota Harrell on

käyttänyt ei tässä yhteydessä ole oikea, vaan ilmeisestikin on kysymyksessä sorminäppäryysfaktori (Finger Dexterity).

Useat kätevyystestit ovat Harrelin analyysissa saaneet merkitsevän latauksen myöskin mekaanisen kokemuksen faktorissa, mikä viittaa siihen, että *harjoitus ja oppiminen* sääntelevät käsittelymotorisia funktioita vielä varttuneissakin ikäryhmissä.

Ensimmäinen laaja motoriikkaa koskeva tutkimus, jossa on käytetty tähän tutkimuskohteeseen erittäin hyvin soveltuvaa Thurstonen faktorianalyysia, on Seashoren, Buxtonin ja McCollomin suorittama (1940). Testistö on varsin monipuolinen käsittäen yksinkertaisen reaktioajan, nakutuksen, nopeiden lihasko'ordinaatioiden, kehon vakavuuden sekä mekaanisen lahjakkuuden mittaamiseen tarkoitettuja testejä. Vaikka testeissä ei ole yhtään varsinaista komplisoitua kätevyystestiä, valaisevat tulokset kuitenkin kätevyuden motorisia edellytyksiä.

Faktorianalyysissa eristettiin kuusi tekijää, joista viisi tulkitaan seuraavalla tavalla:

1) yksinkertaisten reaktioitten faktori. Ärsykkeet voivat kuulua eri aistialueille, joten faktori ei liity erityisesti mihinkään tiettyyn modaaliin.

2) yksinkertaisten, yhdessä tasossa suoritettujen, lyhyitten edestakaisten liikkeitten faktori. Liikkeet, joissa tämä faktori on edustettuna, tapahtuvat sormilla, kämmenellä ja kyynärvarrella.

3) laajempien edestakaisten kyynärvarsi- ja käsiliikkeitten faktori. Liikkeet ovat komplisoidumpia kuin edellisessä faktorissa, ja ne tapahtuvat joko yhdessä tai kahdessa eri tasossa, joskus voi kolmekin tasoa tulla liikehahmossa kysymykseen.

4) vakavuuden ja tarkkuuden faktori.

5) avaruudellisten suhteitten käsittelytaidon faktori.

Nämä faktorit näyttävät vastaavan funktionaalisia, tiettyihin toimintoihin kuuluvia yhdenmukaisuuksia eikä anatomisia yksiköitä. Motoriikan osalta ne osoittavat kiistattomasti, että yksilöiden väliset erot käyvät yksinkertaisimpienkin liikkeiden alueella siinä määrin samaan suuntaan, että tiettyjä toiminnallisia ryhmittymiä voi muodostua. Ne vastaavat Perrinin parikymmentä vuotta aikaisemmin esittämää käsitystä motoriikan luonteesta.

Kun motoriikka epäilemättä on eräs kätevyuden perusedellytyksiä, on ilmeistä, että ne tekijät, joita tavataan motoriikassa, kietoutuvat varsinkin motorisvoittoiseen kätevyyteen aiheuttaen jonkin verran näitten komplisoitujen käsittelymotoristen toimintojen varianssia. Tällöin muodostuu kiintoisaksi kysymys, *mitkä motoriset tekijät* liitty-

vät erilaisiin kätevyystekijöihin ja mikä yleensä on yksinkertaisten motoristen ja komplisoitujen kätevyysvariaabelien välinen suhde. Tähän ongelmaan on alettu vasta aivan viime aikoina kiinnittää intensiivistä huomiota (Hempel & Fleishman 1955).

Meili (1944 ja 1951) kohdistaa jonkin verran huomiota kätevyuden analysoimiseen, joskaan hän ei noudata kokemusperäistä faktoripsykologista menetelmää, vaan tyytyy kätevyuden eräiden puolien kvalitatiiviseen tarkasteluun. Hänen käsityksensä mukaan motoriikka on kätevyuden perustekijä. Motoriikan lisäksi kätevyyteen vaikuttavat lisäksi aistihavainnot, älykkyys sekä luonne. Erikoisesti Meili korostaa sen joustavuuden merkitystä, millä liikkeet mukautuvat aistien antamiin tietoihin. Hän viittaa myöskin yksilöiden välisiin eroihin mainiten, että esiintyy aina koehenkilöitä, joiden liikkeet soveltuvat erinomaisen hyvin automatisoituviin suorituksiin, kun taasen muodonantokykyä edellyttävät tehtävät ovat heille liian vaikeita.

Meili kiinnittää myöskin kätevyuden harjoittamismahdollisuuksiin huomiota. Hän mainitsee todenneensa, että työt, jotka edellyttävät vähäisintäkin välineitten käyttöä, ovat verraten suuressa määrin harjoiteltavissa, kun taasen ne työt, joissa tulee kysymykseen vain yksinkertainen motoriikka ja joissa materiaalia muotoillaan vain sormien eikä työvälineitten avulla, ovat vain vähän harjoituksen avulla kehitettävissä.

Käsitellessään luonteen ja kätevyuden välistä suhdetta Meili toteaa, että rauhallinen työskentelee toisin kuin kiihtynyt ja että huolellisuus, kärsivällisyys sekä pyrkimys joko esteettiseen tai asialliseen tarkkuuteen on perin yksilöllistä, minkä vuoksi näihin seikkoihin on kiinnitettävä ammatinvalinnassa erikoista huomiota. Hän korostaa edelleen sen seikan merkitystä, että voidaan todeta tiettyä erityistä soveltuvuutta määrättyjen raaka-aineitten käyttöön, mikä ilmenee siinä, että joku käsittelee paremmin metallia, toinen yksilö taasen puuta tai muita pehmeämpiä aineita.

Melton (1947) on suorittanut useita tutkimuksia, joissa on käytetty motorisvoittoista kätevyyttä edustavia testejä muita lahjakkuudenaloja edustavien testien ohella. Hänen tuloksensa koskevat säännöllisesti miespuolisia koehenkilöitä, jotka ovat juuri varttuneet aikuisiksi, ja kokeet on suoritettu useimmiten soveltuvuuskokeina koehenkilöiden astuessa armeijan palvelukseen tai suorittaessa sotapalvelustaan. Populaatiot ovat yleensä varsin suuria, usein yli tuhat koehenkilöä, joten tulokset ovat tilastollisesti varsin luotettavia.

Kätevyystestit ryhmittyvät omaksi tekijäkseen, joka on erittäin sel-

värajainen, kahdessa faktorianalyysissa, jotka käsittävät yksinkertaisten kätevyystestien ohella joukon teknillis-mekaanista käsittämiskykyä edustavia testejä. Kätevyystestien kommunaliteettiarvot vaihtelevat .10 — .50. Kun kätevyystestien kätevyystekijässä saamat painokertoimet ovat .34 — .52 suuruisia, voidaan todeta, että muut tekijät, lähinnä erilaiset teknillis-mekaaniset ja ilmeisesti toisaalta motoriset tekijät, aiheuttavat useimpien testien varianssista suuremman osan kuin varsinainen kätevyystekijä.

Melton esittää myöskin laajahkon, miltei yksinomaan kätevyystestejä käsittäneen testistön faktorianalyysin tulokset. Tässä analyysissa on käytetty materiaalia, joka on saatu testaamalla 233 asepalveluksessa olevaa miespuolista koehenkilöä. Tutkimus on alun perin käsittänyt 30 testiä, joista 18 on valittu analyysin suorittamista varten. Eri testien väliset korrelaatiot vaihtelevat verraten paljon (— .26 — +.61). Pääosa korrelaatioista on kuitenkin positiivisia ja näistä noin 1/5 ylittää arvon .30.

Faktorianalyysissa, joka on suoritettu Thurstonen sentroidimetodia käyttäen, Melton on eristänyt viisi faktoria, joista neljä on tulkittavissa seuraavasti:

I faktori on havaintokyvyn faktori, joka ei ole edustettuna merkitsevin painokertoimin missään varsinaisessa kätevyystestissä.

II faktori on verbaalisen älykkyyden faktori. Tämä faktori on merkitsevin painokertoimin edustettuna vain kahdessa testissä, jotka eivät edellytä kätevyyttä.

III faktori on motoriikkaan liittyvä nakutusfaktori, joka on edustettuna vain sormella ja ranteella suoritetuissa nakutustesteissä.

IV faktori on selvä k ä t e v y y s f a k t o r i, jolla on tässä testistössä varsin laaja vaikutuskenttä. Se on merkitsevin painokertoimin edustettuna seitsemässä kätevyystestissä, joissa kaikissa on suoritettava erilaisten kappaleitten käsittelyä, tavallisimmin nappuloitten siirtämistä paikasta toiseen ja niitten sijoittamista määrättyihin kohtiin ja tiettyihin asentoihin.

Kätevyyden funktionaalinen erikoisuus käy erittäin selvästi ilmi siitä tosiasiasta, ettei Meltonin analyysissa kätevyystekijä esiinny kummassakaan nakutustestissä eikä myöskään vaakavuustestissä. Ilmeistä on, että yksinkertaisen motoriikan ja kätevyuden välinen *eriytyminen* on tällä kh-ryhmällä jo edistynyt uusia alkeisfaktoreita muodostavalle asteelle. Meltonin kätevyystekijä on toisaalta yhtä selvästi erossa havaintotekijän lataamista variaabeleista, kuin verbaalisen älykkyydestekijän lataamista variaabeleista. Erittäin merkittävä seikka on se,

että kätevyys ei, kätevyystestien kommunaliteettien mukaan, jotka useimmiten ylittävät arvon .50, ole suinkaan spesifistä, vaan pääasiassa yhdestä alkeistekijästä riippuvaa. Kun eristetyt tekijät tässä analyysissä ovat huomattavasti ylideterminoituja ja kun toisaalta on syytä otaksua, että tässäkin analyysissä on tapahtunut kommunaliteettien vähentyminen ja spesifisten tekijäin kautta selittyvän varianssin lisääntyminen, on kätevyuden riippuvuutta lähinnä alkeistekijöistä pidettävä empiirisenä havaintona.

Kun Meltonin käyttämät kätevyystestit kuitenkin aivan selvästi edellyttävät vain erästä suhteellisen samanlaista ja verraten rajoitettua toimintoa, nimittäin erilaisten kappaleitten siirtämistä paikasta toiseen, olisi ehdottomasti väärin otaksua hänen saavuttamiensa tulosten perusteella, että kätevyys on vain yhdestä ainoasta alkeistekijästä riippuvaa. Päinvastoin osoittavat jo useat edellä suoritettut ja myöhemmin suoritettavat analyysit, jotka perustuvat testiaineksen suhteen useampia funktioita edustaville testistöille, että kätevyyttä siinä mielessä, kuin sitä tässä tutkimuksessa käsitellään, on pidettävä useista alkeistekijöistä riippuvana funktiokompleksina. Jo tässä yhteydessä on syytä todeta, että faktorianalyysin avulla saavutetut tulokset riippuvat siitä, miten testien valinta on suoritettu. Kätevyys voi osoittautua vain yhdestä alkeisfaktorista riippuvaksi, jos valitaan verraten vähän toisistaan eroavia testejä ja nämä käsitellään muitten, huomattavasti erilaisten suorituskyykyjen yhteydessä.

Varsin selvänä esimerkkinä siitä, miten menetelmät vaikuttavat tuloksiin, joita faktorianalyysin avulla kätevyydestä niinkuin muistakin suorituskyyvyistä saadaan, mainittakoon tässä kaksi analyysia, jotka perustuvat samalle aineistolle.

Toisen analyysin suoritti Goodman (1947) käyttäen MacQuarrietestisarjaa, joka käsitti seuraavat seitsemän testiä:

- (1) Tracing (seurattava kynällä määrättyä reittiä),
- (2) Tapping (nakutus, 3 pistettä merkittävä pieniin ympyröihin),
- (3) Dotting (pisteitys, merkittävä piste useihin ympyröihin),
- (4) Copying (jäljentäminen, jäljennettävä nelikulmioita annettuun pistekaavioon),
- (5) Location (sijoittaminen, merkittävä pisteitä neliöihin määrättyä ohjetta seuraten),
- (6) Blocks (avaruudellista hahmotuskyykyä edellyttävä testi) ja
- (7) Pursuit (sokkeloviivojen seuraaminen).

Faktorianalyysissä eristettiin kolme tekijää, jotka rotatoitiin suorakulmaisiksi akseliksi. Faktori III on verraten selvärajainen tavoittamis-

faktori (Aiming, Ai). Goodman nimittää sitä kontrolloidun käsittelyliikkeen faktoriksi (Controlled Manual Movement). Laaja avaruudellinen faktori (II) on edustettuna kaikissa testeissä, mikä viittaa käsittelytoimintojen ja avaruudellisen hahmotuskyvyn välisiin yhteyksiin. Suppea visuaalinen faktori (Visual Inspection) on edustettuna vain kolmessa testissä (1., 3. ja 7.).

Chapmanin (1948) analyysi, joka on suoritettu pääakselikomponenttimetodilla eikä sentroidimetodilla, kuten Goodmanin analyysi, tuo esiin kolme faktoria, jotka vinoilla akseleilla rotatoiden ovat osittain eri testeissä ryhmittäviä kuin Goodmanin faktorit. Aiming-faktorit vastaavat molemmissa tutkimuksissa toisiaan. Chapmanin analyysissä on tullut esiin kuitenkin toinenkin käden toimintoihin liittyvä faktori, jota Capman nimittää käden notkeuden tai havaintonopeuden faktoriksi (Manual Agility or Speed of Perception). Korkea alkeisfaktorien välinen korrelaatio avaruudellisen ja kätevyysfaktorin välillä (.68) viittaa jälleen käden toimintojen ja avaruudellisen hahmotuskyvyn välisiin yhteyksiin.

Björnsjön (1951) tutkimuksessa, joka kohdistui lähinnä avaruudellisen, teknillisen ja käytännöllisen lahjakkuuden selvittämiseen, on käytetty useita käsittelymotoriikkaa edellyttäviä testejä. Nämä testit korreloivat positiivisesti keskenään, ja niitten korrelaatiot älykkyystesteihin ja avaruudellisiin testeihin ovat miltei aina positiivisia. Björnsjön suorittama faktorianalyysi ei ole johtanut aivan selvärajaisen kätevyysfaktorin esiintymiseen, mutta VI:lla faktorilla on kuitenkin signifiikatiiviset painokertoimet viidessä käsittelykykyä edellyttävässä testissä. Tämä faktori, jota Björnsjö pitää lähinnä rutiinioperaatioiden faktorina, rajoittuu pääasiassa käsittelytesteihin, joten se nähdäksemme voitaisiin hyvinkin nimittää kätevyystekijäksi.

Björnsjön faktori V on niinkään käsittelyyn liittyvä, ja sitä voitaisiin hyvin pitää optomorfisena kätevyystekijänä. Käsittelytoimintojen ja avaruudellisten suhteitten käsittelykyvyn välinen yhteys osoittautuu verraten selväksi avaruudellisessa faktorissa, jossa kaikilla käsittelytesteillä on positiiviset lataukset.

Käsittelytestien kommunaliteetit jäävät Björnsjön suuressa faktorianalyysissä yleensä pienemmiksi kuin teknillistä probleemanratkaisukykyä edellyttävien testien sekä älykkyystestien ja todistusvariaabelien. Tämän perusteella voidaan päätellä käsittelymotoriikan olevan jonkin verran spesifisempää kuin mainittujen muiden psyykkisten funktioiden. Ero ei kuitenkaan ole suuri.

Takala (1951) on tutkinut *muodonantokykyä* edellyttävän kätevyys-

den faktorirakennetta jatkokouluikäisistä koehenkilöistä koostettua koehenkilöstöä käyttäen. Valmistavassa tutkimuksessaan hän on eristänyt kolme faktoria: älykkyystekijän, muotoaistiin liittyvän tekijän ja yleisemmän kätevyystekijän, joka liittyy lähinnä työskentelyn tarkkuuteen. Kätevyyden ja älykkyuden välinen ero tulee tässä tutkimuksessa selvästi esiin.

Takalan päätutkimuksessaan käyttämä testisarja sisältää yliviivaustestejä, älykkyystestejä ja kätevyystestejä, yhteensä 27 variaabelia. Faktorianalyyssissa on eristetty kuusi vahvasti ylideterminoitua faktoria, mikä osoittaa, että tutkitut toiminnot ovat jo 12—13 ikäisillä verraten voimakkaasti jäsentyneet.

Ensimmäinen faktori on verraten yleinen *älykkyystekijä*, joka on edustettuna korkeahkoin painokertoimin miltei kaikissa älykkyystesteissä, mutta — tosin vähäisin kertoimin — kaikissa kätevyystesteissäkin.

Takalan toinen faktori on kätevyyden yleinen *tarkkuus-nopeusfaktori*. Tämä faktori on edustettuna positiivisin painokertoimin tarkkuustesteissä, kun taasen nopeutta edellyttävät testit saavat negatiivisia painokertoimia. Takala viittaa tulkinnassaan siihen, — että tämän faktorin piirissä ovat ilmeisesti karakterologiset seikat edustettuna, joten sitä voitaisiin nimittää kärsivällisyysfaktoriksi.

Kolmas faktori on kätevyyden *muotofaktori*, joka ilmenee selvimmin tehtävissä, jotka edellyttävät itsenäistä mallin rekonstruoinnista.

Takalan neljäs faktori on *yleinen nopeusfaktori*, joka on edustettuna erikoisesti yliviivaustesteissä sekä kätevyys- ja sorminäppäryystesteissä. Kätevyystesteissä ilmenee tässäkin faktorissa selvästi nopeuden ja tarkkuuden välinen kontrasti.

Viides faktori omaa verraten suppean vaikutuskentän. Takala pitää mahdollisena, että tämä faktori liittyy *sormien motoriseen suorituskykyyn*. Kätevyystehtävissä se merkitsee hienon hienoa mukautumista työstettävän aineen vastuksen mukaan; sorminäppäryystesteissä taasen herkkää mukautumista pienten liikkeitten suorittamiseen.

Kuudes faktori on niinkään vähäisemmän vaikutuskentän omaava. Takala toteaa, että se voitaisiin käsittää *hienojen motoristen suorituskykyjen sujuvuuden faktoriksi*.

Kun tarkastellaan Takalan testien kommunaliteetteja, voidaan todeta, että ne useimmiten jäävät alle .50, mutta samalla voidaan todeta, että matalia arvoja esiintyy suhteellisesti jokseenkin samassa määrin sekä älykkyys- että kätevyystestien kohdalla. Tämän mukaan voidaan todeta, että muodonantokykyä edellyttävät kätevyystestit

eivät ole sen spesifisempiä kuin yleisesti käytettävät älykkyystestitkään ja että nopeus- ja tarkkuustestejäkään, jotka edustavat motorisvoittoista kätevyyttä, ei voida pitää niin spesifisinä, kuin useissa aikaisemmissa tutkimuksissa on esitetty.

Hempel ja Fleishman (1955) suorittivat faktorianalyyttisen tutkimuksen, jonka tarkoituksena oli selvittää fyysisen suorituskyvyn ja käsittelytaidon välistä suhdetta sekä muodostaa mahdollisia kykyjen kategorioita, jotka olisivat käyttökelpoisia ja joilla olisi merkitystä näiden alueiden suorituskkyjen kuvailussa. Kun tutkimuksella pyrittiin näin laajan alueen kartoittamiseen, oli testisarjaan liitettävä varsin paljon testejä. Yhteensä 46 testiä käsittävä sarja sisälsi 17 käsittelytestiä, 6 kynä-paperi testiä ja 23 karkeamman fyysisen suorituskvyn testiä. Koehenkilöstön muodosti 400 aikuista miespuolista yksilöä.

Kaikkiaan 17 tekijää eristettiin Hempelin ja Fleishmanin suuresta aineistosta. Näistä tulkitaan 15 faktoria. Tulokset osoittavat selvästi, että hienompia liikkeitä edustava käsittelymotoriikka eroaa muusta, karkeampia liikkeitä edustavasta motorikasta. Edelliseen ryhmään kuuluvia tekijöitä on neljä, kun taasen jälkimmäiseen ryhmään kuuluvia tekijöitä esiintyy yksitoista. Edelleen voidaan todeta, ettei tekijöiden joukossa ole yhtään sellaista, joka aiheuttaisi kumpaankin ryhmään kuuluville testeille varianssia. Missään aikaisemmassa tutkimuksessa ei käsittelytaitojen ja karkeampien fyysisten taitojen välistä rajaa ole kyetty osoittamaan yhtä vakuuttavasti.

Ensimmäinen käsittelytekijä on tavoittamisfaktori (Aiming factor), joka esiintyy merkittävin painokertoimin yhdeksässä käsittelytestissä, jotka edellyttävät liikkeen osuvuutta ja samalla nopeutta. Hempelin ja Fleishmanin VII ja VIII faktori ovat edustettuina käsittelyryhmän testeissä, mutta kun edellisellä faktorilla on vain kolme negatiivista painokerrointa ja jälkimmäinen taasen liittyy lähinnä probleemantarkaisuihin, eivät ne ole käsittelymotoriikkaan varsinaisesti kuuluvia tekijöitä. Ilmeisesti faktori VIII merkitsee lähinnä teknillisen lahjakkuuden alueelle kuuluvaa tekijää, Toinen selvästi käsittelytestien varianssia aiheuttava faktori lataa testejä, jotka edellyttävät suurta käden vakavuutta, minkä vuoksi tämä tekijä onkin nimitetty käsivarren ja käden vakavuuden faktoriksi (Arm-Hand Steadiness). Kolmas ja neljäs käsittelymotoriikkaan liittyvä tekijä eli esiteltävän tutkimuksen XII ja XIV tekijä ovat varsinaisia kätevyyttä koskevia tekijöitä. Edellinen on kätevyystekijä (Manual Dexterity), jälkimmäinen sorminäppäryystekijä (Finger Dexterity).

Hempel ja Fleishmanin eristämällä kätevyys- ja sorminäppäryys-tekijällä on vain vähän merkitseviä painokertoimia: edellinen aiheuttaa vain kolmen, jälkimmäinen neljän testin varianssia. Kun Aiming-faktori kuitenkin on edustettuna useammassa testeissä kuin yksikään toinen faktori, on ilmeistä, että tämä tekijä on luettava kätevyystekijöihin, vieläpä tärkeimmäksi niistä. Kätevyystekijät ovat erittäin selvärajaiset, sillä vain yhdessä kätevyystestissä kietoutuu kaksi varsinaista käsittely- tai kätevyystekijää yhteen aiheuttamaan testin varianssia. Näin ollen tämä varsin luotettava tutkimus tukee teoriaa, jonka mukaan kätevyys on alkeistekijäin sääntelemää. Kun Hempel ja Fleishman eivät ole esittäneet faktorimatriisejaan, ei voida muodostaa käsitystä siitä, miten suuri merkitys spesifisillä tekijöillä tämän tutkimuksen kätevyystestien varianssissa on. Kuitenkin voidaan olettaa, ottaen huomioon, että kirjoittajat ovat pitäneet signifikatiivisen korrelaation alarajana arvoa .30 ja suorittaneet rotatoinnin suorakulmaisia koordinaatteja käyttäen, että erityistekijäin osuus useissa kätevyystesteissä on varsin suuri. Tekijäin eriytyminen on myöskin koehenkilöstön ikäasteen huomioonottaen varsin todennäköisesti ollut jo jossakin määrin »lopullinen».

Mitä Hempelin ja Fleishmanin käyttämiin testeihin tulee, voidaan todeta, että korkeimmat painokertoimet — todennäköisesti myöskin korkeimmat kommunaliteetit — tavataan tavoittamisfaktorissa sellaisissa testeissä, joissa on tehtävä kynällä merkkejä paperille piirrettyihin ympyröihin tai neliöihin. Kun näiden testien painokertoimet ovat .69—.82 suuruisia, on niitä pidettävä erittäin hyvin tavoittamisfaktoria mittaavina kätevyystesteinä. Ilmeistä on, että Hempelin ja Fleishmanin tutkimuksessaan käyttämät käsittelytaitoa mittaavat testit eivät suuressa analyysissa ole jäsentyneet kyllin pitkälle, mikä osaltaan vaikeuttaa tekijäin tarkempaa tulkintaa. Tutkijat mainitsevatkin, että tarvitaan lisätutkimuksia varsinkin kompleksisempien motoristen suoritusten suunnassa, jotta löydetyt tekijät olisivat päteviä.

D. Yleiskatsaus käsittelymotoriikan faktoreihin.

Edellä esitetystä on käynyt ilmi, että eri tutkijain eristämät faktorit ovat osittain samoja, mutta usein esiintyy myöskin eroavuutta. Tässä kohden on erikoisesti korostettava, että faktoreitten samanlaisuus ja erilaisuus ei välttämättä ole itse ilmiöistä johtuvaa. Kysymys saattaa useinkin olla vain erilaisista *tulkinnoista*. Eri tutkijat voivat nimittää ja tulkita saman faktorin eri tavoin, ja toisaalta eri faktorit voivat eri

tutkijain esityksissä saada saman nimen ja tulkinnan. Todennäköisesti useimmiten on kysymys pelkästään *eri sanojen* käytöstä saman asian esittämisessä.

Vain ani harvoin on mahdollista selvittää eksaktisti kysymys eri faktoreitten vastaavuudesta. Tästä syystä joudutaan yhä turvautumaan spekulatiiviseen tarkasteluun faktoreita identifioitaessa. Milloin kaivataan suurempaa systemaattisuutta ja yleiskatsausta, joudutaan niinkään nojautumaan spekulatioon.

Käsittelymotoriikka eli kätevyys sanan laajemmassa merkityksessä käsittää *useita* suhteellisen selvärajaisia dimensioita, jotka nyt pyrimme suppeasti luonnehtimaan. Määritelmässä nojaudumme Frenchin (1951) ja Fleishmanin (1953) esityksiin.

KÄTEVYYSFAKTORI, Manual Dexterity, MD.

Tämä faktori merkitsee kätevyyttä sanan suppeassa merkityksessä. Se liittyy *käden ja käsivarren ko'ordinointiin ja nopeuteen*, jolla liikkeet suoritetaan. Kätevyysfaktori eroaa sorminäppäryysfaktorista siinä, että sormien hienot liikkeet eivät kuulu kätevyysfaktorin piiriin. Myöskin näköaistista näyttää kätevyysfaktori olevan riippumaton. Sitävastoin se liittyy kosketusaistin toimintaan.

Kätevyysfaktori esiintyy useissa erilaisissa testeissä. Tällaisia ovat erilaiset nappulalautatestit (Peg Board), kiertotestit (Turning) ja sijoitustestit (Placing). Useissa testeissä se voidaan todeta yhdessä sorminäppäryystekijän kanssa. Tällaisia ovat varsinkin asennustestit, joissa vaaditaan sekä karkeampia että hienompia ko'ordinaatioita. Epäilemättä kätevyystekijä liittyy myöskin moniin käytännöllisessä elämässä esiintyviin kätevyysasuorituksiin, ennen kaikkea erilaisiin käsi-työsuorituksiin.

Tutkimukset, joissa tämä faktori ilmeisesti on saatu esiin:

Earle & Gaw (tekijän analyysit). Faktori I eri ryhmissä.

Langdon (tekijän analyysit). Faktorit I tytöillä ja pojilla.

Cox (tekijän analyysi).

Attenborough & Farber (tekijän analyysi).

Buxton (1938).

Harrell (1940).

Wittenborn (1945).

Chapman (1948).

Hempel & Fleishman (1955)

United States Employment Service'n kolmessa tutkimuksessa (French 1951).

SORMINÄPPÄRYYSFAKTORI, Finger Dexterity, FD.

Sorminäppäryystekijä tavataan tehtävissä, joissa on käsiteltävä nopeasti sormiliikkein erilaisia esineitä. Se ei edellytä käsivarren liikkeitä, vaikka se voikin esiintyä laajempienkin liikkeitten yhteydessä kätevyysfaktorin ohella. Sorminäppäryysfaktori eroaa tavoittamisfaktoriga (Aiming) siinä, että sorminäppäryydessä ei ole kysymys lainkaan silmän ja käden ko'ordinaatiosta. Eräät tyypilliset sorminäppäryytestit voidaan suorittaa näkemättä lainkaan käsiteltäviä esineitä. Sorminäppäryysfaktori ja nakutusfaktori eroavat toisistaan siinä, että edellinen liittyy tavallisesti hieman komplisoidumpiin tehtäviin, kun taas jälkimmäinen esiintyy tehtävissä, joissa on kysymys vain yksinkertaisesta edestakaisesta liikkeestä.

Sorminäppäryystekijä esiintyy merkitsevin latauksin sekä useissa kynä-paperi testeissä että pienten esineitten käsittelytesteissä. Korkeita latauksia on tavattu testissä, jossa on kirjoitettava X-kirjaimia paperille (Writing X's), sanojen kirjoittamistestissä (Writing Words), nakutustestissä, jossa on kosketettava peräkkäin kolmea metallilevyä kynän kärjellä (Three-Plate Stylus Tapping), yliviivaustesteissä (Cancellation), naulalautatesteissä (Pinboard) ja tappilautatesteissä (Pegboard). Ilmeisesti tämä faktori liittyy myöskin käytännöllisiin työsuorituksiin.

Tutkimukset, joissa sorminäppäryysfaktori ilmeisesti on tullut esiin: Wittenborn (1938).

Woodrow (1938).

Seashore et al. (1940).

U.S.A:n ilmavoimien kolmessa eri tutkimuksessa (French 1951).

United States Employment Service'n kolmessa eri tutkimuksessa (French 1951).

Bechtoldt (1947).

Dudek (1948).

Takala (1951).

Hempel & Fleishman (1955).

TAVOITTIMISFAKTORI, Aiming, Ai.

Tämä alkeisfaktori edustaa kykyä suorittaa nopeasti ja tarkasti liikkeitä, lähinnä käsi- ja sormiliikkeitä, silmän ohjauksen alaisena. Se on epäilemättä käsittelymotoriikan tärkeimpiä tekijöitä. Kuitenkin tämä faktori rajoittuu toistaiseksi miltei kokonaan kynä-paperitestien

piiriin, joissa on merkittävä nopeasti ja tarkasti pisteitä tai muita merkkejä määrättyihin kohtiin paperilla. Ei myöskään ole onnistuttu vielä tarkoin selvittämään tavoittamisfaktorin suhdetta muihin käsittely-motoriikan faktoreihin.

Tavoittamisfaktori lataa testejä, joissa käsiliikkeet on *tähdittävä* tarkoin annettuihin kohtiin. Sillä ei ole yleensä painokerrointa yksinkertaisissa nakutustesteissä. Sellaisissa testeissä taasen, joissa silmän ja käden yhteistyön pitää olla erittäin tarkkaa, on suurempia painokerrointen arvoja kuin niissä, joissa ei vaadita yhtä suurta tarkkuutta. Usein tämä faktori esiintyy sorminäppäryysfaktorin ohella samoissa testeissä. Tällaisia testejä ovat esimerkiksi viivojen merkitsemistesti (Mark Marking), pisteitystesti (Dotting) ja nakutustesti (Tapping), jossa on merkittävä kolme pistettä niin moneen ympyrään kuin suinkin. Yksinään tavoittamisfaktori esiintyy muun muassa tien seuraamistestissä (Tracing), jossa on ohjattava kynä tiettyä väylää pitkin.

Tutkimukset, joissa Aimingfaktori on todettu:

Yhdysvaltain ilmavoimien tutkimus (French 1951).

Greene (1943). Kaksi analyysia.

Goodman (1947).

Chapman (1948).

United States Employment Service'n kahdessa tutkimuksessa (French 1951).

Hempel & Fleishman (1955).

NAKUTUSFAKTORI, Tapping, Ta.

Nakutustekijä tarkoittaa nopeata edestakaista liikettä sormilla tai käsivarrella. Tämä alkeistekijä on jokseenkin riippumaton sorminäppäryystekijästä (FD) ja tavoittamisfaktorista (Ai). Nakutus- ja tavoittamisfaktorien ero tulee kauniisti esiin Greenen (1943) kahdessa analyysissa. Jos nimittäin on kysymyksessä nakutus kynällä siten, ettei pisteitä tavoiteta mihinkään määrättyyn kohtaan paperilla, ei Aiming-faktorilla ole latausta tällaisessa variaabelissa, mutta kylläkin Tapping-faktorilla. Jos taasen on merkittävä pisteitä suuriin ympyröihin, todetaan sekä Aiming- että Tapping-faktoreissa lataukset tässä testissä. Merkittäessä pisteitä pieniin ympyröihin on vihdoin kysymyksessä variaabeli, jossa ei Tapping-faktorilla ole lainkaan latausta, mutta kylläkin Aiming-faktorilla. Testit, joissa nakutusfaktori esiintyy, eivät ole kätevyystestejä sanan tarkemmassa merkityksessä. Kuitenkin tämä faktori esiintyy eräissä Aiming-testeissä, joissa on kysymys käsittelytoiminnon nopeudesta ja tarkkuudesta.

Tutkimukset, joissa Tapping-faktori on tullut esiin:
 Earle & Gaw (tekijän suorittama analyysi). Kuudessa ryhmässä.
 Langdon (tekijän suorittama analyysi). Tyttöryhmässä.
 Seashore ym. (1940).
 Greene (1943). Kaksi analyysia.
 Melton (1947).

Heinonen II (1956). Tutkimus viittaa siihen, että nakutustoiminnot purkautuvat edelleen alkeisfaktoreiksi siten, että voidaan erottaa toisistaan kyynärvarren ja sormien nakutusfaktorit. Viimeksimainittuja on kaksi, mutta ne korreloivat voimakkaasti keskenään.

PSYKOMOTORINEN KO'ORDINAATIOFAKTORI, Psychomotor Coordination, PC.

Tämä alkeisfaktori edustaa kykyä saattaa eri *lihakset* tai *silmä* ja *lihastiikkeet tarkoituksenmukaiseen yhteistoimintaan*. Psykomotorisen ko'ordinaatiofaktorin on todettu esiintyvän muutamissa kätevyyttä ja sorminäppäryyttä vaativissa testeissä, mutta toistaiseksi ei ole tarkemmin selvitetty sen suhdetta kätevyys- ja sorminäppäryysekä tavoittamisfaktoriin.

Tämä faktori esiintyy muun muassa testissä, jossa on seurattava epäkeskeisesti pyörivän levyn liikettä (Rotary Pursuit), käsien ko'ordinaatiotestissä (Two-Hand Coordination), jossa on seurattava epäsäännöllistä liikettä kahden pyörítettävän kammien avulla, kompleksiko'ordinaatiotestissä (Complex Coordination), jossa kh:n on reagoitava lentokoneen ohjaimia muistuttavalla välineistöllä annettuihin valomerkkeihin ja sorminäppäryytestissä, jossa on kierrettävä laudassa olevia nappuloita.

Tämä alkeistekijä on tavattu kymmenessä tutkimuksessa, joissa on selvitetty lentäjien motorisia suorituskkyjä (French 1951).

Näyttää siltä, että tämä faktori on usein sekoitettu kätevyysfaktoriin.

Esitetyt faktorit liittyvät yleensä ainakin jonkin verran käsittelytoimintoihin, ja niitä voidaan pitää verraten varmoina, koska ne on yleensä tavattu edustavilla kh-ryhmillä suoritetuissa tutkimuksissa. Näitten faktorien lisäksi voidaan mainita muutamia muita, jotka niinkään näyttävät tulevan kysymykseen käsittelymotoriikassa, mutta joita ei vielä ole selvitetty kätevyystestien yhteydessä.

PSYKOMOTORINEN TARKKUUS, Psychomotor Precision, PP.

Tämä faktori muistuttaa sorminäppäryysfaktoria, mutta siihen näyttää liittyvän voimakkaampi silmän ja käden yhteistoiminta. Se eroaa psykomotorisesta ko'ordinaatiofaktorista lähinnä siinä, että viimeksi-mainittu esiintyy karkeammissa käden toiminnoissa, kun sitävastoin psykomotorinen tarkkuus liittyy hienompaan motoriikkaan.

Psykomotorisen tarkkuuden alkeisfaktori esiintyy esimerkiksi kääntämistestissä, jossa on kierrettävä laudassa olevia tappeja, kiertoliikkeen seuraamistestissä ja reaktioajan testissä.

Tämä faktori on tavattu eräissä Yhdysvaltain ilmavoimien suorittamissa tutkimuksissa (French 1951).

VAKAVUUSFAKTORI, Steadiness, St.

Vakavuusfaktori merkitsee kykyä estää tahattomien liikkeitten esiintymistä. Sitä mitataan testeillä, joissa kh:n on pidettävä pyöreätä puikkoa metallilevyssä olevassa reiässä niin, ettei se kosketa reiän reunoja. Niinikään tämä faktori liittyy testeihin, joissa on kuljettettava metallikärkeä kapeassa raossa niin tarkoin, ettei se koskettaisi raon reunoja. Ilmeisesti tämä faktori liittyy suurta vakavuutta vaativiin kätevyys-suorituksiin, kuten kellosepän työhön ja kaivertamiseen.

Vakavuusfaktori on todettu seuraavissa tutkimuksissa: Seashore ym. (1940) ja (1949). Buxton (1938).

KAKSIKÄTISYYSFAKTORI, Ambidexterity, Am.

Tämä faktori liittyy vasemman käden suorituskyykyyn. Se on todettu nimittäin vasemman käden aining- ja nakutustesteissä. Kaksikäätisyysfaktori kaipaa kuitenkin lisäselvitystä, sillä se on tullut esiin vain yhdessä analyysissa (Greene 1943).

Näitten faktoreitten lisäksi voitaisiin mainita eräitä muita, jotka vain ani harvoin, kenties sattuman vaikutuksesta lataavat joitakin käsittelytestejä. Tällainen on esimerkiksi yleinen reaktioaika (Reaction Time, RT). Muodonantokykyä edellyttäviin kätevyystesteihin taasen näyttää liittyvän nopeus- ja tarkkuusfaktori tai erillinen nopeus ja/tai tarkkuusfaktori sekä muotofaktori (Takala 1951).

Aikaisemmat kätevyystutkimukset eivät yleensä ole vertailtavissa toisiinsa eksaktia menetelmää, transformaatioanalyysia, käyttäen, sillä eri tutkijat ovat yleensä käyttäneet varsin erilaista testiaineistoa. Kaksi tällaista vertailua on kuitenkin suoritettu, ja ne vahvistavat käsitystämme kätevyystekijäin suhteellisesta itsenäisyydestä muitten kykytekijäin rinnalla.

Ahmavaara (1957) on transformoinut Chapmanin (1948) faktorit Harrellin (1940) faktoreihin sekä Wittenbornin (1945) faktorit Harrellin faktoreihin. Transformaatioanalyysin tuloksena olevat vertailumatriisit osoittavat, että Chapmanin löytämä kontrolloitujen käsiliikkeitten faktori (CMM) on sama kuin Harrellin kätevyysfaktori (A). Chapmanin toinen käsittelyfaktori (MA, Manual Agility) vastaa niinkään osittain Harrellin A-faktoria. Wittenbornin kätevyysfaktori (MD) ja Harrellin kätevyysfaktori ovat keskenään identtiset koinsidenssin ollessa .91.

Arvioidessaan transformaatioanalyysien tulosten perusteella eri faktorien luotettavuutta toteaa Ahmavaara (1957 s. 129), että kätevyysfaktorien invarianssiarvojen keskiarvo on samaa suuruusluokkaa (.85) kuin korkeimman invarianssin omaavan, numeerisen (N) faktorin, vastaava keskiarvo. Kätevyysfaktori joutuu kuitenkin luotettavuusarvioinnissa toiseen luotettavuusluokkaan, mikä johtuu siitä, että vastaavuus on toistaiseksi todettu vain kahden vertailun avulla.

E. Orientoiva analyysi.

1. Testit.

Kätevyyden orientoivan analyysin suorittamisessa on asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi noudatettu seuraavia yleisiä periaatteita:

1) Tutkimuksen tulee olla paikantava, minkä vuoksi on käytettävä suurta variaabelimäärää.

2) Testien tulee käsittää runsaasti kätevyystestejä, jotka edustavat erilaisia käsifunktioita.

3) Kätevyystestien ohella pitää testisarjaan kuulua variaabeleita, jotka edustavat a) fyysistä varttuneisuutta, b) yksinkertaista motoriiikkaa, c) proprioseptiivista ja haptista sensoriikkaa, d) älykkyyden tekijöitä, e) yleistä nopeutta ja tarkkuutta, f) eräitä kouluarvosanoja ja g) kärsyvyyden astetta sellaisena kuin tämä esiintyy yksinkertaisen motorisen testin perusteella saaduissa mittaustuloksissa.

4) Testien reliabiliteetti on pyrittävä saamaan mahdollisimman korkeaksi.

5) Kätevyuden konstanssiin on kiinnitettävä huomiota.

6) Tutkimuksen tulee kohdistua ikäkauteen, jolloin faktorirakenne on jo ainakin jossakin määrin differentioitunut.

Kun tutkimuksen alkuvaiheessa kävi selväksi, ettei kätevyystestejä voida tässä orientoivassa analyysissä esittää joukkokokeina, laadittiin testisarja erittäin suurella huolella pyrkien käyttämään mahdollisimman tarkoin hyväksi yksilökokeen tarjoamat mahdollisuudet.

Valittaessa testejä orientoivaa analyysia varten pyrittiin siihen, että testistö käsittäisi jokseenkin saman lukumäärän motorisia, kätevyys- ja älykkyystestejä. Motoristen testien ryhmään liitettiin mahdollisimman yksinkertaista sysäys- ja kiertotoimintaa edellyttäviä testejä, jotka suoritettiin erikseen oikealla ja vasemmalla kädellä. Kätevyystesteistä useimmat edellyttivät intuitiivisen arvioinnin mukaan käden toimintojen nopeutta, tarkkuutta, joustavuutta, liikkeitten ko'ordinaatiokykyä sekä reagoitua liikkuvaan esineeseen. Älykkyystestien tuli edustaa lähinnä V-, W-, R-, N- ja S-faktoreita.

Testien motivointiin kiinnitettiin suurta huomiota. Jo esikokeitten perusteella voitiin todeta, että koehenkilöt suhtautuivat erilaisiin tehtäviin suurella mielenkiinnolla, jotta tulokset eivät riippuisi siitä, missä määrin koehenkilöt ovat voineet harjoitella vastaavanlaisia suorituksia, pyrittiin siihen, etteivät testit edellyttäisi taitoja, jotka on saavutettu samanlaisten välineitten käsittelyssä. Edelleen pyrittiin siihen, että suoritusten perusteella annettavat pistemäärät voitaisiin merkitä mahdollisimman tarkasti suorituskokouksen, -ajan tai avaruudellisen tarkkuuden perusteella. Kun aikaisemmin käytetyissä kätevyystesteissä ei tavattu riittävästi tähän tutkimukseen sellaisenaan soveltuvia testejä, jouduttiin uusien testien keksimisessä ja kehittämisessä sekä aikaisemmin käytettyjen testien muuntelussa suorittamaan useita esikokeita.

Orientoiva tutkimus tuli lopullisesti käsittämään yli 60 variaabelia, joista kuitenkin vain 48 liitettiin varsinaiseen pääanalyyysiin. Pääanalyyysin ulkopuolelle jätetyt variaabelit käsittivät yksinkertaisen sormimotoriikan mittaamiseen käytettäviä testejä, jotka analysoitiin erikseen (Heinonen, II 1956).

Seuraavassa esitämme tarkemmin käytetyt variaabelit noudattaen numerointia, jossa testit ovat siinä järjestyksessä kuin ne on esitetty koehenkilöille. Samaa numerointia on käytetty pääanalyyysissä, jonka suuressa korrelaatiomatriisissa ei ole esitetty testien nimiä, vaan ilmaistu variaabelit ainoastaan näillä numeroilla.

1. Elinikä. — Kh:n ikä syntymästä siihen päivään, jolloin yksilökokeet esitettiin. Kun osoittautui, että kaikki kh:t eivät tietäneet oikein syntymäaikaansa, tarkastettiin koko kh-ryhmän osalta tiedot kirkonkirjoista.

2. Pituus. — Kh:n pituus koulun opettajien suorittaman mittauksen mukaan. Mittaus suoritettiin kaikille yksilökokeitten tultua koko kh-ryhmällä suoritetuksi.

3. Paino. — Mittaus suoritettiin pituuden mittaamisen yhteydessä.

Yksilötestit:



Kuva
Fig. 11.

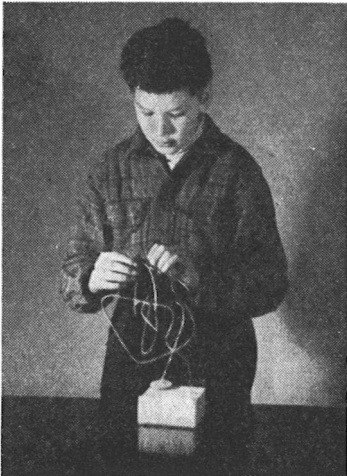
4. Paperin leikkaaminen. Kh:n oli leikattava niin t a r k a s t i kuin suinkin kuvassa 11 esitetyn mallin mukainen kuvio saksilla ohuesta paperista. Suoritusta arvoseltaessa mitattiin jokaisen kulman poikkeama mallikuvion vastaavasta kulmasta. Poikkeamien summa merkittiin kh:n primääripisteluvuksi.

5. Pisteitys oikea. Testivälineen muodosti työkirjapaperi 10×10 mm ruuduilla sekä lyijykynä. Kh:ä kehoitettiin merkitsemään niin n o p e a s t i kuin suinkin piste sataan ruutuun, jotka oli neliöllä rajoitettu paperin ruudukosta. Ensimmäisellä rivillä oli pisteet merkittävä käden kulkiessa vasemmalta oikealle, toisella rivillä käden kulkiessa oikealta vasemmalle ja edelleen joka rivillä suuntaa vaihtaen. Primääripistemääräksi merkittiin suoritukseen kulunut aika.

6. Pisteitys vasen. Sama kuin edellinen, mutta v a s e m m a l l a kädellä suoritettuna.

7. Pujottelu. Testivälineen muodostaa rautalankasokkelo, joka on 1,5 m pitkä ja muodostaa erilaisia epäsäännöllisiä mutkia eri tasoissa. Lanka on kiinnitetty molemmista päistään painavaan aluslevyyn. (Kuva 12.) Tehtävänä on pujottaa langan toisessa päässä olevat neljä muovikiekkoa, kumpaakin kättä samanaikaisesti käyttäen, yksitellen langan toiseen päähän niin n o p e a s t i kuin suinkin. Testi uudistetaan pujottamalla kiekot jälleen päinvastaiseen suuntaan. Primääripistemääräksi merkittiin kaikkien kahdeksan pujottamisen suorittamiseen kulunut aika. Testin reliabiliteetin määrittämiseksi merkittiin aina kahden peräkkäisen kiekon pujottamiseen kulunut aika testipöytäkirjoihin.

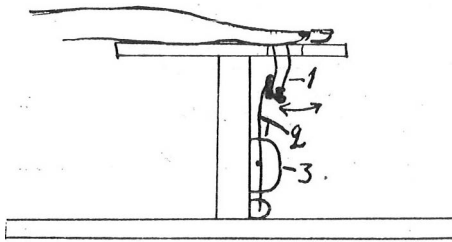
8. Renkaankuljetus, oikea. — Tässä tehtävässä muodosti testivälineen kädessä pidettävä, kädensijaan kiinnitetty teräslankasokkelo, jossa oleva rengas kh:n oli kättä käynnellen ohjattava sokkelon toisesta päästä



Kuva
Fig. 12.



Kuva Fig. 13.



Kuva Fig. 14

sormi koskettimella, 2 liikutettava vipu-
varsi, 3 sysäystenlukija.

toiseen. Vain yhtä kättä oli lupa käyttää kerrallaan. (Kuva 13.)

Testi suoritettiin ensin oikealla, sitten vasemmalla, minkä jälkeen se uusittiin oikealla ja vasemmalla. Suoritus aika muodosti primääripistemäärän.

9. Renkaankuljetus, vasen. Sama kuin edellinen vasemmalla kädellä suoritettuna.

10. Nakutus, peukalo, oikea. Sormimotoriikan analysoimista varten konstruointiin sysäystenlaskija, jolla mitattiin kymmenen sekunnin aikana kullakin sormella suoritettujen edestakaisten liikkeiden lukumäärä. (Kuva 14.)

Kh:ä kehoitettiin nakuttamaan aina määrättyllä sormella niin nopeasti kuin suinkin. Koska sormimotoriikan analyysin avulla todettiin peukalon yksinkertaisen motoriaan

hyvin edustavan koko sormimotoriikkaa, valittiin peukalolla suoritettu nakutus yksinkertaisen sormimotoriikan edustajaksi päätutkimukseen.

11. Nakutus, peukalo, vasen. Sama kuin edellinen, mutta vasemmalla kädellä suoritettuna.

12. Nakutus, kyynärvarrella, oikea. Edellä esitettyllä sysäystenlaskijalla suoritettiin nakutus siten, että koko kyynärvarsi liikkui kyynärpäähän ollessa tuettuna pöytälevyllä. Suoritus aika oli kymmenen sekuntia.

13. Nakutus, kyynärvarrella, vasen. Sama kuin edellinen vasemmalla kädellä suoritettuna.

14. Kierto, kyynärvarrella, oikea. Edellisissä kokeissa käytettyyn sysäystenlaskijaan liitettyllä ruuvitaltalla oli suoritettava kiertoliike edestakaisin kymmenen sekunnin ajan.

15. Kierto, kyynärvarrella, vasen. Edellinen tehtävä vasemmalla, jolloin kiertosuunta vaihdettiin vastaavasti, koska laskijan jousi edellyttää vähäistä voimallisäystä toiseen suuntaan kierrettynä.

16. Pyöritys, kyynärvarrella, oikea. Kh:n oli pyöritettävä kymmenen sekunnin aikana niin nopeasti kuin suinkin 50 mm pituista kampea. Kiertosuunta myötäpäivään.

17. Pyöritys, kyynärvarrella, vasen. Edellinen tehtävä vasemmalla kädellä vastapäivään.

18. Kiekkolauta, oikea. Testivälineen muodostaa kaksi vanerilevyä, kooltaan n. 30×30 cm. Kummassakin levyssä on 41 5 mm syvyistä reikää. Tehtävänä on siir-

tää niin nopeasti kuin suinkin reikiin asetetut puukiekot levyltä toiselle yksi kiekko kerrallaan. Kiekot ovat 10 mm korkuisia halkaisijaltaan 23 mm. Reikien halkaisija on 25 mm. Kiekot ovat tässä kokeessa aloitettaessa vasemman puoleisella laudalla, josta ne on siirrettävä vieressä olevalle laudalle, edellisen oikealle puolelle. (Kuva 24.)

19. Kiekkolauta, vasen. Edellinen tehtävä vasemmalla kädellä, jolloin kiekot siirretään oikealta vasemmalle.

20. Kiekkolauta, molemmat. Testiväline sama kuin edellisissä tehtävissä, mutta kiekot on siirrettävä samanaikaisesti oikeata ja vasenta kättä käyttäen, yksi kiekko aina molemmissa käsissä kerrallaan. Ensin siirretään kiekot vasemmalta oikealle, sitten oikealta vasemmalle.

21. Solmiaminen. — Kh:n on tehtävä kymmenen umpisolmua 20 cm pituiseen lankaan. Solmut saa tehdä toistensa päälle. Suoritusten aika muodosti primääripisteluvun.



Kuva 15.
Fig. 15.

22. Kiertoliikkeen seuraaminen, oikea. — Testivälineen muodostaa vaakasuorassa asennossa oleva levy, joka pyörii levyn alla olevan sähkömoottorin avulla 33 kierrosta minuutissa. Levyssä, joka on ympyrän muotoinen, on 12 reikää kuudessa säteen suuntaisessa rivissä. (Kuva 15). Reikien halkaisija on 13 mm ja ne ovat 10 mm syvyisiä. Pyörivän levyn edessä on samassa tasossa levy, jossa olevissa rei'issä on 12 puutappia, joiden pituus on 20 mm, paksuus yläpäästä 13,5 mm ja alapäästä 12,5 mm. Tehtävänä oli siirtää tapit pyörivään levyyn, siinä oleviin reikiin niin nopeasti kuin suinkin. Vain oikeata kättä saa käyttää.

23. Kiertoliikkeen seuraaminen, vasen. — Edellä esitetty tehtävä vasemmalla kädellä suoritettuna.

24. Pallotesti. — Testivälineen muodostaa neliön muotoinen vaneritarjotin, jonka pohjan sivun pituus on 38 cm. Levyssä on 20 mm korkuiset kehykset ja viisi reikää, joista keskimmäinen lävistäjien leikkauspisteessä levyn keskellä ja muut neljä 10 cm:n päässä tästä, yksi kullakin lävistäjän puoliskolla. Reikien läpimitta on 25 mm. Tehtävänä on ohjata tarjotinta molemmin käsin kallistellen viisi pöytätennispalloa, joiden halkaisija on 35 mm, levyssä oleviin reikiin. Tehtävä suoritetaan perätysten neljä kertaa. (Kuva 16.)

25. Käsiens ko'ordinointi. — Tässä tehtävässä käytetään Moeden keksimää laitetta, jossa on pieni levy järjestetty liikkumaan vaakasuorassa tasossa siten, että kierrettäessä laitteen oikeassa reunassa olevaa kampea levy liikkuu oikealta vasemmalle ja päinvastoin, ja kierrettäessä pöydän edessä olevaa kampea levy liikkuu edestä taaksepäin ja päinvastoin. Levyllä on kiinnitetty paperi, jolle on piirretty kaksi samankeskistä ympyrää. Sisemmän ympyrän säde on 25 mm, ulomman 35 mm. Paperilla on kynä, joka on kiinnitetty liikkumattomasti liikkuvan levyn yläpuolelle kaartuvaan telineeseen. (Kuva 17.) Kh:n on kumpaakin kampea saman-



Kuva 16.
Fig.



Kuva 17.
Fig.

aikaisesti käyttäen ohjattava kynä ensin ulompaa ympyräviivaa, sitten sisempää ympyräviivaa pitkin. K_j näyttää ennen kokeen alkua, miten levy liikkuu eri kampeja kierretessä. Tehtävää arvosteltaessa ei mittausmenettely osoittautunut käyttökelpoiseksi, vaan suoritukset asetettiin niitten laatua arvostellen paremmuusjärjestykseen, minkä jälkeen niille annettiin suoraan normalisoidut standardiarvot. Samalla laitteella suoritettiin toinenkin koe, jossa kh:n oli ohjattava pöytään kiinnitettyä yhtenäistä, mutkittelevaa uraa pitkin siinä olevaa kärkeä, jolloin virheet merkittiin erikoisella sähkölaskijalla paperille. Viimeksimainitun sähkölaskijan epätarkan rakenteen johdosta ei tämän kokeen tuloksia liitetty päätutkimuksen variaabeleihin.

26. Lajittelu. — Tehtävänä oli lajitella sekoitetusta kasasta pieniä niittejä, joita oli kahta kokoa, ja ruuveja, joita oli sekä tasa- että pallokantaisia, niille varattuihin kh:n edessä pöydällä oleviin lokeroihin. Kutakin ruuvi- ja niittilajia oli 10 kappaletta. Tehtävässä sai käyttää kumpaakin kättä. Reliabiliteetin määrittämiseksi lesti uusittiin välittömästi ensimmäisen suorituksen jälkeen. Kumpaankin lajitte- tuun kulunut aika otettiin tämän variaabelin primääripistemääräksi. (Kuva 18.)

27. Puristusvoima, oikea. Testivälineenä käytettiin soikion muotoista dynamometriä. Kh:ä kehoitettiin puristamaan dynamometriä niin v o i m a k k a a s t i kuin suinkin. Mittarin osoittama kilomäärä muodosti primääripisteluvun.

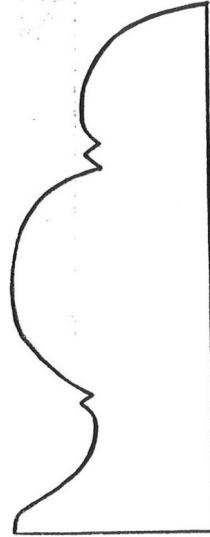
28. Puristusvoima, vasen. Edellinen tehtävä vasemmalla kädellä.

29. Symmetrinen piirustus. — (Joukkokoe.) Tehtävänä oli piirtää paperille piirretyn mallikuvion symmetrinen kuvio samalle paperille. (Kuva 19.) Tehtävän arvostelua varten piirrettiin jokaiseen suoritukseen oikea kuvio pahvimallia käyttäen minkä jälkeen suoritukset asetettiin paremmuusjärjestykseen sen mukaan, miten paljon ne lähenivät oikeata suoritusta. Tämän jälkeen annettiin kullekin suorituk- selle normalisoitu standardiarvo.

30. Taktiilinen erotusherkyys. — Tässä tehtävässä oli kh:n järjestettävä kymmenen eri karkeusasteista metallikappaletta, joiden suuruus oli $50 \times 10 \times 5$ mm, sormen-



Kuva
Fig. 18.



Kuva
Fig. 19

päillä tunnustellen karkeusjärjestykseen. Primääripistemäärä laskettiin vähentämällä kh:n järjestämä permutaatio peruspermutaatiosta ja laskemalla erotusten itseisarvot yhteen. (Kuva 20.)

31. Painerojen arviointi, oikea. — Testivälineenä käytettiin kymmentä pientä pulloa, joiden painot olivat 41, . . . , 68 g kolmen g:n paineroin. Pullot olivat samankokoisia ja maalattu päältäpäin, etteivät kh:t voineet nähdä, miten paljon täytettä niissä oli. Tehtävänä oli järjestää pullot painavuusjärjestykseen oikeata kättä käyttäen. Pistemäärä laskettiin samoin kuin edellisessä tehtävässä. (Kuva 21.)

32. Painerojen arviointi, vasen. — Edellinen tehtävä vasemmalla kädellä suoritettuna.



Kuva
Fig. 20.



Kuva 21.
Fig. 21.

33. Painoerojen arviointi, molemmat. — Tässä tehtävässä käytettiin samoja välineitä kuin edellisissä, mutta kh:ä kehoitettiin suorittamaan arviointi siten, että hän ottaa joka kerta arvioidessaan käsiinsä kaksi pulloa. Toisen arviointi tapahtuu tällöin vasemmalla, toisen oikealla. Vaihtaminen on suoritettava siten, että painot lasketaan välillä pöydälle. Tällä tavalla arvioiden on kaikki kymmenen pulloa asetettava painavuusjärjestykseen. Aikarajoitusta ei tässä eikä edellisissä tehtävissä ollut.

Joukkokokeita:

34. Bourdon, tarkkuus. — Tavanmukainen Bourdon-koee, jossa kh:n oli yliviivattava kaikki s:t, i:t, v:t ja a:t. Työskentely kehoitettiin suorittamaan niin tarkasti kuin suinkin. Minuutin väliajoin oli testiin tehtävä merkki, jonka perusteella sitten määrättiin reliabiliteetti. Koe jatkui 8 minuuttia.

35. Bourdon, nopeus. — Tässä tehtävässä kehoitettiin yliviivaamaan k:t, alleviivaamaan e:t ja piirtämään u-kirjainten ympäri pieni rengas. Merkinnät kehoitettiin tekemään niin nopeasti kuin suinkin. Tehtävää jatkettiin 8 minuuttia ja jokaisen työskentelyminuutin jälkeen oli tehtävä merkki tekstiin reliabiliteetin määrittämistä varten.

36. Ebbinghaus. — Testi käsittää 40 osatehtävää. Aikaa testin suorittamiseen käytettiin 10 minuuttia.

37. Vastakohtien etsiminen. — 20 osatehtävää. Aikaa testin suorittamiseen 10 minuuttia.

38. Sekoitettut sanat. — Viisikymmentä osatehtävää, joissa jokaisessa oli jonkin tutun sanan kirjainten järjestys muutettu. Aikaa 15 minuuttia.

39. Sanojen muodostaminen. — Kuudessa minuutissa oli kirjoitettava mahdollisimman paljon k:lla alkavia ja a:han päättyviä sanoja. Kolmen minuutin kuluttua tehtiin merkki sanaluetteloon reliabiliteetin määrittämiseksi.

40. Kirjallinen laskutaito. — 16 osatehtävää joista neljä yhteen-, neljä vähennys-, neljä kerto- ja neljä jakolaskua. Laskut kehoitettiin suorittamaan niin nopeasti kuin suinkin, mutta samalla mahdollisimman tarkasti. Aikaa 15 minuuttia.

41. Päässälasku. 40 osatehtävää, joista kymmenen peräkkäistä aina samaa yksinkertaista laskutapaa edustavaa. Kunkin tehtävän kohdalla oli 30 sekunnin miettimisaika.

42. Peilitesti. — Variaatio Björsjön käyttämästä peilitestistä. Björsjö, s. 171 ja 172. 40 osatehtävää, joissa oli piirrettävä mallikuvion peilikuva kuvion pyörähtäessä 180 astetta vaakasuoran akselin ympäri. Aikaa yksi tunti. Koehenkilöitä kehoitettiin työskentelemään niin tarkasti kuin suinkin.
43. Ornamentit. — Tehtävänä oli jatkaa tiettyyn rajaviivaan saakka ornamentteja, joista alkuosat oli piirretty näkyviin. 27 osatehtävää. 25 minuuttia.
44. Numerosarjat. — 20 osatehtävää. Aikaa 10 minuuttia.
45. Todistuksen keskiarvo. — Koulun syyslukukauden arvostelun mukaan, joka oli suoritettu noin kolme kuukautta ennen joukkokokeitten alkua. Keskiarvo käsitti kaikki luku- ja harjoitusaineet. Kaikilla oppilailla oli samat aineet, lukuunottamatta luonnonoppia, jota lukivat vain pojat ja kotitaloutta, joka oli yksinomaan työillä oppiaineena.
46. Todistuksen käsityöarvosana. — Syyslukukauden lopussa luokan opettajan suorittama arvostelu.
47. Todistuksen voimisteluarvosana. — Edellä mainittu arvostelu.
48. Käsien asymmetria. — Koska kämmenellä suoritettu nakutus parhaiten edustaa käsimotoriikkaa, muodostettiin pääanalyysin asymmetriavariaabeli tästä testistä siten, että laskettiin, kuinka monta prosenttia parempi kunkin yksilön suoritus oikealla kädellä oli hänen saman testin vasemman käden suoritustaan. Näin saatujen prosenttilukujen jakaantuminen osoitti testin asymmetriasta saatujen suureiden jakaantumista, mikä jakaantuminen lähenee normaalia jakaantumista. Lopulliset mittaluvut muodostettiin standardisoimalla edellä mainitut asymmetriaprosenttiluvut.

2. Tulokset.

a) Yksityisten variaabelien matemaattis-tilastollinen käsittely.

Kun tutkimuksessa käytetyt variaabelit eroavat varsin suuresti toisistaan myöskin siinä tavassa, miten niissä yksilöiden suorituksista annetaan pistelukuja, ja kun eri variaabelien pisteluvut on kuitenkin saatava korrelaatiolaskuja varten vertailukelpoisiksi, muodostuu arvostelu ja primääripistelukujen muuntaminen tällaisessa tutkimuksessa varsin vaikeaksi tehtäväksi. On löydettävä eri variaabeleille sopiva standardiarvojen asteikko, jolle milloin suoritusajan, milloin -tarkkuuden, milloin -määrän perusteella annetut primääripistemäärät voidaan ohjata. Jakaantumiskuvioita tarkasteltaessa todettiin, että pääosa motorisista ja kätevyystesteistä jakaantuu primääripistemäärien perusteella siinä määrin luonnollista jakaantumiskäyrää lähestyen, että normalisoiminen ei ole tarpeen näissä variaabeleissa. Siksi motoriset ja kätevyystestit muutettiin normalisoimatta standardiarvoiksi. Samaa menettelyä sovellettiin myöskin sensorisiin testeihin, jotka yleensä jakaantuivat sangen symmetrisesti.

Älykkyystestit ja todistusvariaabelit sitävastoin ovat saaneet primääripistemääränsä arvoitien perusteella, eikä tällaisia absoluuttisia arvosanoja voida käyttää varsinaisina mittalukuina. Näin ollen todistusarvosanat ja älykkyystestien primääripistemäärät muutettiin normalisoiduiksi standardiarvoiksi. Sopivaksi standardiasteikoksi osoitautui seuraava asteikko: $-2,5, -2, -1,5, -1, -0,5, 0, +0,5, +1, +1,5, +2, +2,5$. Todistusvariaabelien 46. ja 47. todettiin, pienestä luokkien lukumäärästä johtuen, soveltuvan epätydyttävästi tähän asteikkoon, mutta älykkyystestit sitävastoin voitiin sillä »pakottaa» kohtalaiseen hyvin luonnolliseen jakaantumiseen.

Poikien ja tyttöjen suorituksissa oli merkittävää eroa vain käden puristusvoimassa. Koska tällainen ero johtaisi korrelaatioitten suurenmiseen, standardisoitiin poikien ja tyttöjen suoritukset näissä kahdessa variaabelissa erikseen. Kaikissa muissa variaabeleissa sitävastoin voitiin standardisointi suorittaa koko koehenkilöstöä käyttäen.

Taulukossa 10., s. 89 on esitetty eri variaabelien keskiarvot, hajonnat ja reliabiliteetit. Hajontoja ja keskiarvoja ei ole kuitenkaan merkitty niille testeille, jotka on muutettu normalisoiduiksi arvoiksi. Hajontoja tarkasteltaessa voidaan todeta, kun niitä verrataan keskiarvoihin, että testit ovat yleensä kyenneet jakamaan populaation verraten pitkälle asteikolle. Yksilöiden väliset erot ovat siten kyllin suuria, jotta differentiaalipsykologinen käsittely on mahdollinen. Taulukkoon on merkitty variaabelien vinous sarakkeeseen »vinous», jolloin merkintä v tarkoittaa, että jakaantumiskuvio on huomattavasti vino, ja s merkitsee, että jakaantuminen on verraten symmetrinen. Pienen populaation vuoksi ei vinoutta ole laskettu, vaan arvioitu jakaantumistauluista.

b) Testien reliabiliteetti.

Tulosten luotettavuutta arvioitaessa on testien reliabiliteetilla ensiarvoisen tärkeä merkitys, joten differentiaalipsykologisissa tutkimuksissa on tulosten pysyvyyden selvittämiseksi määrättävä käytettyjen testien reliabiliteetit jotakin tähän tarkoitukseen soveltuvaa menetelmää käyttäen. Tässä tutkimuksessa muodostuu reliabiliteetin määrääminen testien suuresta lukumäärästä johtuen käytännössä vaikeasti toteutettavaksi. Osittain myöskin kätevyys- ja motoristen sekä sensoristen testien erikoisluonne aiheuttaa sekä periaatteellisia että käytännöllisiä vaikeuksia. Pitkästä testisarjasta johtuen ei ollut mahdollista toistaa kaikkia testejä kokonaisuudessaan uudelleen, koska testaustilanne olisi tällöin pidentynyt siinä määrin, että väsymys- ja kyl-

Taulukko
Table 10.

Variaabelien keskiarvot hajonnat, vinous ja reliabiliteetit sekä kommunaliteetit.

Means, standard deviations, skewness (s = symmetrical, v = skew), reliabilities and communalities of the variables.

Variaabeli Variable	M	σ	Vinous Skewness	Reliabiliteetti Reliability		h ²
				r	ρ	
1. Elinikä	14,5		v			.36
2. Pituus	157,13	7,67	s			.61
3. Paino	49,16	8,81	s			.65
4. Paperin leikkaaminen	112,17	33,00	s	.48	.55	.27
5. Pisteitys, oikea	52,60	12,02	v	.80		.75
6. Pisteitys, vasen	61,94	14,65	v	.85		.42
7. Pujottelu	145,6	19,18	s		.63	.76
8. Renkaankuljetus, oikea ..	55,20	11,95	s	.28		.23
9. Renkaankuljetus, vasen ..	50,83	10,60	v	.58		.27
10. Nakutus, peukalo, oikea ..	32,12	7,70	s			.49
11. Nakutus, peukalo, vasen	30,87	5,47	s			.52
12. Nakutus kyynärv., oikea	43,33	12,44	s			.71
13. Nakutus kyynärv., vasen	43,22	10,20	v			.76
14. Kierto kyynärv., oikea ..	24,03	5,71	s			.50
15. Kierto kyynärv., vasen ..	22,98	5,89	s			.57
16. Pyöritys kyynärv., oikea	85,22	13,55	s		.87	.60
17. Pyöritys kyynärv., vasen	68,78	13,15	s		.88	.52
18. Kiekkolauta, oikea	65,60	6,72	s		.53	.63
19. Kiekkolauta, vasen	68,10	5,96	s		.52	.57
20. Kiekkolauta, molemmat ..	87,19	9,73	s		.66	.51
21. Solmiaminen	49,11	14,73	v		.52	.25
22. Kiertoliikk. seur., oikea ..	44,32	14,88	s		.48	.59
23. Kiertoliikk., seur., vasen	45,52	16,00	s		.50	.49
24. Pallotesti	240,79	104,80	v		.60	.65
25. Käsien ko'ordinaatio ....						.30
26. Lajittelu	181,83	28,87	s		.75	.39
27. Puristusvoima, oikea, poj.	33,90	5,99	s		.88	
27. Puristusvoima, oikea, tyt.	24,16	3,27	s		.76	
28. Puristusvoima, vasen, poj.	30,03	5,73	s		.94	
28. Puristusvoima, vasen, tyt.	21,96	2,24	s		.84	
29. Symmetrinen piirustus ...						.32
30. Taktiilinen erot.herkk.	7,90	4,90	v		.55	.36
31. Painoerojen arviointi,	3,78	2,64	v		.13	.22
32. Painoerojen arviointi, vas.	4,41	2,78	v		.60	.16
33. Painoerojen arviointi, mol.	6,06	3,54	v		.49	.19

lästymistekijät olisivat todennäköisesti vaikuttaneet tuloksiin. Useimmissa testeissä osoittautui uusintatestausmenetelmä siten soveltumattomaksi. Rinnakkaistestimenetelmä oli myöskin hylättävä samasta syystä. Kun motoristen ja kätevyystestien sekä sensoristenkin testien puolittaminen on niinkään käytännössä perin vaikeata, eikä sitä voida saada periaatteessa aivan analogiseksi (älykkyystestien reliabiliteetin määrittämiseen helposti soveltuvan) puolitusmenetelmän kanssa, ei tälläkään menetelmä soveltunut sellaisenaan käytettäväksi tässä tutkimuksessa.

Edellämainitut vaikeudet huomioonottaen jouduttiin reliabiliteetin määrittämisessä turvautumaan eri testien yhteydessä verraten erilaisiin menetelmiin, kuten testien esittelystä edellä käykin selville. Eräissä tapauksissa osoittautui käyttökelpoiseksi menetelmäksi seuraavantalainen uusintatestaus- ja puolitusmenetelmän välimuoto. Sama testi (esim. pallotesti) suoritettiin neljä kertaa peräkkäin ja reliabiliteettikorrelaatio laskettiin pisteluvuista, jotka oli saatu laskemalla yhteen ensimmäisen ja kolmannen sekä toisessa sarjassa toisen ja neljännen suorituskerran pisteluvut. Tämän kertoimen arvoa heikentää se, että motorisluontoisissa tehtävissä on todettu korrelaatioiden lisääntyvän peräkkäisten suoritusten välillä varsinkin ensimmäisillä suorituskeroilla verraten runsaasti. Ilmeistä on, että kerroin näin ollen saa »oikeata» arvoa hieman alhaisemman arvon, joskaan poikkeama ei muodostune kovin suureksi.

Useiden testien kohdalla oli meneteltävä reliabiliteetin määrittämiseksi siten, että merkittiin tehtävän kuluessa sen alkuosan suoritusajaksi muistiin ja reliabiliteetti laskettiin alkuosan ja loppuosan välillä. Tällainen »puolitusmenetelmä» sisältää sen heikkouden, että eri yksilöt asennoituvat tehtävään eri tavoin sen eri vaiheissa. Toinen kh saattaa parantaa suoritustaan loppua kohden, kun taas toinen saattaa vastoinkäymisiä kohdatessaan jo lyhyessäkin testissä jonkin verran menettää otettaan. Tehtävän alkuosa on siten psykologisesti erilainen kuin sen loppuosa ja tämä seikka on omiaan alentamaan reliabiliteettikorrelaatioita. Eräissä testeissä alkuosa saattaa muodollisestikin, suoritusjärjestyksensä puolesta, tulla eri henkilöillä siinä määrin erilaiseksi, ettei ole kysymys enää samojen suoritusten vertailemisesta korrelaatioita määrättäessä. Näin on laita esimerkiksi kiekkolautatestin, kun se suoritetaan molemmilla käsillä. Näin saadut reliabiliteettikorrelaatiot osoittautuvat tämän tutkimuksen mukaan varsin usein saman suuruisiksi kuin samojen suoritusten konstanssikorrelaatiot, jotka on saatu laskemalla $\frac{1}{2}$ —1 kuukauden kuluttua suoritettujen uusintatestauksien ja alkuperäisten kokeitten väliset korrelaatiot.

Tarkasteltaessa taulukossa 10. esitettyjä reliabiliteetteja voidaan todeta, että ne vaihtelevat suuresti. Korkeimpia arvoja tavataan käden puristusvoimaa ja kyynärvarren pyöritystä sekä tarkkuutta edellyttävissä pisteitystesteissä. Näiden testien pysyvyyttä on pidettävä hyvänä, mikäli tässä asetetaan samat vaatimukset kuin älykkyystestien reliabiliteettia arvosteltaessa. (Vahervuo 1952, s. 176.) Voidaan niinikään panna merkille, että nämä testit edustavat kolmea, intuitiivisesti arvioiden ja empiirisestikin todeten toisistaan selvästi eroavaa funktioyhmää: käsivoimaa, käden motorista nopeutta ja käsiliikkeitten tarkkuutta. Tuntuu todennäköiseltä, että komplisoidumpienkin testien kohdalla sopivampaa menetelmää käyttäen päästäisiin korkeampiin reliabiliteettiarvoihin. Useimpien kätevyystestien kohdalla tämä reliabiliteetin kohoaminen olisi katsottava tarpeelliseksi, sillä käytettyjen kätevyystestien reliabiliteetti on yleensä .50—.80 suuruusluokkaa.

Eräitten testien reliabiliteetti on osoittautunut varsin heikoksi. Näin on laita renkaankuljetustestin oikealla kädellä suoritettuna, sekä painoerojen arviointitestin niinikään oikealla kädellä suoritettuna. Näitä testejä ei kuitenkaan ole katsottu olevan syytä jättää seuraavissa faktorianalyyseissa käsittelemättä, koska suuret matriisit saavat aikaan verraten stabiilin faktorirakenteen, joten nämä testit tuskin aiheuttavat merkittävää tulosten karkeutta.

Eräiden testien reliabiliteetti on täytynyt jättää kokonaan määräämättä. Lukuunottamatta eliniän, pituuden ja painon variaabeleita, joissa reliabiliteetti on luonnostaan täydellinen, on eräissä käsimotoriikkaa koskevissa testeissä sekä kahdessa kätevyystestissä, nimittäin käsien ko'ordinaatiotestissä ja symmetrisessä piirtämistehtävässä, katsottu reliabiliteetin määrääminen tässä tutkimuksessa mahdottomaksi.¹⁾

Mitä erikoisesti käsimotoriikkaan tulee, suunniteltiin tätä tutkimusta varten seuraava menetelmä, joka kuitenkin hankittujen laitteiden epätäydellisyyden vuoksi osoittautui käytännössä epätarkkoihin tuloksiin johtavaksi. Rakennettiin yksinkertaisen käsimotoriikan innervaatioiden nopeutta mittaava sysäystenlukija, jolla pystyttiin tarkoin määräämään eri sormilla, kyynärvarrella ja kämmenellä suoritettujen edestakaisten liikkeitten lukumäärä kymmenen sekunnin aikana. Sysäystenlukijaan kytkettiin sähkömoottorin käyttämä laskija, joka merkitsi

1) Huomattakoon kuitenkin, että reliabiliteetti on testin yhteisen ja spesifisen varianssin summa ($r_{jj} = h^2 + b^2$) ja reliabiliteetti on siten aina suurempi kuin kommunaliteetti (tai yhtä suuri kuin kommunaliteetti). Taulukossa 10. on kommunaliteetit merkitty näkyviin, jotta voitaisiin niistä arvioida reliabiliteettia.

pyöriävällä sylinterillä olevalle paperille sysäykset viivoina. Kun tällainen paperi poistetaan sylinteriltä, voidaan siinä olevien viivojen perusteella tehdä johtopäätöksiä käsimotoriikan innervaatioiden rytmistä. Eräänlainen puolitusmenetelmä motoristen innervaatioiden reliabiliteetin määrittämiseksi on tällöin mahdollinen siten, että puolitetaan mainittu paperiarkki ja määrätään kummallekin puoliskolle tulleiden nakutusten lukumäärä. Näitten lukujen perusteella lasketaan sitten puolitusreliabiliteetti. Vaikka tässä tutkimuksessa käytetty laskijalaite olikin teknillisesti epätarkka, voitiin kuitenkin todeta, että yksinkertainen innervaatiomotoriikka on erittäin säännöllistä, jopa siinä määrin, että se kymmenen sekunnin aikana, minkä kullakin sormella suoritettu nakutus kesti, tulisi edellä mainittu puolituskorrelaatio olemaan ilmeisesti hyvin lähellä arvoa 1.00. Näin on erikoisesti laita peukalon, etusormen, keskisormen, kämmenen ja kyynärvarren innervaatioiden. Nimetön sormi ja pikkusormi sekä kyynärvarren kiertoliike eivät sitävastoin noudata läheskään yhtä tasaista rytmiä.

Epäilemättä tämän tutkimuksen reliabiliteettimäärittelyjen kirjavuus on omiaan vähentämään jonkin verran tutkimuksen luotettavuutta. Käytännölliset vaikeudet ja tutkimuksen laajuuden huomioonottaen on kuitenkin todettava, että testien reliabiliteetti on keskimäärin otettuna tyydyttävä, varsinkin kun pidetään mielessä, että eräät vähäiset reliabiliteettiarvot ovat ilmeisesti »oikeita» arvoja jonkin verran alhaisempia.

Tutkimuksessa käytettyjen älykkyystestien reliabiliteetti ja faktorirakenne.

Käytetyt yhdeksän analyyttistä älykkyystestiä suunniteltiin tätä tutkimusta varten yleisesti käytännössä olevien älykkyystestien mukaan. Näin ollen on saatava varmuus siitä, että käytetyt älykkyystestit todella pystyvät älykkyyttä mittaamaan. Älykkyystestien luotettavuutta ei kuitenkaan voida käydä yksityiskohtaisesti selvittämään. Kun älykkyystestit esitettiin vain kerran, ei niiden konstanssista voida tehdä korrelaatiolaskuihin perustuvia päätelmiä. Käytetyt älykkyystestit on kuitenkin suunniteltu siten, että reliabiliteetti voidaan määrätä split-half-metodilla. Taulukossa 11. on esitetty testien puoliskojen väliset korrelaatiot (r) ja näistä lasketut reliabiliteetit (r_{aa}).

Älykkyystestien reliabiliteetit ovat Ebbinghaus-testiä ja sekoitettujen sanojen testiä lukuunottamatta varsin tyydyttäviä. Korkeampia arvoja ei käytännössä voida testiä huomattavasti jatkamatta saavuttaa. Toisaalta pienen populaation aiheuttamat satunnaisvirheet eivät näin korkeilla arvoilla tee testipysyvyyttä kyseenalaiseksi, sillä keskivirheet jäävät yleensä varsin vähäisiksi.

Taulukko
Table 11.

Älykkyystestien reliabiliteetit.
Reliabilities of the intelligence tests.

Testi Test	r	r _{aa}	r (rinnakk.sarj.)
36. Ebbinghaus .....	.39	.56	
37. Vastak.etsiminen .....	.68	.81	
38. Sekoitettut sanat .....	.42	.59	
39. Sanojen muodostaminen ..			.67
40. Kirjallinen laskutehtävä ..	.60	.75	
41. Päässälasku .....	.80	.89	
42. Peilitesti .....	.95	.97	
43. Ornamentit .....	.77	.87	
44. Numerosarjat .....	.70	.82	

Älykkyystestien pätevyys arviointi on tässä tutkimuksessa vaikeammin suoritettavissa. Ensinnä voidaan intuitiivisesti todeta, että käytetyt analyyttiset testit ovat mahdollisimman suuressa määrin analogisia yleisesti käytettyjen analyyttisten testien kanssa. Toisaalta voidaan todeta, että niiden korrelaatiot koulumenestykseen ovat keskimäärin kohtalaista suuruusluokkaa (.23—.61). Edelleen havaitaan, että käytetyt älykkyystestit muodostavat korrelaatiomatriisin, joka faktorianalyysillä on hajoitettavissa kolmeksi älykkyystekijäksi. Nämä tekijät (taulukko 12, s. 94.) ovat seuraavat:

I sanalliset suhteet (V-faktori).

II numeerinen tekijä (N-faktori).

III sanallinen sujuvuus (W-faktori).

Näin ollen voidaan pitää varmana, että päätutkimuksen älykkyystestit edustavat lähinnä kolmea yleisesti tunnettua älykkyystekijää. Visualisoimistekijää, joka tutkimuksen kannalta olisi tärkeä, ei kuitenkaan voida todeta. Molempien visualisoimistestien kommunaliteetitkin ovat kovin heikot (.43 ja .30).

Tarkasteltaessa tämän tutkimuksen älykkyystestien ja kätevyystestien välisiä korrelaatioita ja suorittamalla älykkyyden ja kätevyys osamatriisianalyysi voidaan todeta, että korrelaatiot ja osamatriisin painokertoimet ovat varsin monissa tapauksissa samaa suuruusluokkaa kuin muissakin tutkimuksissa, joissa on käytetty analyyttisiä älykkyystestejä kätevyystestien ohella. Ei ole mitään syytä otaksua, että mai-

Taulukko
Table 12.

Älykkyystestien faktorirakenne.
Factor structure of the intelligence tests.

Testit Tests	Alkuperäiset faktorit Orthogonal matrix				Rotatoidut faktorit Rotated matrix		
	I	II	III	h^2	I	II	III
36. Ebbinghaus .....	.62	.22	-.10	.44	-.01	.21	.46
37. Vastak. etsim. ....	.53	.44	-.40	.63	-.21	.66	.78
38. Sekoitett. sanat ..	.65	.14	.21	.49	.05	.03	.44
39. Sanojen muod. ....	.62	.28	.41	.63	-.11	-.03	.66
40. Kirjall. lask. ....	.50	-.33	.37	.50	.43	-.42	.00
41. Päässä-lasku .....	.67	-.21	.08	.50	.40	-.10	.41
42. Peilitesti .....	.49	.15	-.18	.30	.03	.31	.23
43. Ornamentit .....	.65	-.07	.05	.43	.26	.01	.16
44. Numerosarjat .....	.49	-.50	-.40	.65	.66	.04	-.51

nittu yhdensuuntaisuus olisi sattuman aiheuttamaa. Päinvastoin pidämme tulosten yhtäpitävyyttä toisten tutkijoiden esittämien tulosten suhteen todistuksena siitä, että käytetyt testit mittaavat riittävän tarkasti sitä, mitä ne on tarkoitettu mittaamaan.

c) Kätevyiden konstanssi.

Kätevyyden differentiaalipsykologisen tutkimuksen tulokset liittyvät läheisesti kysymykseen mitattavan kohteen, kätevyiden, pysyvyydestä eli konstanssista. Jos kohde ei ole pysyvä, vaan mittaus-tulokset vaihtelevat suuresti mitattaessa samalla välineellä eri ajan-kohtina, menettävät tulokset suurimman osan merkityksestään. Tosin varioivastakin kohteesta saaduilla tuloksilla on teoreettista, yleisluontoista arvoa, mutta käytännössä tulosten pitäisi diagnoosia ja prognoosia ajatellen kantaa yli kunkinhetkisten koetilanteitten. Luonnollisesti kätevyiden teoriaakin voidaan pitää arvokkaampana, jos se koskee suorituskyykyä, jolla on differentiaalipsykologisesti samat piirteet jatkuvasti eikä vain tietyt piirteet tietyssä aktuaalisessa, hetkellisessä tilanteessa.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että motorisissa variaabeleissa esiintyy huomattavaa vaihtelua eritoten ensimmäisten perättäisten kokeitten välillä, mutta koesarjan pidentyessä korrelaatiot suurenevät testistä riippuen. (Langdon 1932.) Tällainen reaktioajoillekin ominainen vaihtelu todennäköisesti vaikuttaa kätevyteenkin aiheuttaen jonkin verran kätevyiden inkonstanssia. Käytännöllisissä työ-

suorituksissa, jotka edellyttävät kätevyyttä, on kuitenkin todettu varsin huomattavaa konstanssia. (Esim. Tiffin 1947). Perusteellisemmin on kätevyuden konstanssia tutkinut Trankell. Hän kiinnittää huomiota myöskin siihen, että mittausvälineen konstanssi olisi erotettava välineen mittaaman kohteen konstanssista.¹⁾ Testin konstanssi voi olla heikko verraten lyhyenkin aikavälin ollessa kysymyksessä, mikä johtuu siitä, että sama testi edellyttää eri ikäasteilla erilaisia käyttöfunktioita. Jos populaatio on ikävariaabelin suhteen huomattavasti vaihteleva tai jos kätevyuden edellyttämät funktiot heräävät eri yksilöillä eri ikäkohtina, aiheutuu tästä huomattavaa inkonstanssia, josta osa johtuu mittausvälineestä, osa kohteesta. Toistaiseksi puuttuu tutkimuksia, joissa olisi konstanssin tutkimisen kannalta tärkeät ehdot täytetty. Nämä ehdot olisivat nähdäksemme seuraavat:

1) konstanssin määrääminen on suoritettava eri populaatioilla eri suuruisin aikavälein,

2) konstanssi on määrättävä tiettyjä ikätasoja varten,

3) kätevyuden konstanssia tutkittaessa on testi toistettava samassa koetilanteessa useita kertoja ja

4) populaation on oltava homogeeninen.

Käyttämistään testeistä mainitsee Trankell tracing-testin konstanssin olevan .74—.77 suuruusluokkaa ja nakutustestin .89—.93. Aikaero oli tällöin 4 viikkoa ja kh:t 7 vuoden ikäisiä. Nämä tuokset osoittavat, että yksinkertaisen innervaatioiden nopeutta mittaavan testin konstanssi on huomattavan korkea ja samalla tuntuvasti suurempi kuin lähempänä kätevyysfunktioita olevan, tarkkuutta edellyttävän testin. Todennäköisesti kätevyystestien konstanssi heikkenee yhä enemmän, mitä kauemmaksi etäännyttään yksinkertaisesta motoriikasta. Kätevyystestien konstanssin yksityiskohtainen analysoiminen ei ole tämän tutkimuksen tehtävä, mutta orientoivan tiedon hankkimiseksi eräitten kätevyystestien konstanssista suoritettiin niitä käyttäen uusintatestaus noin $\frac{1}{2}$ —1 kuukautta yksilökokeitten jälkeen. Tulokset pääkokeitten ja uusintakokeitten välisistä korrelaatioista on esitetty taulukossa 13., s. 96.

Kun uusintatestauksen suorittaminen tapahtui verraten vähäisen väliajan kuluttua, on tuskin luultavaa, että kohteen inkonstanssi yksinään aiheuttaisi sen, että kätevyystestien korrelaatiot ovat yleensä vain kohtalaisen voimakasta korrelaatiota osoittavia. Todennäköisesti verraten heikko konstanssi johtuu suuressa määrin siitä, ettei kätevyys-

1) Trankell (1950) noudattaa tässä Ekmanin (1947) esittämiä menetelmiä.

Taulukko
Table 13.

Korrelaatiot alkuperäisten tulosten ja uusintakokeitten välillä eräissä testeissä.

Some testing-retesting correlations. The tests are numbered as in the list p. 194–195.

Testi Test	Pojat Boys <i>e</i>	Tytöt Girls <i>e</i>	Koko populaatio The whole group <i>r</i>	
4. Paperinleikkaus .....	.50	.33	.36	(<i>e</i> .45)
8. Renkaankuljetus, oikea .....	.57	.38		
9. Renkaankuljetus, vasen .....	.53	.52		
18. Kiekkolauta, oikea .....	.60	.57		
19. Kiekkolauta, vasen .....	.84	.53		
21. Solmiaminen .....	.45	.50		
22. Kiertoliikkeen seur., oikea ....	.59	.38		
23. Kiertoliikkeen seur., vasen .....	.49	.53		
30. Taktiilinen erotusherkyys .....	.05	.54	.32	
31. Painoerojen arviointi, oikea ....	.35	.17	.09	
32. Painoerojen arviointi, vasen ....	.18	.02	.09	
33. Painoerojen arviointi, molemm.	.43	.29	.24	

testien reliabiliteetti ole korkea, vaan samaa suuruusluokkaa edustava kuin konstanssikin. Osaksi inkonstanssi saattaa aiheutua siitä, että tutkimuksessa käytetty populaatio ei ole kyllin homogeeninen konstanssitutkimukseen. Sensoriset testit ovat heikkoja sekä reliabiliteetiltään että konstanssiltaan. Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä sitä johtopäätöstä, että kätevyystestien heikko reliabiliteetti ja konstanssi johtuisi näiden testien edellyttämän kätevyyden funktioihin sisältyvien sensoristen funktioiden heikosta reliabiliteetista ja konstanssista.

Kun faktorianalyysi suoritetaan korrelaatioilla, jotka on laskettu empiiristen koetulosten perusteella, herää konstanssin yhteydessä kysymys, pysyvätkö eri testien väliset korrelaatiot yli kunkinhetkisen koetilanteen ja ovatko faktorianalyysin antamat tulokset siten pysyviä tietyllä populaatiolla. Korrelaatioiden pysyvyyden selvittämiseksi laskettiin uusintatestien väliset korrelaatiot. Kun näitä verrataan alkuperäisiin korrelaatioihin, todetaan, että pääosa poikkeamista on $.00 \pm .16$ suuruusluokkaa ja korrelaatioiden lisääntymistä on tapahtunut keskimäärin samassa määrin kuin vähenemistäkin. Kun useimpien korrelaatioiden itseisarvot ovat vähäisiä, vaikuttaisi vähäininkin inkonstanssi ilmeisesti jonkin verran faktorianalyysiin, joten uusinta-

testauksen faktorirakenne olisi ilmeisesti jonkin verran toinen kuin alkuperäisen testauksen avulla määrätty. Suurta matriisia käytettäessä korrelaatioiden poikkeamat kuitenkin tasoittavat toisiaan ja korkeamat korrelaatiot saavat suuremman merkityksen, joten faktorirakenne tuskin oleellisesti muuttuisi, jos se samalla populaatiolla suoritettujen uusintakokeitten perusteella määrättäisiin uudelleen.

d) Pääanalyysi.

Kätevyyden funktiokompleksin kvantitatiivisen analyysin suorittamiseen käytettiin 48:n edellä luetellun variaabelin välisiä korrelaatioita, joten päämatriisi tuli käsittämään kaikkiaan 1128 korrelaatiokerrointa. Koehenkilöitten pienestä lukumäärästä huolimatta käytettiin kaikkien näitten korrelaatioitten laskemisessa Pearsonin r-kerrointa, jonka arvo voi satunnaisesti nousta kokonaisfrekvenssillä 63 aina arvoon .37, 1 % tasolla arvoon .32 ja 5 % tasolla arvoon .25.

Faktorianalyysi suoritettiin Thurstonen sentroidimenetelmää käyttäen. Kaikkiaan 7 tekijää eristettiin, minkä jälkeen todettiin residuaalien jakautuvan luonnollisen jakautumiskäyrän mukaisesti keskiarvon ollessa .00. Rotatointi, joka matriisilla 48×7 on varsin suuritöinen tehtävä, suoritettiin Thurstonen esittämää menetelmää («The method of minimizing weighted sums» Thurstone 1947.) käyttäen. Lukuisista yrityksistä huolimatta johti rotatointi viimeisten tekijöitten osalta jonkin verran epätydyttäviin tuloksiin. Voidaan kuitenkin todeta, että useimmat tekijät ovat varsin selväpiirteisiä yksinkertaisen faktorirakenteen edustajia ja johtavat yksikäsitteisiin tulkintoihin. Korrelaatioitten verraten suuren keskivirheen huomioonottaen on tuloksiin kuitenkin suhtauduttava kriittisesti. Pienet kerrointen suuruuserot eivät ole merkitseviä, eivät myöskään pienet kertoimet. Toisaalta suuri matriisi on omiaan vähentämään satunnaisvirheitten vaikutusta dainokertoimissa.

Testien väliset interkorrelaatiot nähdään taulukossa 14., ss. 98—99 alkuperäiset faktorit taulukossa 15., ss. 100—101 ja rotatoidut faktorit taulukossa 16., ss. 101—102.

Faktorien signifikanssin tarkistus osoittautuu tässä analyysissä perin vaikeaksi, sillä useimmat niistä kriteereistä, joilla on yritetty määrätä faktoreitten lukumäärä, antavat erilaisia tuloksia. Lopullisessa arvioinnissa on pidetty silmällä pääasiassa sitä olettamusta, että käytetyistä testeistä ei voida eristää enempää kuin 7—9 faktoria. Samalla on tutkittu residuaalien jakaantumista, ja negatiivisten latausten lukumäärää. Residuaalien jakaantuminen lähenee VII faktorin jälkeen selvästi normaalia jakaantumista. Samalla tapahtuu voimakas negatiivisten latausten lukumäärän väheneminen.

Taulukko
Table 15.

Orientoivan analyysin faktorimatriisi.

Factor matrix of the orientating analysis. The tests of this Table are numbered as in the list pp. 194—195.

Testit Tests	Alkuperäiset faktorit							Orthogonal matrix	h ²
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
1. Elinikä	—02	37	27	03	36	08	12	36	
2. Pituus	12	39	57	14	13	16	24	61	
3. Paino	10	24	57	—09	07	17	46	65	
4. Paperin leikkaaminen	30	—20	16	—13	24	13	15	27	
5. Pisteitys, oikea	60	26	—17	—26	37	—28	08	75	
6. Pisteitys, vasen	28	33	—20	—06	27	—32	08	42	
7. Pujottelu	62	43	—15	18	15	27	—19	76	
8. Renkaankuljetus, oikea	27	15	11	14	15	—03	—29	23	
9. Renkaankuljetus, vasen	25	17	—04	17	18	15	—31	27	
10. Nakutus, peukalo, oikea	49	17	—26	—36	—07	07	13	49	
11. Nakutus, peukalo, vasen	44	30	—29	—32	—17	—09	10	52	
12. Nakutus, kyynärv., oikea	62	26	—26	—36	—17	14	13	71	
13. Nakutus, kyynärv., vasen	63	39	—33	—19	—21	—13	06	76	
14. Kierto, kyynärv., oikea	55	28	—26	—11	—13	14	—06	50	
15. Kierto, kyynärv., vasen	59	27	—23	—16	—17	—13	—16	57	
16. Pyöritys, kyynärv., oikea	49	44	—08	20	—30	—16	05	60	
17. Pyöritys, kyynärv., vasen	47	37	—08	21	—25	—16	—16	52	
18. Kiekkolauta, oikea	61	—25	—21	27	23	—12	11	63	
19. Kiekkolauta, vasen	48	—07	—42	26	18	—23	09	57	
20. Kiekkolauta, molemmat	46	12	—15	32	23	—08	—31	51	
21. Solmiaminen	19	—37	—07	—10	20	13	05	25	
22. Kiertoliikk. seur., oikea	60	38	05	09	11	20	—16	59	
23. Kiertoliikkeen seur., vasen	37	36	10	33	—12	07	—29	49	
24. Pallotesti	43	32	29	—16	10	41	—27	65	
25. Käsien ko'ordinaatio	39	—26	—08	06	—22	14	04	30	
26. Lajittelu	45	09	—13	14	26	—25	09	39	
27. Puristusvoima, oikea	36	35	56	22	—04	—16	23	69	
28. Puristusvoima, vasen	35	37	43	06	—20	—14	27	58	
29. Symmetrinen piirustus	41	—25	—21	11	04	17	—12	32	
30. Taktiilinen erot. herkk.	28	—08	—16	—09	—33	34	11	36	
31. Painoerojen arviointi, oikea ..	06	—12	—39	08	12	14	07	22	
32. Painoerojen arviointi, vasen ..	13	—04	02	—11	32	07	—14	16	
33. Painoerojen arviointi, mol. ..	10	—19	—26	—13	16	15	—12	19	
34. Bourdon, tarkkuus	07	—39	—21	29	06	—05	11	30	
35. Bourdon, nopeus	12	—13	21	—27	21	—28	—12	29	
36. Ebbinghaus	56	—33	23	27	08	—15	—19	61	
37. Vastakohtien etsiminen	49	—17	12	05	—24	20	06	39	
38. Sekoitettut sanat	53	—42	—03	—03	15	06	13	50	

Taulukko
Table 15. (jatkoa)

Orientoivan analyysin faktorimatriisi.

Factor matrix of the orientating analysis. The tests of this Table are numbered as in the list pp. 194—195.

Testit Tests	Alkuperäiset faktorit			Orthogonal matrix				h ²
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
39. Sanojen muodostaminen.....	52	-23	10	05	03	-16	20	40
40. Kirjallinen laskutaito.....	41	-37	09	-23	14	-19	16	54
41. Pääsälasku.....	43	-45	03	22	-04	12	15	48
42. Peilitesti.....	48	-10	20	-11	-13	11	-18	35
43. Ornamentit.....	51	-41	11	10	07	-33	11	58
44. Numerosarjat.....	22	-24	24	27	-24	23	07	35
45. Todistuksen keskiarvo.....	54	-48	36	-16	07	-20	-09	73
46. Todistuksen käsityöarvosana..	32	-44	34	-35	-11	-22	-27	67
47. Todistuksen voimisteluarvosana	31	-31	15	-46	-24	-16	-35	63
48. Käsien asymmetria.....	34	07	-03	-19	16	34	02	30

Taulukko
Table 16.

Orientoivan analyysin faktorimatriisi.

Factor matrix of the orientating analysis. The numbering of the tests is the same as in the list pp. 194—195.

Testit Tests	Rotatoidut faktorit			Rotated matrix			
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Elinikä.....	-11	17	-04	21	44	-29	04
2. Pituus.....	05	07	01	13	74	-34	01
3. Paino.....	-05	-01	11	07	70	-34	07
4. Paperin leikkaaminen.....	24	09	17	38	24	01	29
5. Pisteitys, oikea.....	18	78	52	58	12	05	51
6. Pisteitys, vasen.....	01	59	28	26	02	01	23
7. Pujottelu.....	22	57	50	52	39	02	01
8. Renkaankuljetus, oikea.....	29	25	05	32	18	-02	19
9. Renkaankuljetus, vasen.....	20	24	11	36	14	02	04
10. Nakutus, peukalo, oikea.....	-03	45	70	27	06	-02	16
11. Nakutus, peukalo, vasen....	-08	50	67	13	-01	-08	13
12. Nakutus, kyynärv., oikea....	-01	52	84	29	15	-06	13
13. Nakutus, kyynärv., vasen...	05	66	75	20	06	-01	14
14. Kierto, kyynärv., oikea.....	08	47	66	28	13	00	04
15. Kierto, kyynärv., vasen.....	18	56	71	27	01	00	23
16. Pyöritys, kyynärv., oikea....	17	47	44	00	26	00	-04

Taulukko
Table 16. (jatkoa)

Orientoivan analyysin faktorimatriisi.

Factor matrix of the orientating analysis. The numbering of the tests is the same as in the list p. 194—195

Testit Tests	Rotatoidut faktorit				Rotated matrix		
	I	II	III	IV	V	VI	VII
17. Pyöritys, kyynärv., vasen ...	25	44	36	08	17	01	03
18. Kiekkolauta, oikea	55	41	22	44	04	64	28
19. Kiekkolauta, vasen	35	50	25	28	-03	56	14
20. Kiekkolauta, molemmat	43	46	13	44	08	27	18
21. Solmiaminen	21	35	10	29	-05	29	20
22. Kiertoliikkeen seur., oikea	27	50	46	50	46	-07	14
23. Kiertoliikkeen seur., vasen ..	28	27	17	18	32	-06	-04
24. Pallotesti	16	25	37	52	54	-35	18
25. Käsien ko'ordinaatio	32	02	18	04	03	32	05
26. Lajittelu	31	51	22	35	09	28	27
27. Puristusvoima, oikea	31	24	10	11	66	-18	19
28. Puristusvoima, vasen	17	24	26	00	55	-23	13
29. Symmetrinen piirustus	36	14	23	32	-03	40	09
30. Taktiilinen erot. herkk.	02	-03	42	-02	07	10	-17
31. Painoerojen arviointi, oikea ..	-04	08	10	09	-18	31	-15
32. Painoerojen arviointi, vasen ..	-06	-01	-13	21	-03	-08	11
33. Painoerojen arviointi, molemmat	03	06	13	24	-18	18	07
34. Bourdon, tarkkuus	25	-07	-15	00	-20	54	-04
35. Bourdon, nopeus	21	14	-01	27	-03	-06	51
36. Ebbinghaus	77	05	02	42	16	43	45
37. Vastakohtien etsiminen	39	04	33	18	26	20	10
38. Sekoitettut sanat	47	17	26	43	08	47	36
39. Sanojen muodostaminen	47	24	23	28	16	36	36
40. Kirjallinen laskutaito	39	09	22	34	01	29	53
41. Päässälasku	52	-04	11	21	12	43	13
42. Peilitesti	40	12	32	32	22	02	31
43. Ornamentit	63	21	02	30	02	50	50
44. Numerosarjat	35	-23	-01	-02	27	22	-08
45. Todistuksen keskiarvo	69	11	11	46	12	27	71
46. Todistuksen käsityöarvosana	50	-04	09	27	-07	04	66
47. Todistuksen voimisteluarvosana	33	02	26	21	-19	-06	54
48. Käsien asymmetria	04	21	40	40	26	-04	10

Edelleen voidaan todeta, että residuaalien summat pienenevät jatkuvasti (Thurstone-Mosier'in kriteeri). Myöskin Guilford-Lacey'n kriteeri, jonka mukaan faktori jätetään pois, jos kahden korkeimman painokertoimen tulo ei ylitä latausten kaksinkertaista keskivirhettä, on tällä faktorimäärällä juuri täytetty, joskin niukasti.

Taulukko
Table 17.

Transformaatiomatriisi
Transformation matrix Λ

	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	65	62	69	63	35	32	47
2	-46	47	30	-05	39	-65	-26
3	32	-29	-30	09	66	-41	35
4	38	-10	-48	-17	17	50	-43
5	06	33	-21	68	14	11	35
6	-21	-43	20	17	40	-12	-48
7	-26	10	17	-27	28	17	-21

Taulukko
Table 18.

Matriisi
Matrix $\Lambda' \Lambda = C$

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1.00	14	-07	47	18	55	55
II	14	1.00	57	48	09	07	41
III	-07	57	1.00	32	18	-11	14
IV	47	48	32	1.00	32	12	62
V	18	09	18	32	1.00	-31	02
VI	55	07	-11	12	-31	1.00	02
VII	55	41	14	62	02	02	1.00

Taulukko
Table 19.

Alkeistekijäin väliset korrelaatiot Rt
Correlations between primarys Rt

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1.00	21	10	05	-57	-77	-70
II	21	1.00	-50	-15	-09	-23	-30
III	10	-50	1.00	-15	-08	04	08
IV	05	-15	-15	1.00	-39	-23	-47
V	-57	-09	-08	-39	1.00	64	55
VI	-77	-23	04	-23	64	1.00	61
VII	-70	-30	08	-47	55	61	1.00

Burtin kriteerin mukaan voitaisiin ottaa mukaan vain kaksi faktoria, mikä epäilemättä on liian vähän.

Mahdollista on, että faktoritoitaessa ei ole päädytty oikeaan faktori-määrään. Rotatoinnin tuloksena esiintyvät faktorit ovat kuitenkin kaikki tulkittavissa, mikä viittaa siihen, ettei faktoreitten lukumäärä ole liian suuri. Toisaalta on varsin todennäköistä, ettei olisi ollut taroituksenmukaista eristää useampia faktoreita, koska jo seitsemän faktorin rotatoiminen on osoittautunut erittäin vaikeaksi tehtäväksi. Ilmeisesti suurempi faktorimäärä olisi johtanut selvien virhefaktorien esiintymiseen, mikä olisi huomattavasti hämmentänyt tulosta.

e) Faktoreitten tulkintaa.

Merkitsevien painokerrointen alarajana käytämme seuraavassa faktoreitten tulkinnassa arvoa .35¹⁾.

Faktorilla I on varsin laaja vaikutuskenttä, mutta se on kuitenkin verraten selväpiirteinen. Merkitsevät painokertoimet ovat seuraavat:

Ebbinghaus . . . . .	.77	Kiekkolauta, molemmat . . . .	.43
Todistuksen keskiarvo . . . . .	.69	Vastakohtien etsiminen . . . .	.39
Ornamentit . . . . .	.63	Kirjallinen laskutaito . . . . .	.39
Kiekkolauta, oikea . . . . .	.56	Peilitesti . . . . .	.39
Pääsälasku . . . . .	.52	Symmetrinen piirtäminen . . .	.36
Käsityöarvosana . . . . .	.50	Kiekkolauta, vasen . . . . .	.35
Sekoitetut sanat . . . . .	.47	Numerosarjat . . . . .	.35
Sanojen muodostaminen . . .	.47		

Tässä faktorissa on merkitsevät painokertoimet kaikilla älykkyys-testeillä, neljällä kätevyystesteillä ja kahdella todistusvariaabelilla. Tämä faktori on siten älykkyysfaktoriksi, joka ilmeisesti voidaan käsittää samaksi faktoriksi kuin Spearmanin g-faktori. Se toimii erilaisten älykkyyttä vaativien suoritusten yleisenä peruspontimena. Faktorimatriisia tarkasteltaessa voidaan todeta, ettei motorisilla testeillä (8. — .17.) ole tässä faktorissa keskimäärin läheskään niin korkeita kertoimia kuin kätevyystesteillä, joiden kertoimet säännöllisesti ylittävät arvon .20. Näin on *empiirisesti* osoitettu älykkyuden liittyvän kätevyysvoimakkaammin kuin yksinkertaiseen käsimotoriikkaan. Tämä toteamus merkitsee tukea kätevyysvoimien yleiselle teorialle, jonka

1) Burtin esittämän keskivirhekaavan $E(l) = \frac{(1-l^2)\sqrt{n}}{\sqrt{N(n-s+1)}}$

mukaan on $E(l) = .118$, kun $l = .35$.

mukaan kätevyys merkitsee havaintojen ja motoriikan älykästä, päämäärän kannalta tarkoituksenmukaista yhdistämistä. Testit näyttävät mittaavan yleensä sitä enemmän kätevyyttä, mitä korkeammat niitten painokertoimet ovat älykkyystekijässä ja toisaalta ne kohdistuvat sitä läheisemmin yksinkertaiseen motoriikkaan, mitä vähäisemmät mainitut painokertoimet ovat. Tämä koskee tietenkin niitä testejä, jotka osoittautuvat kätevyys- ja motorisessa tekijässä olevien korkeitten painokerrointen perusteella kätevyys- tai motorisiksi testeiksi ja jotka ovat siten ei ainoastaan spekulatiivisesti, vaan myöskin empiirisesti määrättyt. Älykkyyttä voidaan siten pitää faktorianalyttisestikin kätevyuden edellytyksenä.¹⁾ Erikoisesti on pantava merkille, että sellaisen intuitiivisesti verraten motoriseksi arvosteltavan testin kuin kiekkolautatestin g-painokertoimet ovat korkeammat kuin useitten älykkyystestien ja oikean käden ja molempien käsien osalta korkeammat kuin symmetrisen piirtämistehtävän, joka edustaa jossakin määrin muodonantokykyä edellyttäviä kätevyystestejä.

Kaikilla käytetyillä havaintotesteillä on merkityksettömät painokertoimet I faktorissa. Tämä viittaa siihen, että havainnot ovat yksinkertaisen motoriikan tavoin g-faktorista riippumattomia. Havaintotestien heikon reliabiliteetin huomioonottaen on niiden painokertoimia kuitenkin arvosteltava erittäin varovaisesti, eikä tämän tutkimuksen perusteella voida siksi havaintojen ja kätevyuden rajakäyntiä suorittaa yhtä suurella varmuudella kuin motoriikan ja kätevyuden välinen erotelu on suoritettavissa.

Todistuksen keskiarvon korkea painokerroin (.69) on hieman korkeampi kuin Björsjön II faktorissa koulutodistuksen teoreettisten oppiaineitten painokertoimet.²⁾ Käsityöarvosanan korkea painokerroin on todennäköisesti osaksi arvostelujen halo-faktorin aiheuttama, mutta kokonaan sitä tuskin voidaan lukea mainitun tekijän aikaansaamaksi. Käsityöarvosanan ja voimisteluarvosanan välillä on tietty analogia kätevyystesteihin ja motoriikkaa selvittäviin testeihin. Tämä vastavuus säilyy faktorianalyysin painokertoimissakin, sillä, ilmeisesti kätevyyttä jossakin määrin edustavan, käsityöarvosanan painokerroin (.50) on tuntuvasti korkeampi kuin voimistelun arvosanan painokerroin (.33), voimistelun, joka ilmeisesti edustaa jossakin määrin motoriikkaa. Tämän mukaan on g-älykkyys käsitöissä menestymisen edellytys, mutta todennäköisesti ei painokertoimen arvo ole »oikeata» suuruus-

1) Vrt. Björsjö, ss. 203—204 ja Takala I, ss. 121—122.

2) Björsjö, s. 196, Vrt. myös Ekman, s. 168.

luokkaa. Tähän viittaa aikaisemman tutkimukseni toteamus, jonka mukaan *Salomaan* testistön ja käsityöarvosanojen välillä ei ole nollasta eroavaa korrelaatiota, jos käsitöiden arvostelu suoritetaan pyrkimällä mahdollisimman suureen tarkkuuteen, jolloin vältetään subjektiivista arviointia. On kuitenkin todettava, ettei *Salomaan* testistö mittaa ilmeisestikään juuri niitä funktioita ja g-tekijää samassa määrin kuin tässä tutkimuksessa käytetty testistö.

Eri käsien saamista painokertoimista ovat oikean käden painokertoimet yleensä suurempia kuin vasemman käden vastaavissa testeissä saamat painokertoimet älykkyystekijässä. Asymmetriatestin painokerroin ei eroa merkittävästi nollasta, joten tässä testissä ei oikea käsi liity vasenta voimakkaammin g-tekijään. Kätsyyden analysoimiseen ei tällainen suuri matriisi ole erikoisen sopivakaan, koska se sisältää testiryhmiä, joiden yhtenäisyys on tilastollisesti paljon suurempi kuin muutamien asymmetriatestien ja jotka siten muodostavat analyysissa tekijöitä, joissa asymmetriset yksityiskohdat eivät voi käydä selväpiirteisinä esille.

Fyysillisen kehityksen testeistä, jotka muodostavat korkeita painokertoimia käsittävän ryhmän V tekijässä, saavat elinikä, pituus ja paino tässä faktorissa merkityksettömät painokertoimet (— .11, .05 ja — .05), samoin käden puristusvoima, joskin sen painokertoimet ovat suuremmat (.31 ja .17). Tässä suhteessa populaatio on siten ollut kyllin homogeeninen. Sama toteamus voidaan tehdä muistakin tekijöistä, vain ani harvat testit saavat mainitussa V tekijässä merkitseviä painokertoimia.

Eniten merkitseviä painokertoimia on II faktorissa, joten sen merkitys on suurempi kuin muitten faktorien. Yleiskatsauksen saamiseksi esitämme nämä painokertoimet seuraavassa jälleen suuruusjärjestyksessä:

Pisteitys, oikea . . . . .	.78	Pyöritys, kyynärv., oikea . . . .	.47
Nakutus, kyynärv., vas. . . . .	.66	Kiekkolauta, molemmat . . . .	.46
Pisteitys, vasen . . . . .	.59	Nakutus, peukalo, oikea . . .	.45
Pujottelu . . . . .	.57	Pyöritys, kyynärv., vasen . .	.44
Kierto, kyynärv., vasen . . . .	.56	Kiekkolauta, oikea . . . . .	.41
Nakutus, kyynärv., oikea . . .	.52	Solmiaminen . . . . .	.35
Lajittelu . . . . .	.52		
Kiekkolauta, vasen . . . . .	.50		
Kiertoliikkeen seur., oikea . .	.50		
Nakutus, peukalo, vasen . . . .	.50		
Kierto, kyynärv., oikea . . . .	.47		

Kaikilla motorisilla ja kätevyystesteillä on tässä tekijässä positiiviset painokertoimet ja näistä vain kahdella testillä, nimittäin ko'ordinaatiotestillä ja symmetrisellä piirtämistehtävällä arvoa .20 pienemmät. Kaikilla sensorisilla ja yliviivaustesteillä (Bourdon-kokeilla) sekä kaikilla älykkyystesteillä sitävastoin on merkityksettömät painokertoimet. Eliniän, pituuden ja painon II faktorissa saamat painokertoimet ovat myöskin merkityksettömiä ja näihin V tekijässä liittyvillä puristusvoiman testeillä on kummallakin vain .24 suuruiset edustukset tässä faktorissa.

Laajuutensa vuoksi II faktori on varsin yleisluontoinen aiheuttaen siten tiettyjä tulkintavaikeuksia. Nimeämme tämän tekijän *m o t o r i s e n k ä t e v y y d e n f a k t o r i k s i*. Nimitystä voidaan perustella sillä, että tekijässä ovat edustettuina tärkeimmät ja kommunaliteettiarvoiltaan korkeat kätevyystestit sekä kaikki motoriset testit. Tämän faktorin testeille on ominaista sekä nopeus että tarkkuus. Kaikissa niissä on niinkään kysymys välittömistä esinemaailman muutoksista. Ei ole epäilystä siitä, että tämä faktori merkitsee motoriikan ja kätevyuden funktionaalista yhteenkuuluvuutta. Ilmeisesti faktorin laajuus johtuu pääasiassa siitä, että testisarja käsittää sekä puhtaasti yksinkertaista motoriikkaa mittaavia testejä että motorisvoittoisia testejä kätevyuden mittaamiseksi. Motorinen aines on siten testeissä voittopuolisesti edustettuna eikä muodonantokykytehtäviä esiinny yhtä runsaasti. Faktorianalyysilla ei näin ollen saada esille mitään puhtaasti kätevyyttä edustavaa tekijää. Kuitenkin osoittaa pisteitystestien, pujottelutestin, lajittelutestin, kiekkolautatestin, kiertoliikkeen seuraamistestin ja langan solmiamistestin esiintyminen tässä faktorissa että kätevyys on tämän faktorin oleellisin kvaliteetti. Toisaalta innervaatioitten nopeus tulee lähinnä kysymykseen niissä motorisissa testeissä, joilla tässä tekijässä on korkeat painokertoimet. Kätevyuden ja motoriikan välinen silta levenee tämän johdosta niin, että yksinkertaisimmastakin motoriikasta näyttää olevan kätevyyteen tilastollisesti varsin suora yhteys.

Faktori III on edustettuna seuraavissa neljässätoista variaabelissa:

Nakutus, kyynärv., oik. ....	.84	Pujottelu.....	.50
Nakutus, kyynärv., vas. ....	.75	Kiertoliikkeen seur., oik. ...	.46
Kierto, kyynärv., vas. ....	.71	Pyöritys kyynärv., oikea ...	.44
Nakutus, peukalo, oik. ....	.69	Taktiilinen erotusherkyys ..	.42
Nakutus, peukalo, vas. ....	.66	Käsien asymmetria .....	.40
Kierto, kyynärv., oik. ....	.66	Pallotesti .....	.37
Pisteitys, oikea .....	.52	Pyöritys, kyynärv., vasen ...	.36

Motoristen testien esiintyminen III faktorissa korkeimmin painokertoimin ja vain neljän kätevyystesteihin luetun (tosin varsin motorisvoittoisen) testin ollessa vähäisemmin painokertoimin edustettuna ja toisaalta älykkyystestien saadessa merkityksettömiä painokertoimia on täysi syy nimittää tätä tekijää *ps y k o m o t o r i s e k s i f a k t o r i k s i*. Tämän faktorin suurin vaikutus kohdistuu testeihin, jotka mittaavat innervaatioiden nopeutta edestakaisissa käsi- ja sormiliikkeissä. Kun sen lisäksi voidaan todeta, että esiintyvissä kätevyystesteissäkin on nopeus yksilöille annettujen pistelukujen perustana, on varmaa, että tämä tekijä liittyy lähinnä psykomotoriseen *n o p e u t e e n*, ei niinkään tarkkuuteen. Psykomotorinen nopeus, jota faktori III edustaa, ei ilmeisestikään liity yleiseen psyykkiseen nopeuteen, sillä Bourdon-nopeustestin painokerroin tässä faktorissa on —.01. Joskin eräillä älykkyystesteillä on ei-signifikatiivisia painokertoimia III:ssa faktorissa, voidaan tätäkään tuskin pitää yleisen psyykkisen nopeuden aiheuttamana. Aivan hyvin voidaan nämä vähäiset positiiviset kertoimet, jos niille halutaan mitään tulkintaa antaa, katsoa psykomotorisen nopeuden aiheuttamiksi, sillä älykkyystesteissä on aikarajoitus ja toisaalta tehtävien ratkaisu joukkokokeissa tapahtuu kirjoittamalla, mikä on vahvasti motorinen funktio. On kuitenkin korostettava, että sekä yleinen psyykinen nopeus, että psykomotorinen nopeus eivät kylläkään ole mitään irrallisia ilmiöitä, toisistaan täysin eroavia, vaan yleisten karakterologisten tekijäin määräämiä. Kun III:n faktorin tulkinnessa korostamme sen psykomotorista luonnetta, tarkoitamme, että tämä spesifinen nopeus aiheuttaa käytettyjen testien varianssia, joten yksilöiden väliset erot motorisessa nopeudessa eivät ole tätä testistöä käytettäessä johdettavissa yleisestä nopeustekijästä, joka aiheuttaisi samalla tavalla kaikkien testien varianssia.

Tarkasteltaessa III:n tekijän painokertoimia todetaan, että oikean käden jossakin testissä saama painokerroin on säännöllisesti suurempi kuin vasemman käden vastaavassa testissä saama painokerroin. Niinkään havaitaan, että käsien asymmetria saa merkitsevän painokertoimen (.40). *K ä t i s y s* ilmenee siten tässä faktorissa psykomotoriseen nopeuteen liittyvänä. Koska tässä tekijässä esiintyy kuitenkin vasemmankin käden testejä varsin korkein painokertoimin, ei faktoria voida pitää minään oikean käden faktorina. Se, että oikean käden painokertoimet ovat korkeampia ja että pisteitystestistä sekä kierto liikkeen seuraamistestistä vain oikean käden variaabelit ovat edustettuina, osoittaa samaa kuin asymmetriapainokerroinkin, nimittäin, että psykomotorinen nopeustekijä »lataa» käsien funktionaalisen eron

oikean käden hyväksi. Se seikka taas, että kahden erikoisesti tarkkuutta vaativan testin (pisteityksen ja kiertoliikkeen seuraamisen) vasemman käden variaabelien edustus on merkityksetön, näyttää taas viittaavan siihen, että tämä tekijä liittyy paitsi oikean käden nopeuden, myöskin sen tarkkuuden paremmuuteen.

Taktillinen erotusherkkyyys saa tässä tekijässä ainoan signifikatiivisen painokertoimensa (.42). Aikaisemmin ovat eräät tutkijat todeneet taktiilisen erotusherkkyyden esiintyvän merkitsevin painokertoimin yhdessä kätevyystestien ja käsifunktioita edellyttävien teknillisten asennustestien kanssa samoissa tekijöissä.¹⁾ Näiden ensi näkemältä varsin erilaisten funktioitten yhteistä perustusta on etsitty siitä läheisestä motoristen ja taktiilis-kinesteettisten elementtien yhteistoiminnasta, joka erikoisesti esiintyy tarkkojen lihasliikkeitten sääntelyssä. Mainittu toteamus vahvistuu tämän tutkimuksen kautta. Taktiillinen erotusherkkyyys liittyy lähinnä motoriikkaan, ei niinkään kätevyuteen. Kun tarkkaillaan kh:n käsiliikkeitä hänen suorittaessaan eri karkeusasteitten erottelua, havaitaan aina aluksi erittäin voimakkaita sormiliikkeitä, joilla reseptoripintaa kuljetetaan tunnusteltavalla esineellä. Havaintopsykologiassa on todettu liikkuvalla reseptoripinnalla olevan aivan ensiarvoinen merkitys kosketusinvariansseille. Invariantti kosketuselämys, jota taktiilisen erotusherkkyyden kokeessa ehdottomasti tavoitellaan, syntyy vain liikkuvan sivelyn varassa.²⁾ Kokeen jatkuessa todetaan kh:n tavallisesti vaihtelevan nopeutta, jolla hän liikuttaa sormenpäitään tunnusteltavilla esineillä. Havainnot ja motoriikan sääntely näyttävät siten kietoutuvan tässä kokeessa toisiinsa. Tämä on todennäköisesti merkitsevin yhteinen elementti, joka III tekijässä liittyy taktiilisen erotusherkkyyden motorisiin testeihin. Erikoisesti on huomattava, ettei taktiilisen erotusherkkyyden kokeessa ollut mitään aikarajoitusta, joten motorinen nopeus ei ilmeisesti ole se aines, joka tämän testin yhdistää motoriikkaan. Pikemminkin näyttää siltä, että on kysymys motoristen liikkeitten hienoudesta ja sääntelystä. Lähes saman suuruusluokan painokertoimia esiintyykin tässä tekijässä kiertoliikkeen seuraamistestissä ja pallotestissä, jotka edellyttävät ensi sijassa tarkkuutta liikkeitten sääntelyssä, vaikka suoritus aika muodostaakin niissä alkuperäisen pisteluvun.

Fyysisen varttuneisuuden variaabelit eivät tässä tekijässä saa merkitseviä painokertoimia, mikä johtuu siitä, että fyysistä varttuneisuutta edustavien ja motoristen testien korrelaatiot eivät ole merkitseviä.

1) Esim. Earle ja Gaw sekä L. Rask Björnsjön mukaan s. 205.

2) Vrt. v. Fieandt, s. 447.

Kätevyytsteistä useimmat ovat saaneet III faktorissa merkityksettömiä painokertoimia, joskin ne kuitenkin ovat kaikki positiivisia. Positiivisuutta voidaan pitää merkinä siitä, että kätevyteenliittyä aina tietty motorinen sujuvuus- tai nopeustekijä.

Koulumenestyksen variaabelien saamat painokertoimet ovat III:ssa tekijässä jälleen merkityksettömiä. Korkein on voimistelun saama kerroin .26, joka ilmeisesti johtuu motorisesta nopeudesta, mikä kouluarvostelussakin saa osakseen huomiota. Kertoimen pieni arvo ei kuitenkaan oikeuta yleistämään tätäkään toteamusta. Toisaalta kouluarvostelun virhelähteet huomioonottaen voidaan tuskin mainitun kertoimen perusteella tehdä sitäkään johtopäätöstä, mikä ensi näkemältä tuntuisi olevan tarjolla, että yleinen motorinen nopeus, joka voimistelussa tulee kysymykseen, on verraten etäällä käsimotoriikassa manifestoituvasta spesifisestä nopeustekijästä. Ilmeistä kuitenkin on, ettei ole syytä etsiä mitään yleistä motorista tekijää eri laatuisten ja laajuisten motoristen funktioitten yhdistäjäksi.¹⁾

Faktorin IV painokertoimet ovat keskimäärin jonkin verran vähäisempiä kuin edellisen tekijän saamat lataukset. Merkitseviä painokertoimia esiintyy tässä faktorissa kuitenkin vielä jokseenkin yhtä runsaasti kuin edellisissäkin. Merkitsevät lataukset faktorissa IV tava-

Pisteitys, oikea . . . . .	.58	Sekoitetut sanat . . . . .	.43
Pujottelu . . . . .	.52	Ebbinghaus . . . . .	.42
Pallotesti . . . . .	.52	Käsien asymmetria . . . . .	.40
Kiertoliikk. seur., oik. . . . .	.50	Paperin leikkaaminen . . . . .	.38
Todistuksen keskiarvo . . . . .	.46	Renkaankuljetus, vasen . . . . .	.36
Kiekkolauta, oikea . . . . .	.44	Lajittelu . . . . .	.35
Kiekkolauta, molemmat . . . . .	.44		

Tämän faktorin lataamat testit ovat miltei kaikki kätevyystestejä, jotka edellyttävät käsiteltävien kappaleitten kuljettamista paikasta toiseen ja näitten kappaleitten saattamista tarkasti niille määrätuille paikoille. Sitä voidaan nimittää t a v o i t t a m i s f a k t o r i k s i (Aiming), ja sen olellisimpana kvaliteettina on pidettävä k ä s i l i i k k e i t t e n t a r k k u t t a, joka näissä testeissä on nopeuden edellytyksenä.

Kun yhdelläkään yksinkertaisimman motoriikan nopeustestillä ei tavata merkitsevää latausta, on ilmeistä, ettei yksinkertaista edes-

1) Vrt. Green, ss. 378—379.

takaisen liikkeen suorittamisessa ilmenevää nopeutta voida lukea tämän faktorin ominaisuudeksi.

Faktorissa IV todetaan jälleen asymmetriasiirtymä: asymmetriavariabeli saa merkitsevän painokertoimen ja pisteitys-, kiertoliike- ja kiekkolautatestit kukin oikealle kädelle lataukset.

Suppeimman vaikutusalan omaa tämän tutkimuksen faktoreista V faktori, jossa tavataan kahdeksan merkitsevää painokerrointa, nimittäin seuraavat:

Pituus .....	.74	Pallotesti .....	.54
Paino .....	.70	Kiertoliikkeen seur., oik. .	.46
Puristusvoima, oikea. ....	.66	Elinikä .....	.44
Puristusvoima, vasen .....	.55	Pujottelu .....	.39

Pituuden, painon ja käsivoiman sekä eliniän esiintyminen faktorissa V merkitsee sitä, että tässä tekijässä on lähinnä kysymys fyysisen varttuneisuuden tekijästä. Ruumiin koko ja käsivoima liittyvät selvästi yhteen, mikä voidaan todeta jo korrelaatiomatriisia tarkasteltaessa. Yksikään älykkyystesti tai todistusvariabeli ei ole edustettuna tässä tekijässä. Kolmen kätevyystestin esiintyminen merkitsevin painokertoimin osoittaa, että vain harvat kätevyystestit ovat fyysisestä varttuneisuudesta riippuvia tässä tekijässä ja käytetyssä populaatiossa, joka näin ollen osoittautuu fyysisen varttuneisuuden suhteen kyllin homogeeniseksi.

Kiertoliikkeen seuraaminen oikealla kädellä saa myöskin merkitsevän painokertoimen faktorinsa V, samoin pujottelutesti. Kaikki nämä testit edellyttävät tiettyä käsiliikkeitten laajuutta, mikä ilmeisesti on se fyysisen kehittyneisyyden aspekti, joka liittää nämä testit fyysisen kehityksen faktoriin. Jonkin verran saattaa myöskin eliniällä olla vaikutusta, joskin se korrelaatioiden perusteella on vähäistä.

Todennäköistä on, että jos populaation ikä varioisi voimakkaammin, seuraisi tästä muiden fyysiseen varttuneisuuteen kuuluvien variaabelien painokerrointen nousun ohella myöskin uusien merkitsevien painokerrointen esiintymistä eräissä kätevyystesteissä. Joka tapauksessa tämäkin tutkimus osoittaa, että erilaiset kätevyystestit riippuvat fyysisestä varttuneisuudesta eri suuressa määrin, joskin tämä vaikutus keskimääräisesti on verraten vähäinen. Niinikään näyttää siltä, ettei kätevyuden tutkimisessa ole tarpeen vaatia kh-ryhmältä kovin suurta homogeenisuutta fyysisen varttuneisuuden suhteen, tavoittelemalla esimerkiksi vain yhden ikävuoden korkeinta sallittua ikäeroa. Kun

fyysisen varttuneisuuden merkitys testien varianssissa on vähäinen, voidaan pikemminkin tyytyä etsimään kasvatus- ja ympäristövaikutusten puolesta homogeenista populaatiota, esimerkiksi jatkokoulu- laisia, joilla on samantapainen kasvu-ympäristö ja samanlainen koulu- muoto.

Faktorilla VI on merkitsevät painokertoimet seuraavissa testeissa:

Kiekkolauta, oikea .....	.64	Ebbinghaus .....	.43
Kiekkolauta, vasen .....	.56	Päässä-lasku .....	.43
Bourdon, tarkkuus .....	.54	Symmetrinen piirtäminen .	.40
Ornamentit .....	.50	Sanojen muodostaminen .	.36
Sekoitetut sanat .....	.47	Pallotesti .....	.35

Testien lukumäärän puolesta faktori VI on verraten suppea-alainen. Se on edustettuna varsin erilaisissa testeissä, mikä vaikeuttaa tämän faktorin tulkintaa. Toisaalta voidaan todeta, että fyysisen varttuneisuuden variaabelit, yksinkertaisen motoriikan testit, todistusvariaabelit ja sensoriset variaabelit eivät saa painokertoimia tässä faktorissa, vaan se käsittää kätevyystestejä, älykkyystestejä ja Bourdon-kokeen tarkkuusvariaabelin.

Nimitämme VI:ta faktoria laajojen käsiliikkeitten, optisen analyysin ja kielellisen älykkyyden faktoriksi. Bourdon-kokeen esiintyminen tässä faktorissa viittaa myöskin tarkkuuden kuuluvan tämän faktorin kvaliteetteihin. On mahdollista, että kiekkolautatestin korkeat painokertoimet johtuvat osittain tämän testin edellyttämästä optisesta jäsentämiskyvystä. Kun saman testin kaksikälinen variaabeli ei kuitenkaan esiinny tämän faktorin alueella, ei optinen analyysi ole ainoa korkeitten latausten syy.

Tämänluontoiset kietoutuneet faktorit selittävät itse asiassa varsin vähän. On ilmeistä, että käytettyyn rotatointimettiin helposti liit- tyvä subjektiivisuus osaltaan on aiheuttanut tämän faktorin esiinty- misen. Mahdollista on sekin, että tilastovirheet ovat kasaantuneet tähän faktoriin.

Faktorissa VII on seuraavat merkittävät painokertoimet:

Todistuksen keskiarvo .....	.71	Ornamentit .....	.50
Todistuksen käsityöarvos. ..	.66	Ebbinghaus .....	.45
Todistuksen voimistelu .....	.54	Sekoitetut sanat .....	.36
Kirjallinen laskutaito .....	.53	Sanojen muodostaminen ..	.36
Bourdon, nopeus .....	.51		

Todistusvariaabelien korkeat painokertoimet viittaavat siihen, että

VII faktori on tulkittava koulumenestysfaktoriksi. Todennäköisesti kouluarvosteluun liittyvät arviointifaktorit jonkin verran lisäävät tämän faktorin ensimmäisiä painokertoimia ja ilmeisesti muutkin tämän faktorin painokertoimet sisältävät edellä mainittujen faktorien vaikutusta, joten kerrointen arvoihin on suhtauduttava kriittisesti. Tekijäin välisistä korrelaatioista voidaan todeta VI:n ja VII:n tekijän välinen korkea korrelaatio .61. Näissä tekijöissä onkin neljä testiä, jotka esiintyvät merkittävin painokertoimin kummassakin faktorissa.

Intuitiivisesti arvioiden todistusvaraabelien painokertoimet ovat kyllä tässä tekijässä »oikeassa» järjestyksessä: edustaahan keskiarvo koulumenestystä paremmin kuin yksityiset variaabelit, käsityötaitoa taasan pitivät arvostelevat opettajat tärkeämpänä kuin voimistelua. Laskutaito sitoutuu tähän faktoriin varsin luonnollisesti, onhan se koulussa opittu taito ja juuri kirjallista laskutaitoa on keskitytty koulussa erikoisesti harjoittelemaan. Bourdon-testin nopeusvaraabeli saa tässä tekijässä ainoan signifikatiivisen painokertoimensa. Ornamenttitestin, Ebbinghaus-testin, sekoitettujen sanojen ja sanojen muodostamistestin esiintyminen tässäkin faktorissa osoittaa sen läheisyyttä VI:n faktorin suhteen. Kielellisten testien esiintyminen merkittävien latauksien koulumenestysfaktorissa johtuu ilmeisesti siitä, että koulussa kiinnitetään suurta huomiota kielelliseen ilmaisuun.

Kun kätevyystesteillä, sensorisilla testeillä ja motorisilla testeillä ei tavata merkitseviä painokertoimia VII:ssä faktorissa, ei tämän faktorin yksityiskohtaisempi tulkitseminen ole tarpeen.

f) Yhteenveto orientoivan analyysin päätuloksista:

1. Suorituskyvyt ovat differentioituneet jatkokouluikään tultaessa siinä määrin, että faktorianalyysillä voidaan todeta useita verraten selväpiirteisiä funktioryhmittymiä.
2. Käytettäessä esitettyä varsin laajaa testisarjaa saadaan fakto-reita, joilla on verraten suuri vaikutuskenttä.
3. Älykkyyksfaktorilla (g-tekijä) on älykkyystestien ohella paino-kertoimia myöskin useissa kätevyystesteissä. Sillä on lataus myöskin koulun käsityöarvosanan variaabelissa.
4. Motorisen kätevyuden faktori on edustettuna kaikissa kätevyys-testeissä, mutta sen lisäksi vielä kaikissa yksinkeraista motoriikkaa (nopeutta) mittaavissa testeissä. Älykkyystestit eivät saa merkitseviä latauksia tässä faktorissa.
5. Psykomotorinen faktori on eriytyneempi kuin edellinen faktori.

Motoristen testien ohella se on edustettuna useissa kätevyystesteissä.

6. Tavoittamisfaktorilla (Aiming) on merkitsevät lataukset monissa kätevyystesteissä, joissa tulee kysymykseen esineitten tarkka ja nopea paikalleen sijoittaminen.

7. Fyysisen varttuneisuuden faktori on varsin suppea-alainen, eikä sillä ole merkitsevää latausta kuin kolmessa käsittelytestissä. Käsi-voima, joka on eräs tämän faktorin pääkvaliteeteista ei siten liity sanottavasti kätevyYTEEN, ei myöskään kehon mittavuus.

8. Laajojen käsiliikkeitten, optisen analyysin ja kielellisen älykkyyden faktorin piirissä kätevyys ja älykkyys liittyvät tilastollisesti verraten voimakkaasti yhteen.

9. Koulumenestysfaktorissa ei yksikään kätevyystesti saa merkitsevää painokerrointa, mutta kylläkin koulun käsityöarvosana. Tämä osoittaa, ettei käytettyjä kätevyystestejä voida käyttää selvitetessä sitä, miten oppilaat tulevat menestymään koulussa.

10. Kätevyystestien kommunaliteetit vaihtelevat suuresti. Eri testit ovat siten eri määrin yhteisistä tekijöistä riippuvia. Kommunalityettien perusteella ei kätevyyttä voida pitää sen spesifisempänä tai yleisempänä kuin älykkyyttä.

11. Useilla kätevyystesteillä näyttää olevan kohtalainen konstanssi, mikä osoittaa, että mittaukset kantavat yli kunkinhetkisen koetilanteen.

12. On ilmeistä, että suppeampia testisarjoja käyttäen saadaan yksityiskohtaisempia tuloksia. Testien valinnassa on kuitenkin tällöin noudatettava mitä suurinta huolellisuutta.

III.

KÄTEVYYDEN KEHITYS.

A. Aikaisempia tutkimuksia.

Psykologiassa on verraten suurta huomiota kiinnitetty erilaisten sielullisten kykyjen muuttumiseen eri ikäkausina. Varsinkin erilaisten älykkyystekijäin tai älykkyteen läheisesti liittyvien lahjakkuudenalojen kehitys on joutunut monissa tutkimuksissa yksityiskohtaisten analyysien kohteeksi. Tällöin on useimmiten kiinnitetty huomiota tutkittavien empiiristen testivariaabelien keskiarvojen ja hajontojen muuttumiseen, kun taasen perusvariaabelit, faktorit, ovat jääneet toistaiseksi vähäisemmälle huomiolle. Suhteellisen vähän on toistaiseksi olemassa sellaisiakin tutkimuksia, joissa olisi tarkasteltu kehitystä eri variaabelien välisten korrelaatioiden perusteella. Erikoisen suppea on niitten tutkimusten lukumäärä, joissa olisi omaksuttu käsitys, että juuri funktionaalisten suhteitten kehittymisen tutkimus, korrelaatioitten vertailun tai faktorirakenteitten vertailun avulla on monessa suhteessa tärkeämpää kuin faktorirakenteensa puolesta useinkin kokonaan tuntemattomien testivariaabelien kehityksen tarkastelu. Ei kuitenkaan voida kieltää sitä tosiasiaa, että useat huolella valmistellut, keskiarvoihin ja hajontoihin rajoittuvat tutkimukset ovat johtaneet suuressa määrin yhtäläisiin tuloksiin, jotka ovat sekä teoreettisesti että sovelletun psykologian tarpeita ajatellen hyvinkin käyttökelpoisia.

Toistaiseksi on suoritettu varsin vähän tutkimuksia, jotka koskevat kätevyuden kehitystä. Verraten runsaasti on sitävastoin tarkasteltu — usein tosin suppeihin havaintomateriaaleihin nojautuen — motorista kehitystä yleensä.

Yleisesti tunnettua on, että motorista käyttäytymistä esiintyy jo sikiökaudella. Vastasyntynyt suorittaa tartuntaliikkeitä kosketettaessa kämmentä tai jalkapohjaa. Tätä liikettä ei kuitenkaan voida pitää vielä minään kätevyysasuorituksena, vaan kysymyksessä on varsin erikoistumaton, fylogeneettisesti ankkuroitu refleksi, joka häviää verraten

pian. Aluksi on lapsen motorinen käyttäytyminen, niinkuin kaikki muukin toiminta, jäsentymätöntä kokonaistoimintaa, josta kuitenkin verraten pian kehkeytyy kyky tavoitella ympäristön esineitä. Alkeellisesta käsittelymotoriikasta voidaan kuitenkin puhua vasta silloin, kun lapsi on saavuttanut avaruudellisen hahmotuskyvyn kehityksessä asteen, jolloin esineet käsitetään ja niiden liikkeitä voidaan seurata. Ensimmäisenä alkeellisena ko'ordinaationa, liikkeitten yhteensaattamisena, voidaan pitää käsiliikkeitten ja suun imemisliikkeitten yhteensaattamista. Eritoten kätevyystoimintojen kannalta merkitsevä ko'ordinaatio on käsien ja silmien liikkeitten yhteensaattaminen.

Tournay (1924) mainitsee, että lapsi jo noin neljän kuukauden ikäisenä tarkastelee käsiään ja seurailee niitten liikkeitä muutenkin kuin satunnaisen yhteensattumisen kautta. Hän mainitsee edelleen, että oikea käsi joutuu katselemisen ja seurailemisen kohteeksi ennen vasenta. Tälle ja eräille muille lapsen käyttäytymisessä ilmeneville asymmetrisille ilmiöille Tournay perustaa teoriansa lapsen sensomotorisen kehittymisen asymmetriasta.

Gesell (1940) ja Piaget (1948) kiinnittävät niinkään varsin suurta huomiota silmän liikkeitten ja käsiaktiiviteetin ko'ordinaatioon. Kun silmä kykenee seuraamaan avaruudessa liikkuvaa kättä ja käsi vuorostaan noudattamaan silmän välittämiä aistihavaintoja, avautuu runsaasti mahdollisuuksia lähiavaruuden tutkimiseen ja hyväksikäyttämiseen. Gesell mainitsee katseen ja käsiaktiiviteetin ko'ordinaation tapahtuvan noin 6 kuukauden iässä. Piaget taasen ilmoittaa tämän funktion vaihtelevan jonkin verran eri yksilöillä, toisilla se voi esiintyä jo 3 kuukauden, toisilla vasta 6 kuukauden iässä. Itse asiassa silmän ja käden ko'ordinaation kehittyminen muodostaa kokonaisen kehitysvaiheen, jossa voidaan erottaa useampiakin eri vaiheita. Käsittelymotoriikan kannalta mielenkiintoinen on kehitysvaihe, jolloin lapsi tarttuu esineeseen vain silloin, kun se on verraten lähellä kättä niin, että sekä käsi että esine nähdään samanaikaisesti. Tällöin lapsi on käyttäytymisessään vielä suuressa määrin näkökentän kulloinkin määräämissä rajoissa. Muistuttaen Köhlerin simpanssia, joka kykeni käyttämään keppiä hedelmän tavoitteluun vain silloin, kun sekä keppi että hedelmä olivat samanaikaisesti näkyvissä.

Käden toimintojen *varhaiskehitys* on ilmeisesti pääasiassa kypsymisestä johtuvaa: tietyt funktiot puhkeavat, kun tietty kehitysaste on saavutettu. Toisaalta käsittelymotoriikan varhaiskehitys siten ilmeisesti kietoutuu rakenteelliseen kehitykseen, lähinnä hermoratojen ja lihasten struktuurin täydellistymiseen, toisaalta toiminta vuorostaan

kehittää rakenteita, jolloin funktioitten vähitellen tapahtuva eriytyminen käy mahdolliseksi (vrt. Kaila 1946).

Käsittelytoiminnoista ensimmäisiä on tarttumaote, jonka kehityksessä differentioituminen on erittäin selvästi havaittavissa. Lapsi tavoittelee aluksi hänelle ojentettua esinettä sekä käsillään että jaloillaan, jotka yhdessä ojentuvat esinettä kohti. Koko käsivarsi on liikkeessä. Vasta myöhemmin kämmen ja sormet avautuvat ja sulkeutuvat suorittaen tarttumaotetta, jossa kaikki sormet liikkuvat yhdessä peukalon jäädessä vielä suhteellisen merkityksettömäksi kämmenen sivulle kääntyneenä. Pian kuitenkin muodostuu funktio, joka kätevyuden kannalta on mitä tärkein, nimittäin peukalon kääntyminen muita sormia vasten eli peukalon oppositio. Hurlock (1950) mainitsee peukalon opposition kehittyvän jo niin varhain, että se esiintyy normaalisti tarttumaotteessa jo noin kolmannelle tai neljännellä kuukaudella. Erikoistuneempana, esineitten käsittelyssä, sitä voidaan todeta noin kahdeksannella ja yhdeksännellä kuukaudella. Gesell & Halverson (1936) tutkivat peukalon opposition kehittymistä elokuva-analyysin avulla todeten, että täydellistä peukalon kääntymistä muita sormia vastaan esiintyy ensi kerran lapsen ollessa 32—52 viikon ikäinen. Kysymyksessä oleva funktio on tällöin kehittynyt jo ns. pinsettioitteeksi, jolloin tarttuminen tapahtuu vastakkain liikkuvilla peukalolla ja etusormella.

Toisella ja kolmannelle elinvuodella lapsi kykenee jo käsittelemään esineitä verraten taitavasti. Katseen suuntaaminen käsiin ja esineeseen ei enää edellytä, kuten aikaisemmin, että kädet ja käsiteltävä esine nähtäisiin samanaikaisesti. Samalla kun lapsi alkaa käsittää avaruudellisia suhteita, muuttuu käsittelymotoriikka tarkemmaksi ja määrätietoisemmaksi. Etäisyyden ja esineitten suuruuden arviointikyky sekä liikkeen seuraamisessa vaadittavat sensoriset funktiot parantavat kehittyessään myöskin esineitten käsittelyssä ilmenevää tarkkuutta ja nopeutta. Uusia, selvästi erotettavissa olevia funktioita puhkeaa toisen ja kolmannen elinvuoden kuluessa verraten vähän. Kehityksen kannalta on tämä aika kuitenkin erittäin merkittävää. Varsinkin leikkikalujen parissa puuhaillessaan lapsi tällöin harjoittaa ahkerasti kypsymisen tuloksena saavutettuja käsittelytaitoja. T y ö k a l u k ä y t t ä y t y m i n e n, joka tällöin tarkoittaa sitä, että lapsi kykenee käyttämään esinettä apuna jonkin tarkoituksen saavuttamiseksi, esiintyy alkeellisimmissä muodoissaan, kuten Piaget (1948) ja Ch. Bühler (1931) ovat todenneet, jo toisella elinvuodella. Tällöin lapsi kykenee vetämään leikkikalun luokseen siihen kiinnitetyn langan avulla. Eräissä tapauksissa hän käyttää käsillä olevaa keppeä samaan

tarkoitukseen. Käden puristusvoima lisääntyy, mikä tekee mahdolliseksi raskaampienkin esineitten käsittelyn.

Noin neljän vuoden iässä tapahtuu merkittävää karkeitten ja hienojen, raskaitten ja keveiden liikkeitten erikoistumista funktioalustaan nähdessä. Tällöin nimittäin hartian seutu alkaa muodostua raskaammissa tehtävissä vallitsevaksi alueeksi, kun taasen sormien ja kämmenen sekä ranteen ja kyynärvarren liikkeet herkistyvät ja niitten toiminnallinen joustava yhteensaattaminen tulee sulavammaksi.

Hildreth (1948) kuvailee yksityiskohtaisesti kirjoittamismotoriikassa tänä ikäkautena ja hieman myöhemmin esikouluiässä tapahtuvaa kehitystä. Ilmeistä on, että kehitys kynän käsittelyssä on suuressa määrin muistakin kuin motorisista toiminnoista riippuvaa, mutta epäilemättä kirjoitusmotoriikka on myöskin manipulatiivisen kehityksen sääntelemää. Hildrethin mukaan 3-vuotiaat kykenevät jo piirtelemään erilaisia viivoja, mutta vasta $3\frac{1}{2}$ —4-vuotiailla esiintyy alkeellisia kirjainmuotoja. Jotkut 4-vuotiaat kykenevät jo piirtelemään muutamia kirjaimia. Tämän ikäinen lapsi kykenee myöskin piirustuksissaan saamaan aikaan haluttuja muotoja, kuten muun muassa Elmgren mainitsee (Elmgren 1950).

Ulin (1949) on laajasa elokuva-analyysissa todennut ja tutkimuksiinsa nojautuen varsin yksityiskohtaisesti kuvaillut esikouluikäisten ja koulun alaluokilla olevien oppilaitten käsiaktiiviteetin kehittymistä tiettyjen testien tai paremminkin määrättyjen tilanteitten valossa. Hänen kvalitatiivisen analyysinsa tulokset hajoavat kuitenkin yksityisten koehenkilöitten kuvailuksi, ja tutkimusten yhteenvetona esitetty tieto on pääasiassa yksityiskohtaista liikemorfologian kehityksen esittelyä, joten tulokset eivät sovellu tässä tarkemmin esiteltäväksi. Voidaan vain todeta, että erilaiset käsittelytoiminnot kehittyvät *erilaisten vaiheitten* kautta, ja ainoastaan muodollisesti varsin läheiset funktiot noudattavat tarkemmin samaa kehityksen aikamittaa. Niinikään on merkillepantava tosiasia, että jo varsin varhain esiintyy huomattavia interindividuaalisia eroja yksinkertaisimmissakin käsittelytoiminnoissa.

Yksityiskohtaisempaa, differentiaalipsykologista tietoa käsittelymotoriikan kehittymisestä on hankittu pääasiassa kouluikäisiä koehenkilöryhmiä tutkimalla. Ainoastaan muutamat harvat tutkimukset käsittävät varhaisempia ikäkausia. Yleensä tulokset kätevyystoimintojen kehityksestä ovat olleet pienten koehenkilöryhmien vuoksi varsin epäluotettavia.

Antipoff (1929) tutki erilaisten kätevyystestien avulla funktioitten

kehittymistä 6 vuoden iästä täysikasvuiseksi tultaessa. Hänen tulostensa mukaan kehitys on erilaisissa kätevyystesteissä huomattavassa määrin saman suuntaista. Niinpä helmien pujottaminen lankaan ja kiekkolautatesti osoittavat kätevyuden kehittyvän likimain säännöllisesti ja suhteellisen nopeasti 6—12 ikävuosien välillä, minkä jälkeen seuraa käyrissä selvästi havaittava loiveneminen kehityksen hidastuessa. Yksinkertaisen motorisen nakutustestin kehityskäyrässä sitävastoin ei ole todettavissa yhtä selvää kehityksen taitekohtaa. Verratessa Antipoffin tuloksia käsittelytaidon kehittymisestä niihin kehityskäyriin, joita on laadittu muiden psyykkisten funktioiden kehittymisestä, kuten muistista (Brunswik ym. 1932), kielellisestä ja käytännöllisestä lahjakkuudesta (Miles & Miles 1932, Miles 1933) ja motorisesta kehityksestä yleensä (Jones & Seashore) voidaan todeta verraten huomattavaa yhdenmukaisuutta, sillä varsin usein kehityksen hidastuminen sattuu 12—14 ikävuoden paikkeille.

Kätevyuden kehittymiseen kiinnitti ensi kerran laajempaa huomiota Whitman (1925). Hän muodosti seitsemän eri tehtävää käsittävän testin, joka esitettiin 7—15-vuotiaille koehenkilöille. Standardisointi suoritettiin 491 yksilöä käsittävällä koehenkilöryhmällä, johon kuului suunnilleen yhtä paljon poikia ja tyttöjä ja jossa kutakin ikävuotta edusti 41—76 koehenkilöä. Tulokset ovat tilastollisesti luotettavimmat kuin eräiden muiden kätevyyttä koskevien tutkimusten. Testit käsittävät kuitenkin vain suhteellisen läheisesti yhteen kuuluvia tehtäviä, pääasiassa erilaisia naulalautakokeita, joten testisarja ei ole kyllin edustava. Lyhyt suoritus aika — vain 12—15 minuuttia — herättää myöskin epäilyksiä tämän kätevyystestin soveltuvuudesta, niin paljon kuin sitä aikoinaan onkin käytetty diagnostisiin tarkoituksiin.

Whitman esittää kunkin tehtävälajin kohdalta jokaisen ikävuoden mediaanin, joten hänen tulostensa perusteella voidaan helposti laatia karkeat keskimääräistä suoritusta esittävät kehityskäyrät. Selvästi voidaan todeta näitä käyriä vertailemalla eri funktioitten kehittyvän likipitäen suoraviivaisesti, joskin muutamissa naulalautatesteissä on todettavissa kehityksen hidastumista noin 10—11 vuoden iästä lähtien. Tällainen mediaanien vertailu on kuitenkin varsin epävarmaa eikä minkäänlainen eri variaabelien välisten kehityseroavuuksin tutkiminen voisi luonnollisestikaan johtaa tarkkoihin tuloksiin, kuten tuonnonpana esitetään.

Niissä korrelaatioissa, jotka Whitman esittää eri ikävuosilta kolmen eri tehtävälajin välillä, ei ole todettavissa mitään säännönmukaista muuttumista. Kaikki korrelaatiot ovat positiivisia, .03—.84 suuruisia.

Korrelaatioitten keskiarvo .46 osoittaa testien olevan kohtalaisessa määrin yhteisistä tekijöistä riippuvia. Korrelaatioarvojen lähempi tarkastelu ei tarjonne apua kätevyuden teorialle, koska kertoimet on saatu varsin karkealla prosenttimäärityllä ja koska keskivirheet muutenkin nousisivat suuriksi.

Earle & Gaw (1930) tutkivat kätevyuden kehitystä erikseen tytöillä ja pojilla useiden eri testien valossa. Tulokset on esitetty keskiarvokäyrinä, jolloin keskiarvoja laskettaessa on käytetty alkuperäisiä pistelukuja. Miltei kaikissa testeissä on todettavissa suoritustason kohoamista iän mukana. Käyrissä esiintyy kuitenkin varsin huomattavia eroavuuksia, joista suurimmat ilmeisesti johtuvat verraten vähäisestä kokonaisfrekvensseistä.

Huomattavaa suoritustason paranemista sekä tytöillä että pojilla on todettavissa suorituksissa, jotka edellyttävät lihasponnistusta, aina 9—14 vuoteen saakka tytöillä ja 16 ikävuoteen saakka pojilla. Testeissä, joissa edellytetään nopeuden saavuttamiseksi huomattavaa tarkkuutta, kuten on laita uusissa naulalautatesteissä, ei kehitys sitävastoin ole Earlen ja Gaw'n tulkinnan mukaan yhtä merkittävää. Kehityskäyristä voidaankin todeta, että näiden testien kohdalla on huomattaviakin epätasaisuuksia. Kun varsin monissa testeissä esiintyy sekä pojilla että tytöillä suorituksen keskiarvon heikkenemistä 13—15 ikävuoden välillä, on tätä ilmeisestikin pidettävä oireellisenä, joskin keskiarvojen erotukset pysyvät yleensä keskivirheiden rajoissa. Kirjoittajat viittaavat siihen, että suoritusten heikkeneminen voisi olla yhteydessä varhaisnuorisoiässä tapahtuvan nopean ruumiillisen kasvun kanssa, mikä saattaisi heikentää ko'ordinaatioita. Kun ruumiillisen kasvun huomattava kiihtyminen kuitenkin on verraten vaihteleva, eri yksilöillä se alkaa eri aikaan ja kestää toisilla lyhemmän, toisilla pitemmän ajan, ja kun nämä vaihtelut lisäksi tasaavat toisiaan, on tuskin luultavaa, että kätevyudessa tavattavat *kehityshidastumat*, joita muittenkin tutkijain mukaan sattuu näihin esipuberteetin aikoihin, olisivat kokonaan ruumiillisesta kasvusta johtuvia. Yhtä hyvin voidaan olettaa, että ne monet psyykkiset kehitystapahtumat, joita tavataan juuri puheena olevana ajankohtana ja jotka ovat erikoisesti karakterologisten muutosten kohdalla silmään pistäviä (introversion lisääntyminen), kietoutuvat kätevyuden edellytyksiin ja aiheuttavat heikkenemistä kyvyssä käsitellä tarkasti ja nopeasti esinemaailmaa. Todennäköistä on, että juuri näillä psyykkisillä muutoksilla, jotka ovat erittäin syvälle käyviä, on tuntuvampi vaikutus kätevyuden kehitykseen kuin ruumiillisilla muutoksilla. Toisaalta jyrkkä sielullinen-ruu-

miellinen vastakkainasettelu ilmeisesti myöskin on omiaan johtamaan väärään ja yksipuoliseen tulkintaan.

Earle & Gaw totesivat, että kosketusaistin erotusherkkyydessä tava- taan ainoastaan vähän, jos lainkaan, muutoksia 9—16 ikävuoden välillä. Sitävastoin näyttää siltä, että harjoitus tuo mukanaan varsin huomattavaakin suorituskyvyn lisääntymistä tämän aistin alalla.

Tutkiessaan eri ammattien vaikutusta kätevyuden kehitykseen Earle & Gaw tekivät sen havainnon, että latojilla esiintyi erikoisesti hienompien ko'ordinaatioiden, lähinnä sorminäppäryyden lisäänty- mistä. Hopeasepät sitävastoin osoittautuivat muita paremmiksi no- peutta vaativissa tehtävissä. Kontrolliryhmien puuttuessa ei kuiten- kaan voida todeta, mistä mainittujen suorituserojen esiintyminen lo- pulta johtuu.

Kuten jo edellä on mainittu, Earle ja Gaw esittävät eri kätevyys- testien väliset korrelaatiot, jotka on laskettu eri ikäryhmien, 13; 10-, 14-, 14; 5- ja 16-vuotiaitten, kohdalta erikseen. Korrelaatioitten vertailu osoittaa, että funktiot liittyvät eri ikäisillä eri tavoin toisiinsa. Suurten keskivirheitten vuoksi esitettyjen korrelaatioitten erotusten perusteella ei kuitenkaan voida tehdä mitään sitovampia johtopäätöksiä. Ei myös- kään ole todettavissa mitään selvää korrelaatioiden vähenemistä siir- ryttäessä nuoremmista ikäluokista vanhempiin.

Edellä on esitetty faktorianalyysit Earlen ja Gaw'n korrelaatio- matriiseista (s. 59). Faktoreiden tarkastelu osoittaa, että tekijä- rakenne näyttää muuttuvan iän lisääntyessä siten, että ryhmätekijäin lukumäärä lisääntyy. Tämä toteamus on sopusoinnussa älykkyyden kehityksessä tavattavan, iän mukana esiintyvän faktorien differentioi- tumisen kanssa (Vrt. Ahmavaara 1954). Eristetyt faktorit ovat ensim- mäistä faktoria lukuunottamatta verraten erilaisia, eikä niiden identi- fioiminen tässä yhteydessä transformaatioanalyysin avulla ole tarkoi- tuksenmukaista, koska saatu tulos olisi pienten kh-ryhmien vuoksi tuskin kovinkaan vakuuttava. Ei myöskään kommunaliteettien muut- tumisessa siirryttäessä ikäkaudesta toiseen tavata esitetyissä faktori- rakenteissa mitään invarianttia.

Metodisesti ansiokkaita, joskin testien vähälukuisuuden vuoksi mate- riaalisessa suhteessa perin suppeita tutkimuksia hienompien motoristen ja mekaanisten suorituskykyjen kehityksestä esittelevät Jones ja Seashore (1946). Näissä tutkimuksissa on kehityskäyriä laadittaessa käytetty mittayksikkönä jonkin ikäluokan, useimmiten nuorimman, hajontaa, tai kehitys on määrätty prosenttilukuina vanhimman ikä- luokan suoritusten pistemääristä. Näin on vältetty ne virheet, joita

liittyy alkuperäisten pistelukujen perusteella laadittuihin absoluuttisiin asteikkoihin.

Jones & Seashore eivät ole esittäneet tuloksia komplisoituja testejä käsittäneistä tutkimuksista, vaan he tarkastelevat miltei yksinomaan suhteellisen yksinkertaisia motorisia variaabeleita.

Esiteltyjen tulosten mukaan käden vakavuus kehittyy jokseenkin suoraviivaisesti 11—15 ikävuosien välillä sekä tytöillä että pojilla. Käsien ko'ordinaatiokyky osoittaa huomattavan voimakasta kehittymistä 11—14 ikävuoden välillä, minkä jälkeen kehitys näyttää pojilla hidastuvan, mutta jatkuu tytöille, hieman ennen 14 ikävuoden ajankohtaa tapahtuvan vähäisen hidastumisen jälkeen. Avaruudellisen silmän ja käden ko'ordinaatiokyky hidastuu selvästi sekä pojilla että tytöillä 13. ikävuodesta lähtien, kun taasen vastaava temporaalinen ko'ordinaatio osoittaa hidastumista vasta 14. ikävuoden jälkeen.

Käden eri osien motorista kehittymistä osoittavat käyrät nousevat yleensä varsin tasaisesti ja osoittavat siten, että sormien, ranteen ja kyynärpään motoriset funktiot kehittyvät 6—16 ikävuoden aikana likipitään suoraviivaisesti, ilman että kehitys merkittävästi hidastuisi tai kiihtyisi minkään ikävuoden kohdalla. Sormien motoriikka kehittyy kuitenkin jonkin verran enemmän kuin ranteen motoriikka, ja ranteen motoriikka vuorostaan enemmän kuin kyynärvarren motoriikka, joten käden motoriikan kehitys tässä suhteessa noudattaa päinvastaista järjestystä kuin motoriikan varhaiskehitys. — Ilmeisesti tämä päinvastaisuus on tulkittavissa yksinkertaisesti siten, että karkeammat (käsivarren) funktiot kehittyvät jo esikouluiän aikana verraten korkealle tasolle, minkä johdosta kehittymismahdollisuus vastaavasti pienenee. Hienommat (sormien) funktiot noudattavat kehityksessään sitävastoin aluksi hitaampaa tempoa, minkä johdosta ne vielä 6-vuotiailla ovat suhteellisen etäällä siitä tasosta, jonka nämä funktiot voivat saavuttaa.

Edellä esitetyt tutkimukset ovat kohdistuneet pääasiassa lapsuuden ja nuoruuden ikäkausiin. Epäilemättä kehitys tällöin onkin voimakainta. Ilmeisesti kehitys kuitenkin jatkuu myöhempäänkin ikään. Eräät tutkimukset osoittavat, ettei suorituskyvyn lisääntyminen kätevydenkään osalta kuitenkaan jatku tiettyä ikärajaa pitemmälle, vaan että kehitys vähitellen saavuttaa huippukohtansa kääntyäkseen sen jälkeen vähäiseksi hidastumiseksi.

Seikkaperäisemmin kuin yleensä aikaisemmissa tutkimuksissa ovat Müller ja Vetter (1954) yrittäneet selvittää kätevyuden ja eliniän välistä riippuvuutta. He tutkivat O'Connorin sorminäppäryytestillä

50 naispuolista koehenkilöä, joiden ikä vaihteli 17,3:sta ikävuodesta 48,4:ään vuoteen. Kätevyystestin suoritusaikaa eliniän funktiona esittävä käyrä osoittaa kätevyuden maksimin sijaitsevan 25 ikävuoden kohdalla. Kehitys ennen ääriarvoa on jyrkempää kuin ääriarvon jälkeen tapahtuva hidastuminen. Suoritusajan lisääntyminen siirryttäessä 25:stä ikävuodesta 45:een ikävuoteen on noin 7 %. Melkein yhtä suuri se on siirryttäessä 25:stä ikävuodesta nuorimpiin, 17-vuotiaihin, koehenkilöihin.

Komplisoidummissa tehtävissä, kuten ammattien piiriin kuuluvassa kätevyudessa, jossa kokemus ja harjaantuminen näyttelevät suurempaa osaa kuin yksinkertaisemmissa testaustehtävissä, siirtyy kätevyuden huippu todennäköisesti lähemmäksi keski-ikää. Työn psykologian piirissä suoritettut tutkimukset viittaavat siihen, että se eräissä tapauksissa saavutetaan vasta 30:n ikävuoden jälkeen.

B. Kehityksen tutkimiseen liittyvistä yleisistä probleemoista.

Kehittyminen, jolla seuraavassa tarkoitetaan toiminnoissa tapahtuvaa muuttumista sekä kypsymisen että itse toiminnoista johtuvien syiden seurauksena, on epäilemättä eräs psykologian tärkeimpiä tutkimuskohteita. Monet niistä yleisluontoisista probleemoista, jotka liittyvät älykkyyden tutkimuksissa esille tulleisiin, kehittymistä koskeviin kysymyksiin, näyttävät likipitään samoina tunkeutuvan esiin myöskin kätevyuden kehittymistä koskevien tutkimusten yhteydessä. Useat näistä ongelmista ovat siinä määrin periaatteellista laatua, ettei niitä tässä yhteydessä voida tyystin sivuuttaa, olkoonkin että tällaisten kysymysten käsittely on katsottava lähinnä differentiaalipsykologian tehtäväksi.

Varsin usein kehitystä tarkastellaan siten, että katsotaan tiettyjen testien ilmaisevan määrättyjä kykyjä, joiden kehittymisestä halutaan saada tietoa. Niinpä esimerkiksi kätevyuden kehittymisen selvittämisessä tutkija menettelee tätä operationalistista periaatetta seuraten siten, että hän määrittelee kätevyuden kyvyksi, jota tietty testi, esimerkiksi paljon käytetty kiekkolautatesti, mittaa. Kun testi sitten esitetään eri ikäisille koehenkilöille, voidaan saavutettujen pistelukujen, esimerkissämme siirrettyjen kiekkojen tai käytetyn ajan, perusteella laskea eri ikävuosien keskiarvot ja hajonnat, minkä jälkeen voidaan laatia testin kautta määritellyn suorituskyvyn kehityskäyrä.

Niin selväpiirteinen ja ensi näkemältä periaatteessa varsin yksinkertainen kuin esitetty kehitysanalyysi onkin, sisältyy siihen kuitenkin

kin monia periaatteellisia vaikeuksia ja käytännöllisiä virhelähteitä. Kun esitettyä tutkimustapaa tullaan seuraavassakin kehitysanalyysissa käyttämään, mainitsemme lyhyesti, mitä tällaiset tutkimukset kehityksestä oikeastaan esittävät.

Ensinnä voidaan todeta, että tietty testivariaabeli, jota tässä yhteydessä voidaan nimittää empiiriseksi tai pintavariaabeliksi (Ekman 1952), tuottaa — mikäli tietyt testitekniilliset ja eräät kohteesta johtuvat vaatimukset ovat täytetyt — »tarkan» kehityskäyrän siitä suorituskyvystä, jota sen m ä ä r i t e l l ä ä n mittaavan. Eräissä tapauksissa, kun on kysymys sellaisten funktionaalisesti verraten yksinkertaisten toimintojen mittaamisesta kuin esimerkiksi käden puristusvoima tai käden vakavuus, kehityksestä keskiarvojen avulla saatu kuva on ilmeisesti tällöin niin selvä, ettei mikään näytä sitä voivan hämmentää. Tämä selkeys katoaa kuitenkin heti, kun siirrytään komplisoidumpien toimintojen kehitystä tarkastelemaan. Milloin testi edellyttää useampia tekijöitä, kuten varsin monien, ulkonaisesti ehkä perin yksinkertaisilta liiketoimintojen sarjoilta näyttävien kätevyystestienkin suhteen on asian laita, antaa testi tarkan kuvan itse empiirisen variaabelin kehittymisestä. Niistä perusvariaabeleista, jotka tällaisen testin suoritukseen liittyvät, ei laadittu kehityskäyrä ilmaise välttämättä mitään. Niinpä esimerkiksi nopeutta ja tarkkuutta edellyttävän kiekkolautatestin avulla laadittu kehityskäyrä ei välttämättä kuvaa lainkaan n o p e u d e n t a i t a r k k u u d e n kehittymisestä — voihan sattua, että näiden perusvariaabelien kehityksessä ilmenevät epätasaisuudet sattuvat aikaan nähden eri kohdille, jolloin erilaiset käyrät tasoittavat toisiaan.

Toisaalta on ilmeistä, että mitä onnistuneemmin testien valinta on suoritettu, sitä parempiin tuloksiin kehitysanalyysin avulla voidaan päästä pelkästään pintavariaabeleita tutkimalla. Testien lukumäärän lisääminen, mikäli käytetään testejä, joiden faktorirakenne on tunnettu, on tällöin omiaan lisäämään kehityskäyrien antaman kuvan selvyyttä. Kun faktorirakenne vaihtelee eri-ikäisillä koehenkilöryhmillä, edellytetään tällöin, että testien faktorirakenne on selvitetty juuri tutkimuksen kohteena olevalla koehenkilöryhmällä. Erikoisesti on huomattava, että intuitiivisten arviointien avulla muodostetut käsitykset empiiristen variaabelien ja alkeistekijäin välisistä suhteista johtavat tällöin helposti aivan vääriin johtopäätöksiin. Tämä johtuu siitä, että muodollisesti sama testi eri populaatioilla, (varsinkin jos on kysymys eri-ikäisistä kh-rynnistä), saattaa edellyttää jonkin verran erilaisten faktorien vaikutusta, eikä kokenutkaan tutkija voi aina ennakoita arvioida, mitkä alkeistekijät testin varianssia aiheuttavat.

Jos testin faktorirakenne tunnetaan empiiristen tutkimusten perusteella, tarjoutuu kehittymisen tutkimiselle uusia mahdollisuuksia. Tällöin voidaan kehitysanalyyseissa ottaa huomioon seuraavat näkökohdat:

1) Jos tietty testi on eri ikäisillä kh-ryhmillä suuressa määrin eräästä yhteisestä tekijästä (alkeistekijästä) riippuva, joka tekijä on voitu esimerkiksi faktorirakennetta tarkastelemalla tai transformaatioanalyysin avulla todeta samaksi tekijäksi, antaa testin perusteella laadittu kehityskäyrä kuvan, joka on suhteellisen helposti tulkittavissa. Jos testin kommunaliteetti tällöin on korkea, saadaan testin avulla tietoa myöskin kysymyksessä olevan alkeistekijän kehittymisestä.

2) Jos tietty testi osoittautuu pääasiassa spesifisestä tekijästä riippuvaksi, on mahdollista tutkia tämän tekijän kehitystä empiiristä variaabelia tarkastelemalla. Tällöin kuitenkin edellytetään, että spesifinen tekijä voidaan osoittaa samaksi eri ikäryhmissä. Viimeksimainitun ehdon tarkastamiseen ei toistaiseksi ole empiirisiä mahdollisuuksia, minkä vuoksi erityistekijöistä riippuvien testien kehityskäyrien tarkastelussa on turvaututtava useimmiten yleisluontoisiin johtopäätöksiin, jotka suuressa määrin jäävät hypoteesien asteelle.

3) Kun tietyn testin kommunaliteetti on kohtalainen (tässä käytämme rajoja .40— .60), muodostuu tulkinta, mikäli halutaan tunkeutua alkeistekijöihin, huomattavasti vaikeammaksi ja epävarmemmaksi kuin edellisissä tapauksissa. Erittäin suurella varovaisuudella on tällöin suhtauduttava testeihin, jotka riippuvat useammista kuin yhdestä alkeistekijästä.

4) Mikäli testin varianssi riippuu kahdesta tai useammista alkeistekijöistä, on perusvariaabeleihin ulottuva tulkinta kehitystä tarkastellessa jäävä verraten diffuusille asteelle. Siinä tapauksessa, että kysymyksessä olevan testin varianssi on eri ikäryhmissä samassa määrin *samoista* yhteisistä tekijöistä riippuva (mikä itse asiassa tuskin on mahdollista ainakaan nopean kehityksen, so. kasvuiän kuluessa), voidaan perusvariaabelien kehittymistä jossakin määrin tarkastella pinta-variaabelien avulla.

Kehitykselle, varsinkin kypsymisestä johtuvalle, on ominaista yksilön osien differentioituminen (esim. Woodworth 1946). On merkittävä seikka, että tämä differentioituminen ulottuu myöskin tilastollisten toimenpiteiden kautta matemaattisilla menetelmillä luotujen perusvariaabelien, faktorien alueelle. Eräissä viimeaikaisissa tutkimuksissa on kiinnitetty kasvavassa määrin huomiota juuri mainittuun faktorien differentioitumisen ongelmaan (Asch 1936, Balinsky 1941, Richards 1941, Takala, A. 1953, Ahmavaara 1954). Ilmeistä on, että alkeisteki-

jan kehitystä tutkimalla voidaan kehityksestä saada tietoa, joka johtaa kestävämpiin tuloksiin kuin se tieto, joka on hankittu yksinomaan pintavariaabeleita tutkimalla.

Faktorianalyttisen kehitystutkimuksen tiellä on aikaisemmin ollut varsin kiusallinen este, mikä ilmeisesti on ollut omiaan hidastamaan tämän menetelmän käytäntöön ottamista. On nimittäin osoittautunut, että faktorianalyysin tulokset eivät useinkaan ole toisiinsa verrattavissa, vaan eri tutkimukset johtavat siinä määrin erilaisten faktorimatriisien muodostumiseen (vaikka käytetään samaa testistöä ja samolla perusteilla valittua kh-ryhmää), että tulkinta joudutaan suorittamaan intuitiivisten kannanottojen varassa. Varsin heikoksi on osoittautunut tulosten pysyvyys pienten kh-ryhmien kysymyksessä ollen. Onkin huomautettu, ettei faktorianalyysi johda tässä suhteessa vertailukelpoisiin tuloksiin, ellei kokonaisfrekvenssi ole vähintään 100 (McNemar 1951). Toisaalta on jo aikaisemmin todettu (Thurstone 1947), että mikäli yksinkertaisen rakenteen vaatimukset ovat täytetyt, eri analyysit johtavat varsin stabiileihin tuloksiin.

Ilmeisesti kehitysanalyysien kannalta varsin merkittävää edistystä faktorianalyytisessä tutkimuksessa merkitsee Ahmavaaran (1954) kehittämä transformaatioanalyysi, joka tarjoaa mahdollisuuden eri populaatioilla suoritettujen faktorianalyyttisten tulosten eksaktiin vertailuun. Myöskin hänen esittämänsä residuaalispektrien menetelmä samoin kuin menetelmä konfiguraation muodon tutkimiseksi tarjonnevat runsaasti uusia mahdollisuuksia psyykkistä kehitystä tutkittaessa.

Kehityksen tutkimiseen liittyvistä yleisistä probleemoista on varsin merkittävä myöskin kysymys *yksilöllisten* kehityskäyrien ja keskiarvokäyrien välisistä eroavuuksista. Periaatteessa kehitystä voidaan nimittäin tarkastella joko tietyn yksilön tai useampien yksilöiden suoritusten valossa. Kun seurataan yksilön kehitystä jatkuvasti, voidaan näin muodostaa kuva kehityksen pitkäaikaisuudesta. Miltei säännöllisesti kuitenkin joudutaan käytännössä menettelemään siten, että testataan samaan aikaan eri ikäisiä koehenkilöitä, joitten suoritusten perusteella sitten laaditaan poikkileikkauskuvat kehityksen eri asteilta esim. vuoden tai kahden vuoden väliajoin. Kummallakin tutkimustavalla on omat hyvät ja huonot puolensa ja ne kohdistuvat osittain eri asioihin. Kun seuraavassa käytetään keskimääräisen kehityksen menetelmää, kiinnitämme huomiota muutamiin siinä ilmeneviin näkökohtiin.

Keskimääräisen kehityksen tunteminen on käytännön kannalta varsin tärkeitä, koska varsinkin sovelletun psykologian alueella jou-

dutaan aina ottamaan huomioon, minkä tason yksilö tiettyjen kykyjen suhteen saavuttaa verrattaessa hänen suoritustaan saman ikäryhmän keskimääräiseen suorituskyykyyn. Keskiarvokäyrillä on siten erittäin suuri soveltamismahdollisuus ja ne tulevat todennäköisyyslakien mukaan sitä tarkemmiksi, mitä suuremman koehenkilöstön avulla keskiarvot on laskettu. Keskiarvot tarjoavat mahdollisuuden kehitystä koskevien yleisten teorioitten laatimiseen. Tällainen yleinen tieto tuo mukanaan kuitenkin eräitä rajoituksia.

Ensiksikin kehitys yksilössä noudattaa ilmeisestikin verraten harvoin tietyn ryhmän keskimääräistä kehitystä. Varsinkin erityislahjakkuuksien kehityksessä ilmenee usein huomattavaakin epäsäännöllisyyttä (Somogyi 1956). Tästä seuraa, että kehityskäyrät, jotka laaditaan eri ikäluokkien suoritusten perusteella, ovat suuressa määrin tasoittuneita. Ilmeistä on, että tällöin voidaan kadottaa mahdollisuus tärkeidenkin kehityksessä tapahtuvien vaihteluiden toteamiseen. Eräissä empiirisissä tutkimuksissa, joihin mm. Anastasi ja Foley (1949) viittaavat, onkin osoitettu, miten etäälle yksilöllinen kehitys, joka eri yksilöissä noudattaa samaa peräkkäistä järjestystä, mutta erilaista aikamittaa, saattaa joutua keskimääräisestä kehityksestä.

Toiseksi eri kh-ryhmissä vaikuttavat valintatekijät aiheuttavat keskiarvojen perusteella laadittuihin kehityskäyriin muutoksia, jotka helposti johtavat vääriin yleistykisiin (Anastasi & Foley 1949, Vahervuo 1948). Niinpä tutkittaessa esimerkiksi kansakoulun oppilaista muodostettua kh-ryhmää, johon kuuluu eri ikäisiä yksilöitä, on todennäköistä, että tällaisten populaatioiden perusteella laaditut tulokset ovat yleistettävissä vain nuorempien ikäluokkien osalta. Oppikouluun siirtyminen muodostaa nimittäin valintatekijän, joka pienentää kansakoulun ylempien ikäluokkien keskiarvoja erikoisesti sellaisissa funktioissa, jotka liittyvät oppikoulun valintaperusteisiin. Vastaavasti saattaa esimerkiksi kätevyuden tutkimisessa laadittu kehityskäyrä muodostua virheelliseksi, jos jokin ikäluokka käsittää huomattavan paljon yksilöitä, joilla on ollut tilaisuus harjoittaa tiettyjä kätevyystoimintoja enemmän kuin muilla, varsinkin eri ikäluokkiin kuuluvilla yksilöillä.

Edellä esitettyjen näkökohtien lisäksi vaikuttaa siihen kuvaan, minkä kehityksestä differentiaalipsykologisin menetelmin saamme, myöskin mittauksessa käytetty testivälineistö. Erittäin merkittävä on testin vaikeus. Jos nimittäin testin jokin kohta on muita huomattavasti vaikeampi, seuraa tästä, että kehityskäyrään muodostuu tasanne, joka tällöin johtuu mittausvälineestä, mutta joka helposti tul-

kitaan itse kohteesta johtuvaksi. Päinvastaisessa tapauksessa taasen on seurauksena kehityskäyrän jyrkempi kohoaminen sillä kohdalla, missä testi on huomattavan helppo. Kätevyuden mittauksessa voidaan edellä esitetty vaikeus yleensä välttää, sillä testit voidaan yleensä muodostaa tasavaikeiksi, jolloin absoluuttisillakin arvoilla on tietty tasavälisyys.

Kehityskäyrän muoto riippuu myöskin siitä koordinaatistosta, johon käyrä on piirretty. Jos nimittäin y -arvojen yksiköt ovat huomattavan suuret x -arvojen yksikköihin nähden, nousee käyrä jyrkästi ja aiheuttaa helposti *vaikutelman* varsin nopeasta kehityksestä. Päinvastaisessa tapauksessa taasen käyrä kohoaa varsin hitaasti ja kehitys näyttää perin vähäiseltä.

On kuitenkin olemassa menetelmä, jota tosin on vasta suhteellisen vähän käytetty, mutta jonka avulla voidaan ainakin osittain välttää sekä koordinaatiston aiheuttama kehityskäyrän mielivaltaisuus, että myöskin erilaisten asteikkojen (eri ikäryhmissä käytettyjen) mukanaan tuoma virheellisyys. Tällöin menetellään siten, että mittayksiköksi otetaan jonkin ikäluokan hajonta. Näin saatu asteikko on useissa tapauksissa varsin käyttökelpoinen, varsinkin silloin, kun kehitys on suhteellisen hidasta. Jos kehitys on niin nopeata, että huomattava osa tai kaikki parhaimman ryhmän — kehitystutkimuksissa ylimmän ikäluokan — koehenkilöt joutuvat sen ryhmän ulkopuolelle variaabeliakselilla, jonka ryhmän hajonta on ollut mittayksikkönä, on ilmeistä, että tällöin annetut »ekstrapoloidut yksiköt» perin heikosti, jos lainkaan, merkitsevät tasavälistä asteikkoa. Usein kehitys on kuitenkin niin hidasta, ettei esitettyä pulmaa ilmene silloinkaan, kun alin ikäryhmä on valittu »mittaryhmäksi». Kun ryhmiä on paljon, voidaan »mittaryhmäksi» valita jokin keskimäinen ikäluokka, jolloin äärimmäiset ryhmät joutuvat riittävän lähelle sitä variaabeliakselilla. Luonnollisestikin voidaan turvautua koko koehenkilöstönkin, kaikkine ikäryhmineen, käyttämiseen mittayksikköjen laatimiseksi.

Kun edellä esitetyn periaatteen mukaan laaditaan kehityskäyrät, on jälleen sovittava koordinaatistosta. Tällöin se voidaan kuitenkin määritellä samanlaiseksi kaikkien käytettyjen testien kohdalla. Esimerkiksi $y=x$, jolloin $y=\sigma$ ja $x=2$ ikävuotta. Tällöin eri kehityskäyrät ovat sellaisinaan toisiinsa verrattavissa. Vertailumahdollisuutta voidaan lisätä piirtämällä keskiarvokäyrän ylä- ja alapuolelle hajontoja esittävät käyrät (esim. Vahervuo 1948) tai janat (Jones ja Seashore 1944).

Kehitysanalyysin problematiikka ei tyhjenny edellä esitettyyn.

Seuraavassa esityksessä, joka koskee kätevyiden kehityksen tarkastelua, riittää kuitenkin esitettyjen näkökohtien huomioonottaminen. Eräissä yksityiskohdissa joudutaan vielä kuitenkin viittaamaan spesiaalisempiin yksityiskohtiin.

C. Omia tutkimuksia.

1. Testien esittely.

Valittaessa testejä kehitysanalyyseja varten jouduttiin noudattamaan osittain samoja, osittain erilaisia periaatteita kuin orientoivan analyysin suurta variaabelisarjaa koostettaessa. Jo tutkimuksen alkuvaiheessa kävi ilmi, ettei yksilökokeita voida käyttää, koska tällöin jouduttaisiin liiaksi tinkimään niistä vähimmäismääristä, joita tällaisen vertailevan faktorianalyttisen tutkimuksen kh-ryhmien tulee täyttää (McNemar 1941). Kun toisaalta kätevyys ilmeisesti edellyttää esiintymään kyllin monessa dimensiossa askartelua erilaisilla testivälineillä, ja kun tällaisten välineitten hankkiminen suurelle joukkoille tuottaa ylivoimaisia vaikeuksia, katsottiin sopivimmaksi käyttää kokeissa, jotka edellyttivät muita kuin kynä- ja paperitestejä, viiden koehenkilön muodostamia ryhmiä. Kynä- ja paperitestit, joihin kuului kaksi kätevyys- ja neljä älykkyystestiä, suoritettiin sitävastoin suurempina joukkokokeina. Testien valinnassa noudatettiin nyt seuraavia yleisiä periaatteita:

- 1) Testisarjan tulee käsittää runsaasti kätevyystestejä sekä näiden lisäksi muutamia yksinkertaisia käsimotoriikkaa edellyttäviä ja joitakin analyttisiä älykkyystestejä.
- 2) Kun oikea käsi yleensä edustaa verraten hyvin vasenta kättä erilaisissa funktioissa, on yksikäätisten testien toistaminen heikommalla kädellä tarpeetonta.
- 3) Testien tulee käsittää useita yleisesti käytettyjä kätevyystestejä.
- 4) Testien reliabiliteetin tulee olla hyvä.
- 5) Testien tulee motivoida kilpailutilanne.
- 6) Monimutkaisia testejä, jotka edellyttävät pitkiä instruktioita ja harjoitusvaiheita, on vältettävä.
- 7) Sekä pikkuryhmä- että suuret joukkokokeet eivät saa kestää enempää kuin tunnin, koska väsymystekijä voi muutoin aiheuttaa suorituseroja varsinkin alemmissa ikäryhmissä.
- 8) Välineistön tulee sopia kaikille ikäasteille.

Esittelemme seuraavassa käytetyt testit siinä järjestyksessä, missä ne esitettiin koehenkilöille. Instruktioista mainitsemme kuitenkin vain oleelliset seikat, koska esitys muutoin laajenisi tarpeettomasti.

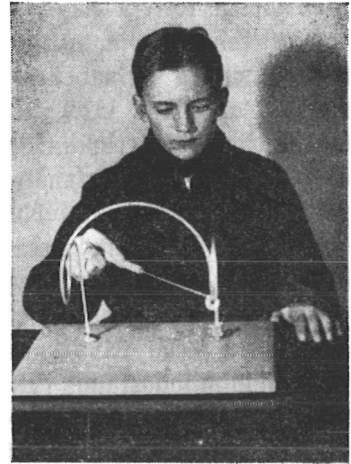
1. Solmiaminen. Koehenkilöitten oli tehtävä 40 cm:n mittaiseen pellavalankaan niin monta yksinkertaista umpisolmua kuin suinkin 40 sekunnissa. Koe suoritettiin neljästi. (Kuva 22.)

2. Kiekkosokkelo. Testivälineenä oli yksinkertainen teräslankasokkelo, jossa ovat 10 kiekkoa oli ohjattava kädensijalla varustetulla puikolla sokkelon toisesta päästä toiseen. Suoritus aika 40 sekuntia. Neljä yritystä. (Kuva 23.)

3. Kiekkolauta. Sama testi kuin orientoivan analyysin testi n:o 18., mutta aikarajitus (50 sekuntia). Neljä yritystä. (Kuva 24.)



Kuva 22.
Fig.



Kuva 23
Fig.

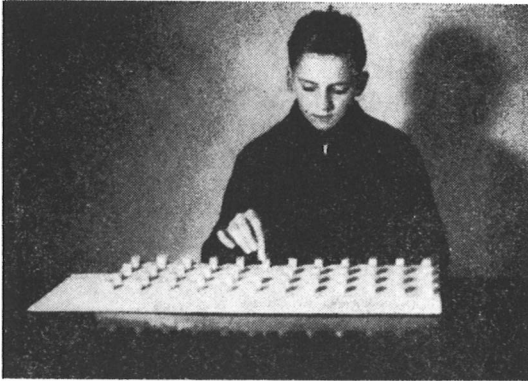


Kuva 24.
Fig.

4. Santa Ana. Sorminäppäryydesti, joka on yksityiskohtaisesti esitetty Meltonin teoksessa Apparatus Tests (Melton 1947). Testivälineenä lauta, jonka 48:ssä reiässä olevat puunappulat koehenkilön oli kierrettävä puolittain ympäri myötäpäivään. Aikarajoitus 35 sekuntia. Neljä yritystä. (Kuva 25.)

5. Helmienpujotus. Koehenkilön oli pujotettava pieniä pyöreitä koristehelmiä (halkaisija n. 7 mm, reikä 1 mm) neulan avulla lankaan. Suoritus aika 2 minuuttia. Kj:n sanoessa »merkki» pujotettiin joukkoon yksi musta helmi. Näin testi ositettiin neljään yhtä suureen aikajaksoon reliabiliteetin määrittämistä varten. (Kuva 26.)

6. Pallotarjotin. Testivälineenä oli neliön muotoinen kädensijoilla varustettu tarjotin kooltaan 20×20 cm. Tarjottimen lasisessa pinnassa oli keskellä reikä, jonka halkaisija oli 6 mm. Koehenkilöä kehoitettiin ohjaamaan tarjotinta kädensijoista



Kuva 25
Fig.



Kuva 26
Fig.



Kuva 27
Fig.

kallistellen niin, että mahdollisimman paljon sille asetetuista teräspalloista (40 kpl, halkaisija 5 mm) olisi mennyt määräjän kuluessa tarjottimen alla olevaan putkeen. Aika 30 sekuntia. Testi suoritettiin neljästi. (Kuva 27.)

7. Connor. O'Connorin sorminäppäryydestä (Tiffin 1947), jossa välineenä 100 reikää käsittävä alusta ja pieniä messinkinauloja. Koehenkilöä kehoitettiin panemaan jokaiseen reikään kolme naulaa ja täyttämään niin monta reikää kuin suinkin määräjän kuluessa. K:n sanoessa »merkki» oli kh:n pistettävä seuraavaan tyhjään reikään yksi suurempi naula ja jatkettava sitten kuten ennenkin. Aika 4 minuuttia. Merkki joka minuutin kuluttua. (Kuva 28.)



Kuva 28.
Fig.



Kuva 29.
Fig.

8. Ko'ordinaatio. Testivälineenä käytettiin kuvassa 29. näkyvää laitetta, jonka toimivat osat ovat viput A ja B. Edellinen on nivelletty toisesta päästään laitteen runkoon, joten se on liikuteltavissa oikealla kädellä vaakasuorassa tasossa siten, että siihen nivelletty toinen vipu B liikkuu vasemmalta oikealle ja päinvastoin. Vipua B voidaan liikuttaa kh:stä katsoen eteen ja taaksepäin vasemmalla kädellä. Kun molempia vipuja käytetään samanaikaisesti, voidaan vipuun B kiinnitetty

kynä viedä mihin kohdalle tahansa laitteen pöytään kiinnitettyllä paperilla. Testaus-tilanteessa kht saivat aluksi kokeilla hieman laitteen toimintaa. Heitä kehoitettiin piirtämään paperille pieniä ympyröitä. Sitten poistettiin harjoituspaperi, minkä jälkeen seurasi varsinainen tehtävä. Siinä oli seurattava paperille piirrettyä mutkittavaa viivaa niin tarkasti kuin suinkin ja samalla oli koetettava käydä niin monessa ympyrässä kuin mahdollista määräajan kuluessa. Suoritus aika oli yksi minuutti, jonka jälkeen koe uusittiin käyttämällä periaatteessa samanlaista, mutta yksityiskohdiltaan erilaista »kilparataa». Testipistemääräksi otettiin niitten pienten ympyröitten lukumäärä, joita oli ennätetty määräajan kuluessa koskettaa.

9. Puristusnopeus. Testivälineenä käytettiin laskunäppäintä, joka tässä tehtävässä asetettiin kämmenelle siten, että näppäin oli kämmenpohjaan päin. Koehenkilöitä kehoitettiin sulkemaan ja avaamaan kämmentä niin nopeasti kuin suinkin. Aika 10 sekuntia, minkä jälkeen testi suoritettiin toistamiseen. Pistemääräksi otettiin näppäimen asteikolle syntynyt luku. (Kuva 30.)

10. Oppositio liike. Edellisessä testissä käytetty laskunäppäin asetettiin kämmenelle siten, että puristus oli suoritettava peukalolla muita sormia vasten. Aika 10 sekuntia, jonka jälkeen koe uusittiin. (Kuva 31.)



Kuva 30.
Fig.



Kuva 31.
Fig.

11. Nakutus kyynärvarrella. Laskunäppäin asetettiin pöydälle, jossa koehenkilön oli nakutettava sitä oikealla kädellä kämmensyrjällä niin nopeasti kuin suinkin. Tässä asennossa joutuu, kun kyynärpää on pidettävä pöydällä, yksinomaan kyynärvarsi liikkumaan edestakaisin ylös ja alaspäin. Aika 10 sekuntia. Kaksi yritystä. (Kuva 32.)

12. Käsivoima. Mittaus suoritettiin tavallisella dynamometrillä. Reliabiliteetin määrittämiseksi tämäkin testi uusittiin. Pistemääräksi otettiin molempien yritysten keskiarvo. (Kuva 33.)

13. Käden vakavuus. Testivälineenä käytettiin tarkoitusta varten rakennettua stabilometriä, jonka muodosti kädensijalla varustettu levy, jota oli pidettävä

vaakasuorassa asennossa heikommalla kädellä, sekä metallipuikko, jota oli pidettävä levyssä olevassa reiässä niin vakavasti, ettei se lainkaan koskettaisi reiän reunoja. Reiän halkaisija oli 6 mm ja puikon läpimitta 2 mm. Levyyn oli lisäksi kiinnitetty merkkilamppu, joka syttyi aina kosketukseen tapahtuessa. Laskemisen helpottamiseksi oli laite yhdistetty releeseen, jonka naksahdukset selvästi ilmaisivat tehtyjen virheitten lukumäärän. Testin suoritus aika oli 30 sekuntia, minkä jälkeen suoritettiin uusintatestaus. (Kuva 34.)



Kuva
Fig. 32



Kuva
Fig. 33.



Kuva
Fig. 34.

14. Pisteitys. Koehenkilön oli merkittävä pisteitä paperilla oleviin ruutuihin, yksi kuhunkin, niin paljon kuin suinkin määräajassa. Pisteitys tapahtui lyijykynällä. Aika 30 sekuntia, minkä jälkeen koe suoritettiin toistamiseen. (Kuva 35.)

15. Aiming. Kh:n oli kuljetettava lyijykynän kärkeä paperille piirrettyssä labyrintissa niin, ettei se lainkaan koskettaisi rajaviivoja, joitten väli oli 4 mm. Labyrintin muodosti suorakaiteen muotoinen kehys, joka oli täynnä yhdensuuntaisia »väliseiniä». Jokaisessa »väliseinässä» oli aukko, josta oli siirryttävä seuraavaan väliin. Suoritus aika kaksi minuuttia. Kj:n sanoessa »merkki» oli kh:n tehtävä piirtämäänsä viivaan pieni silmukka sille kohdalle, mihin hän oli ehtinyt. Näin testi ositettiin reliabiliteetin määrittämiseksi neljään osaan. Pistemääräksi merkittiin oikein vedettyjen välien lukumäärä. (Kuva 36.)

16. Rybakoff. Tavanomainen visualisoinnista, jossa oli kuviteltava, mistä annettu kuvio olisi leikattava kahdeksi kappaleeksi siten, että syntyvät osat sopi-



Kuva 35.
Fig. 35.



Kuva 36
Fig. 36

vasti asetettuina täyttäisivät tarkoin neljön muotoisen kehyksen. 40 osatehtävää. Aika kuusi minuuttia. Reliabiliteetin määrittämistä varten testi ositettiin minuutin aikavälein tehtyjen merkkien avulla.

17. Sekoitettut sanat. Koehenkilön oli selvitettävä sekoitettujen sanojen oikeat alkumuodot ja merkittävä nämä testipaperiin. 50 osatehtävää. Suoritus-aika, joka ositettiin minuutin pituisiksi suoritusjaksoiksi, oli kuusi minuuttia.

18. Eroavat sanat. Luokittelutesti, jossa kh:n oli alleviivattava jokaisella rivillä olevasta viidestä sanasta yksi, joka ei merkityssisältönsä puolesta kuulu muihin sanoihin. Aika neljä minuuttia. Merkki joka minuutin kuluttua.

19. Synonyymit. Kh:n oli alleviivattava jokaiselta riviltä sana, joka merkitsee samaa kuin rivin alussa oleva sana. Aika kaksi minuuttia. Merkki puolen minuutin väliajoin reliabiliteetin määrittämiseksi.

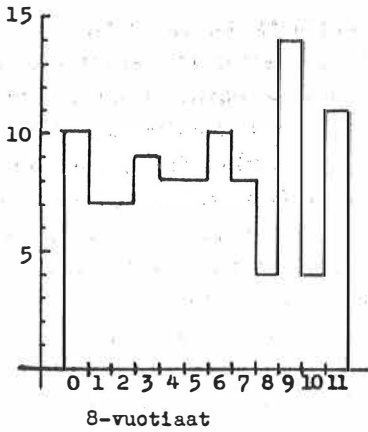
Testit 1—13 suoritettiin viisi henkilöä käsittävillä ryhmillä, kun taasen testit 14—19 esitettiin suuremmille kh-ryhmille. Testien reliabiliteetit, jotka on määrätty puolitusmenetelmän tai uusintatestausmenetelmän avulla, on esitetty taulukossa

2. Koehenkilöt ja kokeitten suoritus.

Tutkimuksessa pyrittiin erikoisesti siihen, että tulokset, olisivat mahdollisimman tarkoin tiettyjä ikäasteita vastaavia, kansakoulu- ja keskikouluiän ajalta tasavälein otettuja poikkileikkauksia. Siksi jouduttiin koehenkilöitten valinnassa suorittamaan sellainen rajoitus, että tutkimuskohteeksi otettiin vain joka toinen ikävuosi. Sopiviksi ikäryhmiksi todettiin esikokeitten perusteella 8-, 10-, 12- ja 14-vuotiaat.¹⁾ Näitten ikäryhmien valitsemista tutkimuskohteeksi voidaan puolustaa myöskin sillä, että ne epäilemättä edustavat hyvin juuri kansakoulu- ja keskikouluikää. Nuoremmat koehenkilöt eivät olisi kyenneet suorittamaan lukutaitoa ja kirjoitustaitoa edellyttäviä älykkyystestejä. Toisaalta tutkimuksen ulottuminen, iän vaihteluvälin huomioonottaen, aina 15-vuotiaisiin koehenkilöihin saakka, on omiaan luomaan valoa kätevyuden kehittymiseen sinä ikäkautena, jolloin ammatinvalinta alkaa käydä ajankohtaiseksi.

Ikäluokkien tarkat keskiarvot, jotka siis ilmaisevat kunkin ikäluokan keski-ikä, ovat 8,50 v., 10,54 v., 12,49 v. ja 14,50 v. Eri ikäryhmien elinikien keskiarvot ovat siten varsin tasaväliset, seikka, joka helpottaa kehitystä koskevien vertailujen tekoa varsin suuressä määrin. Ikäjäakaantuminen vaihtelee jonkin verran eri ikäluokissa, kuten ilmenee kuvista 37—40, s. joissa luokitus on laadittu siten, että luokkien edustajiksi on otettu täytetyn ikävuoden jälkeen eletyt täydet kuukaudet. Kun eliniän vaikutus kätevyYTEEN ei, vaihteluvälin

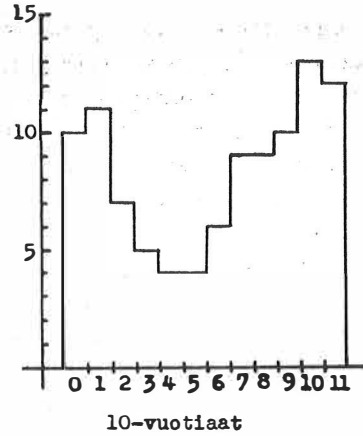
¹⁾ Ikäryhmät on tällöin määrätty siten, että mainitut luvut ilmaisevat kunkin ikäluokan alarajaa kuten arkikielessäkin yleisesti on tapana.



8-vuotiaat

Kuva
Figure 37.

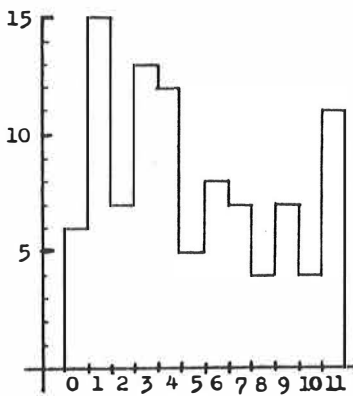
Ikäjakaantuminen, 8-vuotiaat.
Age distribution, 8 year old subjects.



10-vuotiaat

Kuva
Figure 38.

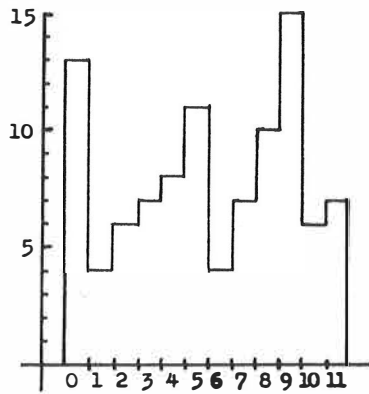
Ikäjakaantuminen, 10-vuotiaat.
Age distribution, 10 year old subjects



12-vuotiaat

Kuva
Figure 39.

Ikäjakaantuminen, 12-vuotiaat.
Age distribution, 12 year old subjects.



14-vuotiaat

Kuva
Figure 40.

Ikäjakaantuminen, 14-vuotiaat.
Age distribution, 14 year old subjects.

ollessa vain yhden vuoden pituinen, voi muodostua kovin suureksi, on ilmeistä, ettei jakaantumiskuvioissa ilmenevä vähäinen epäyhtenäisyyskään aiheuta kehityksen vertailuun merkittäviä muutoksia. Väähäistä EI:n vaihtelua ei seuraavassa oteta huomioon myöskään differentioivana tekijänä.

Toinen merkittävä rajoitus koskee sukupuolta. On nimittäin varsin todennäköistä, joskaan ei empiirisesti vielä todistettua, että käytettäessä niinkin erilaisia testejä kuin tässä tutkimuksessa, päädyttäisiin samankäisten poikien ja tyttöjen koehenkilöryhmillä suoritettussa tutkimuksessa aivan erilaisiin faktorirakenteisiin. Vaikka sukupuolen vaikutus sinänsä tuskin paljoakaan vaikuttaa *keskiarvoihin* poikien ja tyttöjen välillä, on kuitenkin mahdollista, että sukupuolen vaihtelu, jos käytettäisiin sekapopulaatiota, aiheuttaisi *faktorirakenteitten* kehityksen vertailussa moniakkin tulkintavaikeuksia. Tulokset eivät tällöin missään tapauksessa olisi niin eriytyneitä kuin silloin, kun rajoitutaan käyttämään vain toiseen sukupuoleen kuuluvia kh-ryhmiä.

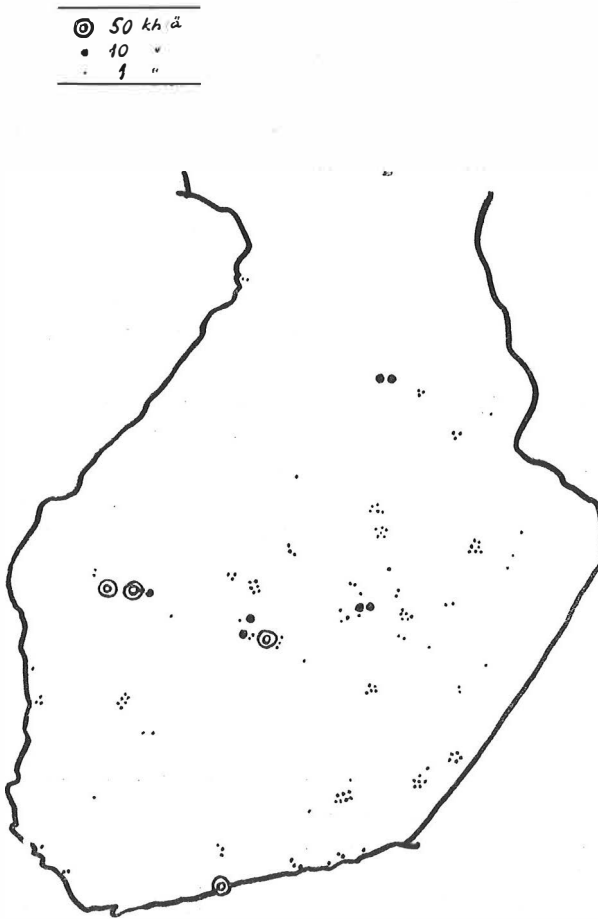
Kun esikokeitten perusteella oli odotettavissa, että pojat asennoituivat koetilanteessa luonnostaankin ikäänkuin olisi kysymys kilpailusta ja kun he näyttävät tuntevan suurempaa uteliaisuutta erilaisia testivälineitä kohtaan, rajoitettiin tutkimus koskemaan yksinomaan poikia.

Ympäristövaikutusten suhteen koehenkilöstö koostettiin siten, että siinä on sekä kaupunki- että maalaisympäristön edustajia. Kuvassa 41. on esitetty koko koehenkilöstön (400 yksilöä) kotipaikat. Voidaan todeta, että Suomen eteläinen puolisko on verraten hyvin edustettuna. Suurimmat, 50 yksilöä käsittävät ryhmät ovat Seinäjoen kauppalasta (2×50 kh:ä), Toivakan kirkonkylästä ja Helsingin kaupungista. Maaseudun edustajia on runsaimmin Savon ja Pohjois-Karjalan kunnista. Eri ikäryhmissä koehenkilöitten maantieteellinen jakaantuminen vaihtelee jonkin verran. Tämä vaihtelu tuskin kuitenkaan sanottavasti vähentää tulosten vertailukelpoisuutta, kun pidetään mielessä, ettei suurin ympäristöero, maaseutu-kaupunki-ympäristö, sanottavasti vaikuta differentioivana tekijänä.

Pääosa koehenkilöistä on kansakoulun oppilaita. Nuorimmissa ikäryhmissä, 8- ja 10-vuotiaitten kohdalla, ei oppikouluun siirtyminen luonnollisestikaan vielä ole vaikuttamassa valintatekijänä. Vanhemmissa ikäryhmissä taasen on oppikoululaisia likimain samassa suhteessa kuin väestön vastaavissa ikäluokissa keskimäärin.

Kokeet suoritettiin koehenkilöitten leiri- tai kouluympäristöön järjestetyssä rauhallisessa huoneessa. Väsymystekijän eliminomiseksi käytettiin testaukseen päivittäin tavallisesti aikaa klo 9—16.

Instruktiot esitti kaikissa koetilanteissa kirjan tekijä lukuunottamatta käden puristusvoiman mittaamista, jonka suoritti tutkimukseen osallistuva apulainen. Välineistön vaihto tapahtui mahdollisimman nopeasti, joten koehenkilöt eivät ehtineet pitkästyä uusia testejä odottaessaan.



Kuva
Figure 41.

Koehenkilöitten maantieteellinen jakaantuminen.
Geographical distribution of subjects.

Pikkuryhmäkokeissa (5 kh:ä) esitettiin aluksi seuraava yleis-
struktio: »Suoritamme nyt muutamia varsin mielenkiintoisia pikku kil-
pailuja, joitten tarkoituksena on selvittää, miten käteviä ja näppäriä
poikia te olette. Kaikki tehtävät ovat helppoja ja kun jokainen tehtävä
näytetään tarkoin ennen kilpailua, osaa jokainen varmaan ne hyvin
suorittaa. Tehtävät aloitetaan aina yhtä aikaa, kun olen sanonut »nyt».
Samoin ne lopetetaan aina heti, kun sanon »seis». Katsokaa nyt tar-
kasti, kun selitän ensimmäisen tehtävän.»

Joukkokokeitten (20—40 yksilöä) alkaessa esitettiin taasen seuraavanlainen yleisinstruktio: »Tällä tunnilla saatte suorittaa erilaisia tehtäviä, joitten avulla koetetaan selvittää, miten nopeita poikia te olette ja miten hyvin te pystytte keksimään erilaisia asioita. Tärkeätä on, että jokainen teistä kuuntelee tarkoin, kun selitän, mitä milloinkin on tehtävä. Niinikään on muistettava tutkia vain omaa paperiaan, koska toveri voikin suorittaa tehtävän väärin. Jokaiselle on annettu valmiiksi teroitettu lyijykynä. Omaa kynää ei kukaan saa käyttää. Jos jonkun kynä katkeaa, on heti viitattava, jolloin annetaan uusi kynä tehtävän jatkamista varten. Jaamme nyt ensimmäiset tehtäväpaperit.»

Koehenkilöitten innostus »kilpailuja» kohtaan oli erittäin suuri kaikissa ikäryhmissä. Testejä pidettiin säännöllisesti »peleinä», joissa koetettiin saavuttaa »meidän ryhmälle» hyvä tulos. Tämä seikka on epäilemättä omiaan lisäämään tulosten luotettavuutta. Toisaalta on kuitenkin todettavissa, että ryhmien taso (samalla ikäasteella) vaihtelee. Joku erittäin nopea yksilö voi tuottamallaan optisilla ja akustisilla vaikutuksilla saada jonkin verran koko ryhmän tuloksen nousemaan.

3. Testien reliabiliteetti.

Taulukossa 20. on esitetty kaikkien käytettyjen testien reliabiliteetit. Kun reliabiliteetti vaikuttaa testien välisiin korrelaatioihin ja kun tutkimuksemme faktorianalyttinen osa perustuu korrelaatioilla suoritettuihin operointeihin, on reliabiliteetti määrätty erikseen eri ikäryhmissä. Näin on voitu varmistautua tulosten vertailukelpoisuudesta.

Kaikista 76:sta reliabiliteettikertoimesta ylittää 15 arvon .90, 40 nousee suuruusluokkaan .80—.90, 14 jää suuruusluokkaan .70—.80, vain 6 on suuruudeltaan .60—.70, ja vain yksi ainoa on niin heikko kuin .56. Näin ollen voidaan testien reliabiliteettia pitää verraten hyvänä. Joka tapauksessa se yleisesti ottaen on hyvin sitä suuruusluokkaa, mitä reliabiliteetit yleensä tämänluontoisissa tutkimuksissa ovat olleet.

Testien reliabiliteetti vaihtelee toisaalta testeittäin, toisaalta ryhmittäin. Mitään kovin selviä säännönmukaisuuksia ei tässä vaihtelussa ilmene. Niinpä eri testit saavat jonkin verran erilaisia arvoja samassa ryhmässä, mutta toiseen ryhmään siirryttäessä voidaan yleensä todeta, että tämä vaihtelu ei ole testeittäin pysyvää niin, että heikot reliabiliteetit tavattaisiin kaikissa ryhmissä tietyillä testeillä ja korkeat reliabiliteetit samoin tietyillä testeillä. Vain yksi ainoa testi on tässä suh-

Taulukko
Table 20.

Testien reliabiliteetit eri ikäryhmissä.
Reliabilities of the tests in the different age groups.

	8-v.	10-v.	12-v.	14-v.	$K_{(8-14)}$
1. Solmiaminen	.87	.89	.90	.84	.87
2. Kiekkosokkelo	.87	.75	.77	.81	.80
3. Kiekkolauta	.89	.91	.86	.85	.88
4. Santa Ana	.83	.81	.83	.87	.84
5. Helmienpujotus	.75	.64	.78	.67	.71
6. Pallotarjotin	.91	.87	.80	.85	.86
7. Connor	.88	.86	.77	.87	.87
8. Ko'ordinaatio	.80	.81	.81	.63	.76
9. Puristusnopeus	.80	.74	.69	.56	.70
10. Oppositioilike	.83	.94	.88	.87	.88
11. Nakutus kyynärv.	.82	.84	.73	.85	.81
12. Käsivoima	.95	.95	.91	.97	.95
13. Käden vakavuus	.89	.86	.89	.88	.88
14. Pisteitys	.90	.81	.84	.90	.86
15. Aiming	.83	.90	.93	.77	.86
16. Rybakoff	.77	.82	.79	.65	.76
17. Sekoitett. sanat	.83	.74	.67	.73	.74
18. Eroavat sanat	.95	.81	.92	.87	.89
19. Synonyymit	.83	.75	.77	.92	.82
19:n testin keskiarvo	.85	.83	.82	.81	

teessa niin säännöllinen, että se eri ikäryhmissä jää alle arvon .80. Samoin vain yksi ainoa testi ylittää kaikissa ikäryhmissä arvon .90.

Kokonaisuudessaan reliabiliteetit heikkenevät hieman siirryttäessä nuoremmista koehenkilöistä vanhempiin. Tämä ilmenee reliabiliteettien keskiarvoista, jotka ovat nuorimmasta vanhimpaan ikäryhmään: .85, .83, .83 ja .81. Nuorempien koehenkilöitten suoritukset ovat siten yleensä kvantitatiivisesti tasaisempia kuin vanhempien, joskin ero on perin vähäinen.

On ilmeistä, että laskettu reliabiliteetti ei aina ole läheskään »oikea», vaan että se usein jää alle todellisen arvon. Tämä johtuu testien osittelusta, johon on turvaututtava kätevyystestien reliabiliteetin määrittämiseksi. Erilaisten merkkien paneminen paikoilleen kesken suorituksen särkee aina jossakin määrin luonnollisen, sinänsä varsin tasaisen työskentelyrytmin. Toisaalta uusintatestaus, johon myöskin on pakko turvautua, johtaa erilaiseen psykologiseen asennoitumiseen eri koehenkilöillä, mikä jälleen lisää virhevarianssin määrää testeissä.

Tässä kehitysanalyysissa emme voi kiinnittää lainkaan huomiota konstanssiprobleemaan. Voimme ainoastaan otaksua, että testit, joita on käytetty kätevyuden mittaamisessa kohdistuvat ainakin osittain samoihin funktioihin kuin ne testit, joita käytimme orientoivassa analyysissa ja että mittauksillamme on ainakin jonkin verran konstanssia. Seikkaperäisempi konstanssin selvittäminen olisi teoreettisesti varsin mielenkiintoinen, koska tällöin voitaisiin vertailla kätevyuden eri funktioiden konstanssia toisiinsa ja kätevyuden konstanssia muiden psyykkisten funktioiden konstanssiin. Tällaiset tutkimukset ovat kuitenkin käytännössä varsin vaikeasti toteutettavissa, varsinkin jos halutaan selvittää konstanssi vähänkin pitemmillä aikaväleillä.

4. Kätevyuden kehitys faktori- ja transformaatioanalyysien valossa.

a) Korrelaatiot.

Faktori- ja transformaatioanalyysien suorittamista varten laskettiin testien väliset korrelaatiot erikseen kussakin ikäryhmässä. Ne nähdään taulukoissa 21—24. Interkorrelaatioita tarkastelemalla voidaan todeta, että ne ovat joitakin yksityisiä kertoimia lukuunottamatta melkein kaikki positiivisia. Tämä osoittaa, että kätevyys kuuluu suorituskykyihin, jotka noudattavat 'positiivisten korrelaatioiden' lakia.

Testien väliset korrelaatiot vaihtelevat jokaisessa ikäryhmässä varsin paljon. Runsaimmin tavataan heikkoja kertoimia ($-.18$ — $+.30$), mikä osoittaa, että suorituskyvyt ovat eriytyneet jo ennen kouluikää suhteellisen voimakkaasti, varsinkin kätevyuden funktiokompleksin piirissä. Kohtalaista tilastollista riippuvuutta esiintyy eri variaabelien välillä myöskin varsin paljon (korrelaatiot $.30$ — $.60$). Melkoiset korrelaatiot (yli $.60:n$) ovat sitävastoin perin harvinaisia. Niitä ei tavata kuin motoristen variaabelien (testit 9.—11.) ja älykkyysovaraabelien (testit 16.—19.) piirissä.

Korrelaatioitten summat ovat 8-v. 60,66, 10-v. 59,54, 12-v. 62,24 ja 14-v. 51,80. Voidaan panna merkille, että ne kouluiän alkupuolella pysyvät likipitään saman suuruisina, mutta että viimeisellä ikävälillä tapahtuu huomattava korrelaatioitten keskimääräinen pieneneminen. Vaikka korrelaatioitten summat eivät selitä kätevyuden kehittymistä yksityiskohtaisemmin, on kouluiän lopulla tapahtuva tilastollisten yhteyksien heikkeneminen epäilemättä sitä suuruusluokkaa, että voidaan pitää varmana kätevyysfunktioitten tuntuva differentioitumista kouluiän lopulla. Kouluiän alku- ja keskivaiheen aikana tapah-

myöskään liian paljon faktoreita, sillä virheellinen faktorimäärä johtaa vertailussa moniin vaikeuksiin ja väriin johtopäätöksiin. Oikeaan faktorimäärään pääsemiseksi on tässä tutkimuksessa tehty varsin paljon työtä.¹⁾ Lopulliset faktorien lukumäärät ovat seuraavat:

	8-v.	10-v.	12-v.	14-v.
Faktoreita	3	4	4	5

Faktoreita on aluksi eristetty kylläkin jokaisessa ikäryhmässä kuusi kappaletta, minkä jälkeen on suoritettu sekä ortogonaalinen että kosi-nirotaatio sekä lisäksi transformaatioanalyysit). Mainitulla suurella faktorimäärällä saavutettu tulos on kuitenkin siksi sekava, varsinkin nuorempien ikäryhmien osalta, että virhefaktorien mukaanotto rotaatioon on ilmeisesti tapahtunut, olkoonkin että saadut faktorit ovat tulkittavia ja vastaavat ainakin osittain eri kh-ryhmien vertailussa toisissa ryhmissä tavattuja faktoreita.

Edellä esitettyihin lopullisiin faktorimääriin on päädytty noudattamalla *Thurstone'n kriteeriä*, jonka mukaan faktorointi lopetetaan heti kun residuaalien summa (reflektoinnin jälkeen) alkaa kasvaa.²⁾ Eräät muutkin kriteerit tukevat näin saatuja faktorimääriä. Niinpä 8-vuotiailla päädytään kolmeen faktoriin noudattamalla *Burtin* kriteeriä, jonka mukaan faktori jätetään ottamatta mukaan, jos yli puolet sentroidifaktorin painokertoimista on pienempiä kuin kaksinkertainen keskivirhe, joka on laskettu käyttämällä kaavaa

$$E(l) = \frac{(1-l^2) \sqrt{n}}{\sqrt{N(n-s+1)}}$$

jossa l = painokerroin

n = testien lukumäärä

N = kh.-määrä

s = faktorin järjestysluku.

¹⁾ Kaikkia suoritettuja operaatioita ei seuraavassa voida yksityiskohtaisesti tarkastella, vaan monet valmistavat tulokset joudutaan sivuuttamaan lyhyellä maininnalla.

²⁾ Tämä tapahtuu 12- ja 14-vuotiaitten ryhmissä hetkellä, jolloin virhefaktori ei vielä ole tullut esiin analyysissa. Tässä yhteydessä on todettava, että tukittaessa sentroidifaktorien ja testien reliabiliteetin välistä suhdetta voidaan todeta, että korkean virhevarianssin omaavat testit saavat suhteellisen korkeita painokertoimia eräässä sentroidifaktorissa (8-v. IV:ssä, 10-v. V:ssä, 12-v. IV:ssä ja 14-0. V:ssä faktorissa), mikä ilmeisesti johtuu siitä, että korrelaatioihin sisältyvät vihreet korreloivat (Vrt. Thomson 1946).

10-vuotiailla Burtin kriteeri sallisi vain yhden faktorin mukaanottamisen, kun taasen 12- ja 14-vuotiailla päädyttäisiin tämän kriteerin mukaan kolmeen faktoriin. *Guilfordin ja Lacey'n* kriteerin mukaan on faktori jätettävä pois, jos kahden korkeimman painokertoimen tulo on

pienempi kuin $\frac{1}{\sqrt{N}}$, jolloin $N - kh =$ määrä. Tämän kriteerin mukaan olisi otettava rotatioon vähintään seuraavat faktorimäärät: 8-v. 2 faktoria, 10-v. 5 faktoria, 12-v. 4 faktoria ja 14-v. 4 faktoria. McNemarin kriteerin mukaan vaadittaisiin kussakin ryhmässä kolme faktoria.

Erittäin vankkaa tukea sovelletulle Thurstonen kriteerille on tässä tutkimuksessa saatu turvautumalla kaikkia kouluikäisiä ($N = 400$) käsittävään faktorianalyysiin, jolloin suorakulmaisilla akseleilla rotatoiden neljä faktoria riittää testien varianssin selittämiseksi. (Keskiarvo sarjasta 3, 4, 4, ja 5 on juuri neljä faktoria.)

Transformaatioanalyysia soveltaen on lisäksi kokeiltu seuraavia faktorimääriä: 8-v. kolme, 10-v. viisi, 12- ja 14-vuotiailla kuusi faktoria. Tällöin on todettu, että 10-vuotiailla esiintyy yksi, 12-vuotiailla kaksi ja 14-vuotiailla yksi faktori, jotka heikkojen vastaavuuskertoimien vuoksi näyttävät vaikeuttavan tulkintaa. Voidaan panna merkille, että poistamalla nämä heikon vastaavuuden omaavat faktorit päädytään juuri Thurstonen kriteerillä saatuun faktorien lukumäärien sarjaan.

Yhteisten faktorien lukumäärälle asettaa rajan myöskin kaava:

$$r \geq \frac{(2n+1) - \sqrt{8n+1}}{2}$$

jossa $r =$ korkein faktorimäärä

$n =$ testien lukumäärä.

(Thurstone 1947, s. 293.)

Esitettyä kaavaa soveltaen voidaan todeta, että jo yhdeksän testiä riittäisi viiden faktorin eristämiseen, mikä tutkimuksessamme on suurin yhteisten faktorien määrä. Thurstonen mukaan pitää tieteellisesti merkitsevien ja vakuuttavien tulosten saavuttamiseksi käyttää kaksi tai kolme kertaa niin suuria testimääriä kuin edellä esitettyä kaavaa soveltaen olisi välttämätöntä. Tältä kannalta arvioiden on viisi faktoria vielä kohtalaisesti, kolme erittäin selvästi ylideterminoituja.

Faktorien lukumäärät (3-4-4-5) ilmaisevat selvästi differentioitumista. Toiminnot eriytyvät tämän mukaan voimakkaammin kouluiän alkua ja loppuvaiheessa, ikäväleillä 8—10 ja 12—14, kuin kouluiän keskivaiheilla, ikävälillä 10—12. Dimensioitten lisääntyminen on suhteellisen

hidasta, sillä testien erilaisuuden huomioonottaen voisi otaksua differentioitumisen voimakkaammaksi. Differentioituminen riippuu kuitenkin kulloinkin kysymyksessä olevista toiminnoista. Aikaisemmissa faktorianalyyseissa todettu faktoreiden lukumäärän lisääntyminen on samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa, joten mitään jyrkkää eroa ei voida todeta kätevyuden ja muiden funktioiden differentioitumisessa kouluiän aikana (Vrt. Balinsky 1941, Annika Takala 1953 ja Viitamäki 1956).

d) Rotatointi.

Rotaatiot suoritettiin aluksi kaikissa ikäryhmissä ns. kosiniratkaisun avulla (esim. Viitamäki 1956, Ahmavaara 1957). Transformoitaessa näin saadut faktorit ikäväleihin 8—10, 10—12 ja 12—14 todettiin eri ikäryhmien väliset faktorien vastaavuudet kuitenkin (älykkyyksfaktoreita lukuunottamatta) varsin heikoiksi. Sitäpaitsi ilmeni, että faktorien väliset korrelaatiot, jotka estimoitiin transformaatioanalyysin avulla, osoittivat, että sattuma oli ohjannut rotaatioita varsinkin vanhemmissa kh-ryhmissä. Tämän vuoksi turvaututtiin 10-, 12- ja 14-vuotiaitten ikäryhmissä graafiseen rotaatioon suorakulmaisia akseleita käyttäen. Kun 8-vuotiaitten ryhmässä saavutettu vinorotaation lopputulos oli varsin selväpiirteinen, ei tässä ikäryhmässä muutettu rotaatioperiaatetta, vaan tyydyttiin kosinirotaation tuloksena saatuun alkeistekijän *pattern-matriisiin*.

e) Transformointi (yleistä).

Ennenkuin käymme tulkitsemaan rotatoituja faktoreita, selvitämme lyhyesti, miten faktorivertailu on suoritettu, koska vertailumenetelmänä on käytetty jonkin verran komplisoitua transformaatioanalyysia.

Lopullista faktorien vertailua varten suoritettiin transformaatioanalyysit peräkkäisten ikäryhmien välillä transformoimalla kussakin tapauksessa nuoremman kh-ryhmän faktorit vanhemman kh-ryhmän faktoriavaruuteen (Ahmavaara 1954, 1957). Kun toisena ryhmänä oli jokaisella ikävälillä kahden vuoden ikäeron päässä oleva vanhempi ikäluokka, oli odotettavissa, että faktorien pitäisi vastata ainakin jossakin määrin toisiaan. Kun toisaalta vanhemman ryhmän faktorit kaikilla ikäväleillä olivat suorakulmaisten akselien avulla rotatoituja, oli transformointi yksinkertaisempi kuin se olisi ollut vinorotaatioita käytettäessä. Transformoinneissa käytettiin kaavaa:

$$(F'_1 F_1) - F'_1 F_2 = L,$$

jossa F_1 on sen ryhmän rotatoitu matriisi, jonka faktorit on transformoitu, ja F_2 sen ryhmän rotatoitujen faktorien matriisi, jonka ryhmän faktoriävaruuteen transformointi on suoritettu. Lopulliset vertailumatriisit on laskettu matriiseista L normalisoimalla ne vaakariveittäin. Vertailumatriisit nähdään taulukoissa.

Transformointien tarkkuus on arvioitu siten, että on laskettu matriisisulot F_1L (taulukot 33, 35 ja 37), minkä jälkeen on merkitty näin taatuja alkioita abskissoina ja F_2 matriisin alkioita ordinaattoina käyttäen kaikki painokertoimet pisteinä koordinaatistoon (kuvat 44—46, ss. 165—168.) Näin saatuja pistejoukkoja tarkastelemalla voidaan arvioida faktorivertailujen tarkkuus, joka on sitä suurempi, mitä tarkemmin pistejoukot tihentyvät suoran $x=y$ läheisyyteen. On huomattava, että mainitut pistejoukot hajaantuvat *kaikkien* transformaatioanalyysiin liittyvien virheitten johdosta. Tällöin tulevat kysymykseen tilastolliset virheet, systemaattiset virheet ja satunnaiset laskuvirheet. Ilmeisesti myöskin kehitys aiheuttaa pistejoukon hajoamista eli epänormaalia transformaatiota.

Kun verrataan saatuja pistejoukkoja toisiinsa, ei voida vertailun tarkkuutta ilmaista täysin eksaktisti. Tähän päästään kuitenkin tutkimalla yksityiskohtaisemmin epänormaalia transformoitumista. Esitettyjen pistejoukkojen perusteella voidaan kuitenkin todeta, ettei tutkimuksemme tarkkuus yleensä ole heikompi kuin se on ollut niissä tutkimuksissa, joissa on verrattu transformaatioanalyysin avulla monin verroin suuremmilla kh-ryhmillä suoritettuja faktorianalyysien tuloksia toisiinsa. Ottaen huomioon sen, että kh-ryhmiemme kokonaisfrekvenssit ovat vähäiset ja sen, että testijoukko on koottu suorittamatta yksityiskohtaisia esianalyyseja testiaineistolla, voidaan saavutettuun tarkkuuteen olla tyytyväisiä. Faktorianalyysien tulokset ovat täysin vertailukelpoisia.

f) Epänormaali transformoituminen testeissä ja faktoreissa.

Kuten edellä mainittiin, eivät transformointien tarkkuutta esittävät pistejoukot hajoa suoran $x=y$ ympäristöön pelkästään erilaisten virheitten tai sattuman vuoksi. Epänormaali transformoituminen voi hyvinkin olla kehityksen aiheuttamaa ja tällöin sille voitaisiin löytää psykologinen tulkinta. Tämän vuoksi on tutkittava epänormaalien transformoitumisen määrä testeissä ja faktoreissa.

Kun rotaatiot ryhmissä 2. ovat tässä tutkimuksessa suoritettut suorakulmaisia akseleita käyttäen, voidaan epänormaalien transformoitumi-

sen määrät sekä testeissä että faktoreissa selvittää varsin yksinkertaisesti ja käytännössä suhteellisen helposti. Tarvitsee vain muodostaa matriisien erotus:

$$F_2 - F_1 L$$

Nämä erotukset nähdään taulukoissa 34, 36 ja 38., ss. 162—164.

Epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärät eri testeissä voidaan määrätä laskemalla matriisin $F - FL$ vaakarivien neliösummat. Ne nähdään em. taulukoissa sarakkeessa h^2 . Epänormaalien transformoitumisen määrät tutkimuksen 2. (ikäväleittäin vanhemman ikäryhmän) rotatoiduissa faktoreissa nähdään matriisien $F - F L$ vastaavissa sarakkeissa. Epänormaalien transformoitumisen yleisindeksinä on lisäksi laskettu matriisien $F_2 - F_1 L$ alkioitten neliöitten keskiarvot

$$\frac{\sum (F_1 L - F_2)^2}{N}$$

Nämä ovat ikäväleittäin 8—10, 10—12 ja 12—14 vastaavasti .025, .020 ja .026. Tässä yhteydessä voidaan panna merkille, että epänormaalien transformoitumisen yleismäärät ovat jokseenkin samat ikäväleillä 8—10 ja 12—14, kun se taasen ikävälillä 10—12 on selvästi pienempi. Epänormaalia transformoitumista näyttää siis tapahtuvan runsaammin ikäväleillä, joilla kehityksen johdosta ilmestyy uusia alkeisfaktoreita, ja vähemmän ikävälillä, jolla faktorien lukumäärä pysyy muuttumattomana. Näin ollen on mahdollista, että ainakin osa epänormaalista transformoitumisesta on kehityksen aiheuttamaa. Yksityiskohtaisemmin tarkastelemme epänormaalia transformoitumista vasta sitten, kun faktorien tulkinta on suoritettu.

g) Faktorien tulkinta ja vertailu.

Suorittamiemme metodisten tarkastelujen jälkeen voimme nyt käydä tulosten psykologiseen tulkintaan. Tulkinnoissa etenemme ikäportaittain 8-10-12-14. Tällöin nojaudumme taulukkoihin joissa on esitetty rotatoitujen faktorien painokertoimet ja taulukkoihin, joissa nähdään faktorien vertailumatriisit.

Taulukko 25.
Table

Faktorianalyysi, 8-vuotiaat.
Factor analysis, 8 year old subjects.

	Alkuperäiset faktorit Centroid matrix				Rotatoidut faktorit Rotated matrix		
	I	II	III	h ²	I	II	IV
1. Somiaminen	33	22	15	18	-10	10	39
2. Kiekkosokkelo	24	-12	15	09	16	-17	27
3. Kiekkolauta	58	19	17	40	03	12	56
4. Santa Ana	55	17	28	41	00	00	64
5. Helmienpujotus	64	27	05	49	03	29	51
6. Pallotarjotin	38	12	20	20	00	00	45
7. Connor	50	10	26	33	04	-04	58
8. Ko'ordinaatio	35	-10	22	18	17	-19	41
9. Puristusnopeus	45	32	-31	40	02	59	06
10. Oppositioliike	50	35	-28	45	01	60	13
11. Nakutus kyynär.	32	27	-28	25	00	51	00
12. Käsivoima	19	-23	20	13	22	-30	26
13. Käden vakavuus	30	21	-27	21	04	45	-01
14. Pisteitys	43	-13	-09	21	34	07	18
15. Aiming	53	-14	27	37	27	-22	57
16. Rybakoff	38	-36	-15	30	55	-06	05
17. Sekoitettut sanat	50	-35	-06	38	56	-10	21
18. Eroavat sanat	57	-34	-29	52	66	-11	05
19. Synonyymit	50	-45	-27	53	72	00	00

Taulukko 26.
Table

8-vuotiaitten alkeistekijäin interkorrelaatiot.
Intercorrelations of the primary factors of the 8 year old subjects.

	I	II	III
I	1.000	.272	.320
II	.272	1.000	.450
III	.320	.450	1.000

Taulukko
Table 27.

Vertailumatriisi 8—10.
Comparison matrix 8—10.

	I_{10}	II_{10}	III_{10}	IV_{10}
I_8	.92	.16	.13	.35
II_8	.02	.90	.20	.38
III_8	.32	.56	.74	.29

Taulukko
Table 28.

Vertailumatriisi 10—12.
Comparison matrix 10—12.

	I_{12}	II_{12}	III_{12}	IV_{12}
I_{10}	.97	.04	— .25	.01
II_{10}	— .21	.94	— .23	— .10
III_{10}	.07	.07	.83	.55
IV_{10}	.40	.58	.33	.63

Taulukko
Table 29.

Vertailumatriisi 12—14.
Comparison matrix 12—14.

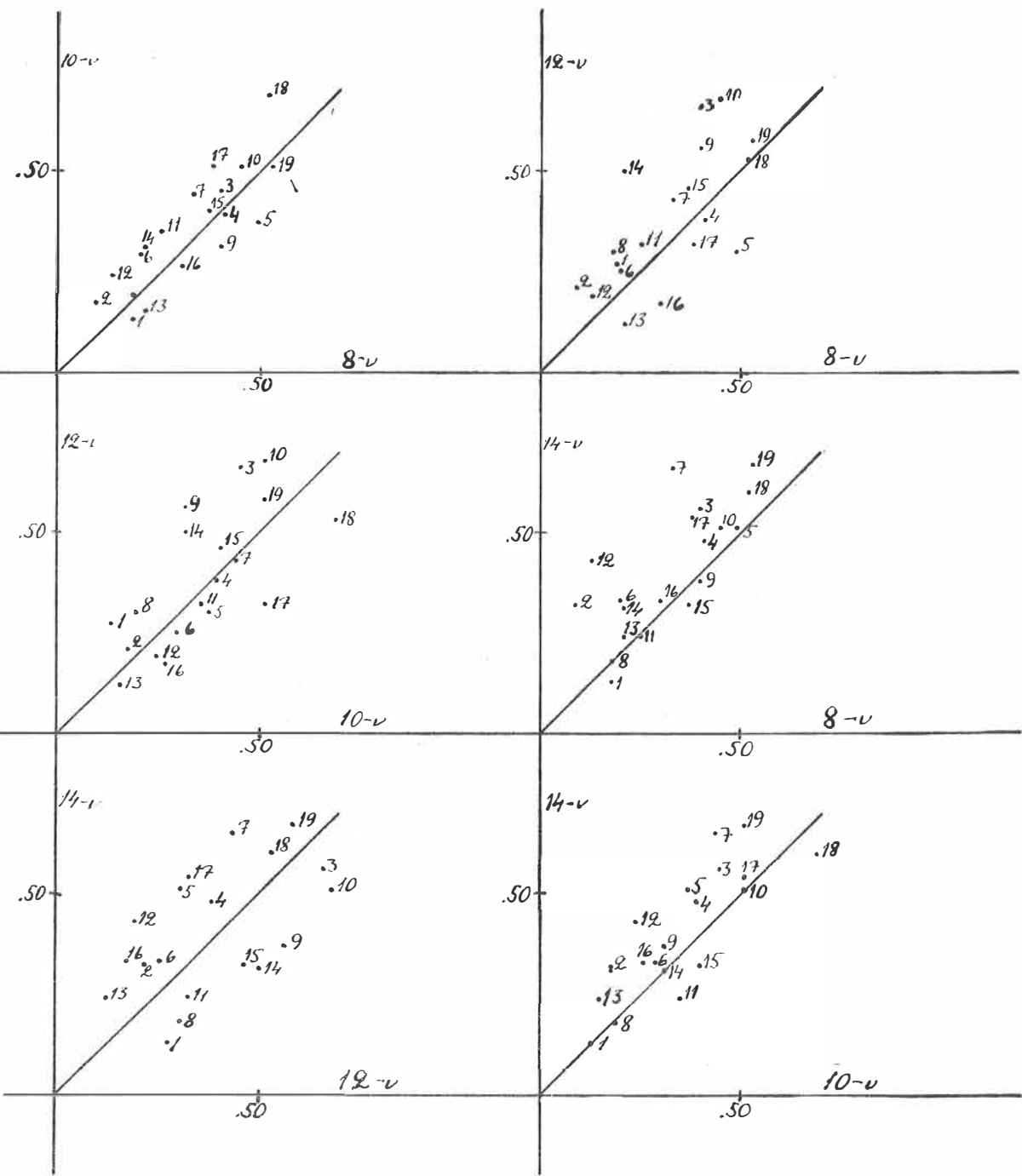
	I_{14}	II_{14}	III_{14}	IV_{14}	V_{14}
I_{12}	.97	— .11	.09	.16	.04
II_{12}	.52	.83	.15	.15	.04
III_{12}	— .51	.41	.71	.06	.26
IV_{12}	.52	— .04	— .14	.84	— .09

8-vuotiaitten alkeisfaktorit.

Faktorilla I on merkitsevät painokertoimet testeissä synonyymit (.72), eroavat sanat (.66), sekoitetut sanat (.56), Rybakoff (.55) ja pisteitys (.34). Kun nämä testit ovat viimeksimainittua lukuunottamatta kaikki älykkyystestejä, on tämä faktori selväpiirteinen älykkyys-tekijä, joka tässä testistössä jää eriytymättä älykkyys-eri komponenteiksi ja edustaa siten g-faktoria. Pisteitys- ja Aiming-testiä lukuunottamatta kätevyys- ja motoriset testit eivät saa painokertoimia tässä faktorissa. Faktori I vastaa erittäin selvästi 10-vuotiaitten ensimmäistä faktoria (koinsidenssi .92) ja hyvin vähäisessä määrin 10-vuotiaitten faktoria IV (.35). Älykkyysfaktori on siis jo kouluikänsä alussa selvästi eriytynyt kätevyys- ja motorisesta sorminäppäryysfaktorista, joihin sitä yhdistävät vain alkeistekijäin korrelaatiot (.272 ja .320).

Faktori II on varsin suppea. Sillä on merkitsevät painokertoimet vain testeissä oppositioliike (.60), puristusnopeus (.59), nakutus kyynärvarrella (.51) ja käden vakavuus (.45). Lisäksi helmien pujotustesti esiintyy tässä faktorissa lähes merkitsevin painokertoimin (.29). Nimitämme tätä faktoria motorisen sorminäppäryyden tekijäksi. Se on läheistä sukua sorminäppäryysfaktorille (FD, Finger Dexterity), mutta se saa tässä tutkimuksessa erikoisesti motorisen komponentin, johon nopeuden ohella liittyy ilmeisesti myöskin vakavuustoimintojen edellyttämiä innervaatioita. Tämä faktori ei ole yhtä selväpiirteinen kuin edelliset. Vertailumatriisi osoittaa, että sitä vastaa 10-vuotiailla lähinnä III faktori (.74), mutta osittain muutkin tämän ikäryhmän faktorit (II, .56 ; I, .32; IV, .29).

Faktori III on merkitsevin painokertoimin edustettuna kahdeksassa testissä, joten sillä on tämän ryhmän faktoreista kaikkein laajin vaikutuskenttä. Merkitsevät painokertoimet ovat seuraavat: Santa Ana (.64), Connor (.58), Aiming (.57), kiekkolauta (.56), helmienpujotus (.51), pallotarjotin (.45), ko'ordinaatio (.41) ja solmiaminen (.39). Verraten spesifisillä kiekkosokkelo- ja käsivoimatesteillä on tässä faktorissa lähes merkitsevät painokertoimet (.27 ja .26). Faktori III on kätevyysfaktori (MD, Manual Dexterity), joka on aikaisemmin tavattu lukuisissa tutkimuksissa, joskaan ei vielä milloinkaan näin nuorella ikäryhmällä. Voidaan panna merkille, että sama faktori lataa varsin erilaisia käsittelymotoriikkaa edellyttäviä testejä. Kätevyysfaktorin tulkinta sellaisena kuin tämä on esitetty edellä s. 74 sopii täydellisesti tähän faktoriin. Faktoria III vastaa varsin tarkoin 10-vuotiaitten II faktori (.90) ja osittain myöskin IV faktori (.38). Kätevyys-



Kuvio Fig. 42.

faktori korreloi tässä ikäryhmässä motorisen sorminäppäryysfaktorin kanssa (.45), osoittaen siten, että käsivarren ja sormien toiminnot eivät vielä ole tulleet aivan itsenäisiksi faktorianalyttisessä mielessä.

10-vuotiaitten alkeisfaktorit.

Faktori I on edustettuna testeissä eroavat sanat (.76), synonyymit (.69), sekoitetut sanat (.67), kiekkolauta (.39) ja Rybakoff. Tämä faktori on selväpiirteinen älykkyyssfaktori, joka tarkoin vastaa 12-vuotiaitten faktoria I (.97). Kiekkolautatestin merkitsevä painokerroin osoittaa älykkyyden ja kätevyuden välisiä yhteyksiä, jotka on todettu edellä orientoivassa analyysissä.

Faktorilla II on seuraavat merkitsevät painokertoimet: oppositioliike (.60), pallotarjotin (.48), puristusnopeus (.41), nakutus kyynärvarrella (.41). Kysymyksessä on motorisen sorminäppäryyden alkeistekijä, jota vastaa tarkoin 12-vuotiaitten faktori II (.94). Merkittävä siirtyminen on tapahtunut testille pallotarjotin, joka nyt saa latauksen tässä faktorissa (8-vuotiailla kätevyysfaktorissa).

Faktorilla III on laaja vaikutuskenttä. Se on edustettuna testeissä Aiming (.62), Santa Ana (.59), helmienpujotus (.59), kiekkolauta (.50), Connor (.50), ko'ordinaatio (.42), oppositioliike (.34), puristusnopeus (.33) ja nakutus kyynärvarrella (.33). Faktori III on kätevyysfaktori, jota vastaa 12-vuotiaitten faktori III (.83) ja faktori IV (.55). Testien 9, 10 ja 11. saamat painokertoimet osoittavat, etteivät yhteydet kätevyystekijän ja motorisen sorminäppäryystekijän väliltä vielä ole katkenneet. Jos tässä ikäryhmässä olisi voitu käyttää vinorotaatiota, olisivat kätevyys- ja sorminäppäryysfaktori korreloineet.

Faktori IV on edustettuna seuraavissa testeissä: pisteitys (.50), käsi-voima (.46), Connor (.42), käden vakavuus (.36) ja Rybakoff (.32). Nimitämme tätä faktoria tavoittamisfaktori (Ai, Aiming), jonka oleelliset kvaliteetit on esitetty edellä s. 75. Faktori ei ole selväpiirteinen, vaan siihen näyttää käden ja silmän ko'ordinaatiofunktion ohella liittyvän käsi-voiman kvaliteetti. Vastaavuus 12-vuotiaitten faktoreihin ei ole selvä. Lähinnä faktoria IV vastaa 12-vuotiaitten faktori IV, (.63) mutta myöskin faktori II (.58), faktori I (.40) ja faktori III (.33). Faktorin hajoaminen on ilmeisestikin osittain tapahtunut erilaisista rotaatioista johtuen, osittain se voi olla kehityksen aiheuttamaa.

Taulukko 30.
Table

Faktorianalyysi, 10-vuotiaat.

Factor analysis, 10 year old subjects.

	Alkuperäiset faktorit Centroid matrix					Rotatoidut faktorit Rotated matrix				
	I	II	III	IV	h ²	I	II	III	IV	h ²
1. Solmiaminen	30	13	13—09	13	13	00	01	23	31	15
2. Kiekkosokkelo	22	30	13	14	17	—18	21	12	30	18
3. Kiekkolauta	61—15	09—21			45	39	00	50	21	54
4. Santa Ana	52	15—18—25			39	07	00	59	16	38
5. Helmienpujotus	49	24—24—12			37	—02	14	59	13	38
6. Pallotarjotin	32	14	25	33	29	00	48	26	00	30
7. Connor	61	11	08—23		44	15	02	50—42		45
8. Ko'ordinaatio	32	10—27—07			19	04—12		42	03	19
9. Puristusnopeus	48	08—15	22	31	31	12	14	33	15	31
10. Oppositioliike	53	25—15	38	51	51	—01	60	34	22	52
11. Nakutus kyynärv.	48—08—25		22	35	35	27	41	33	03	35
12. Käsivoima	28	18	33	15	24	—05	17	00	46	24
13. Käden vakavuus	30	10	20—08		15	00	00	17	36	16
14. Pisteitys	41	18	29—15		31	00	03	25—50		31
15. Aiming	50	15—24—27			40	07	01	62	11	40
16. Rybakoff	30—24	27—21			26	34	19	08—32		26
17. Sekoitettut sanat	48—52—09—05				51	67	06	23	06	51
18. Eroavat sanat	58—57	10	13	69	69	76	20	10	25	69
19. Synonyymit	44—56—04	06	51	51	51	69	13	12	07	51

12-vuotiaitten alkeisfaktorit.

Faktorilla I on seuraavat merkitsevät painokertoimet: synonyymit (.66), eroavat sanat (.66), sekoitetut sanat (.49), kiekkolauta (.46), eroavat sanat (.66), sekoitetut sanat (.49), kiekkolauta (.46), kiekkosokkelo (.32) ja pisteitys (.30). Tämä faktori on älykkyyssfaktori, joka tarkoin vastaa edelleen 14-vuotiaitten faktoria I (.97).

Faktorilla II on painokertoimet testeissä oppositioliike (.73), puristusliike (.67), nakutus kyynärvarrella (.55), pallotarjotin (.39) ja helmienpujotus (.35). Faktori II on motorisen sorminäppäryy-

den faktori vastaten edelleen 14-vuotiaitten faktoria II (.83), osittain myöskin faktoria I (.53).

Faktori III on jälleen varsin laaja-alainen. Se on edustettuna testeissä kiekkolauta (.60), Connor (.51), Santa Ana (.48), solmiaminen (.45), ko'ordinaatio (.40), helmienpujotus (.35), puristusnopeus (.34), Rybakoff (.32) ja kiekkosokkelo (.30). Kysymyksessä on k ä t e v y y s f a k t o r i, jota vastaa 14-vuotiaitten faktori III (.71).

Faktori IV on edustettuna testeissä Aiming (.55), pisteitys (.55), käsivoima (.38), ko'ordinaatio (.37), Santa Ana (.35), Connor (.31), käden vakavuus (.30) ja sekoitetut sanat (.30). Tämä alkeistekijä edus-

Taulukko
Table 31.

Faktorianalyysi, 12-vuotiaat.

Factor analysis, 12 year old subjects.

	Alkuperäiset faktorit Rotated matrix					Rotatoidut faktorit Rotated matrix				
	I	II	III	IV	h ²	I	II	III	IV	h ²
1. Solmiaminen	43—13	26	06	27	27	18	11	45	15	27
2. Kiekkosokkelo	32—21	17—17	21		21	32	13	30	00	21
3. Kiekkolauta	71—29	26—09	66		66	46	23	60	23	68
4. Santa Ana	57—10	17	15	38	38	17	17	48	35	41
5. Helmienpujotus	49	17	15	06	30	00	35	35	25	31
6. Pallotarjotin	26	41—10	07	25	25	—19	39—01	26	26	26
7. Connor	60—04	23	11	43	43	14	24	51	31	43
8. Ko'ordinaatio	42—12	13	31	30	30	05	01	40—37	30	30
9. Puristusnopeus	53	35	24—31	56	56	05	67	34	00	57
10. Oppositioliike	60	55	07—07	68	68	—15	73	25	25	68
11. Nakutus kyynärv.	34	42	03—17	32	32	—09	55	09	07	32
12. Käsivoima	29	17—27	11	19	19	—01	24—08	38	21	21
13. Käden vakavuus	18	18—08	23	12	12	—17	12	05	30	14
14. Pisteitys	65—07—25	09	50		50	30	28	15	55	49
15. Aiming	43—33—10	39	46		46	22	17	26—55	45	45
16. Rybakoff	38—10	11	07	17	17	15	10	32	22	18
17. Sekoitetut sanat	36—37—24—06	32			32	49	00	02	30	33
18. Eroavat sanat	41—27—25—48	53			53	66	30—05	05	53	53
19. Synonyymit	40—32—45—33	58			58	66	20—19	25	58	58

taa tavoittamisfaktoria (Ai, Aiming). Sitä vastaa 14-vuotiaitten faktori IV (.84) ja osittain faktori I (.52). Faktori IV on edustettuna useammissa testeissä kuin 12-vuotiailla, joilla tämä faktori ensi kerran esiintyy.

14-vuotiaitten alkeisfaktorit.

Faktori I on edustettuna seuraavissa testeissä: synonyymit (.82), eroavat sanat (.77), sekoitetut sanat (.61), käsivoima (.36), pallotarjotin (.34) ja nakutus kyynärvarrella (.30). Se on **älykkyyssfaktori**, joka on todettu kaikissa ikäryhmissä.

Faktori II esiintyy tässä ikäryhmässä seuraavissa testeissä: oppositioliike (.71), puristusnopeus (.61) ja (lähes merkitsevin kertoimin) nakutus kyynärvarrella (.29) ja käsivoima (.29). Kysymyksessä on **motorisen sorminäppäryyden faktori**. Se tavataan nyt miltei yksinomaan hienoimmista käden liikkeissä, joissa tulee kysymykseen liikkeen nopeus.

Faktorilla III on seuraavat merkitsevät painokertoimet: Connor (.57), kiekkosokkelo (.52), Aiming (.49), kiekkolauta (.44), pallotarjotin (.40), käsivoima (.40), Santa Ana (.36), ko'ordinaatio (.33) ja helmienpujottaminen (.31). Tämä faktori on **kätevyystekijä**, joka jokseenkin yhtä laajan vaikutuskentän omaavana on tavattu aikaisemmissakin ikäryhmissä.

Faktori IV on edustettuna seuraavissa testeissä: helmienpujotus (.65), kiekkolauta (.56), Santa Ana (.55), pisteitys (.54), Rybakoff (.52), Connor (.43), käden vakavuus (.32) ja sekoitetut sanat (.30). Painokertoimien ja vastaavuuskertoimen perusteella se on tulokittavissa **tavoittamisfaktori**ksi, joka verraten tarkoin vastaa 12-vuotiaitten faktoria IV. Vaikutuskenttä vain on laajempi kuin aikaisemmin, mikä ilmeisestikin johtuu siitä, että kehityksen johdosta silmän ja käden ko'ordinaatiot saavat erilaisissa käsittelytoiminnoissa suuremman merkityksen.

Faktori V merkitsee uutta alkeistekijää, jota ei esiinny aikaisemmissa ikäryhmissä. Sillä on vain yksi selvästi merkitsevä painokerroin, nimittäin testissa käden vakavuus (.37) ja yksi lähes merkitsevä painokerroin testissä solmiaminen (.30). Tätä faktoria nimitämme **vakavuusfaktori**ksi (St, Steadiness).

Taulukko
Table 32.

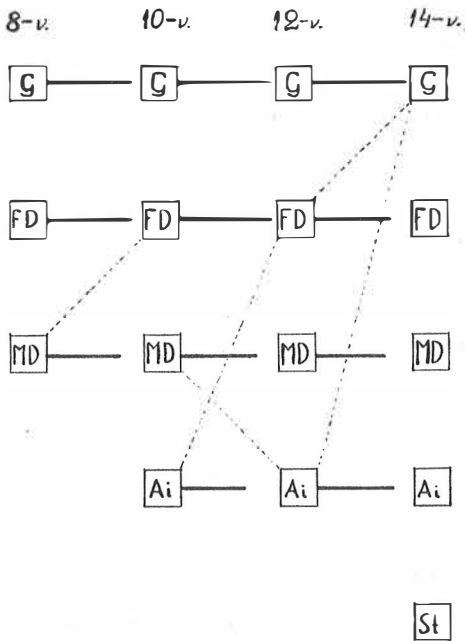
Faktorianalyysi, 14-vuotiaat.
Factor analysis, 14 year old subjects.

	Alkuperäiset faktorit Centroid matrix						Rotatoidut faktorit Rotated matrix					
	I	II	III	IV	V	h ²	I	II	III	IV	V	h ²
1. Solmiaminen	22	20	07	11	16	13	01	04	13	18	30	14
2. Kiekkosokkelo	37	05-26	19-29	32			22-11	52	04-05	34		
3. Kiekkolauta	63	32	22	05-06	56		06	18	44	56	20	58
4. Santa Ana	54	29	24-11-19	48			03	21	36	55	00	48
5. Helmienpujotus	43	40-14	32	21	51		05	02	31	65	00	53
6. Pallotarjotin	39-09-34	09-23	33				34-23	40	08	08	34	
7. Connor	73	22	03	23-09	65		28	16	57	43	23	67
8. Ko'ordinaatio	30	21	19	12	05	18	07	16	33	02	24	20
9. Puristusnopeus	32	08	34-38	08	37		04	61	10	00	05	39
10. Oppositioliike	37	14-25-53	10	51			-05	71	03	10	03	52
11. Nakutus kyynärv.	40-18-09-13	15	24				30	29	15	15-16	24	
12. Käsivoima	25-41	15-31	28	43			36	29	40	24	00	43
13. Käden vakavuus	19	19	24	04	32	24	-04	02	05	32	37	24
14. Pisteitys	44	09	31-11-05	31			09	15	14	54	00	34
15. Aiming	35	31	09-15-27	32			-04	00	49	28	00	32
16. Rybakoff	39-10	40	05-08	33			25	05	08-52-06	35		
17. Sekoitettut sanat	50-50	10-06-14	54				61	17	01	30-23	54	
18. Eroavat sanat	40-57-04	27	19	60			77-01	06-06	12	61		
19. Synonyymit	49-61-13	17	09	67			82	12	00	02	00	69

h) Faktorien vastaavuus.

Kuviossa 43., s. 161 on esitetty eri ikäryhmien faktorien vertailu kaavamaisesti. Tällöin on vertailumatriiseista otettu mukaan vain ne koinsidenssit, jotka ylittävät arvon .50. Voimakas, lähes yksiyksinen vastaavuus on merkitty vahvalla viivalla, jonka pituus edustaa kysymyksessä olevaa koinsidenssia. Katkoviivat osoittavat pienempiä vastaavuuksia, jotka ilmeisesti ainakin osaksi ovat rotaatioista johtuvia.

Esitetystä kuviossa käy ilmi, että voimakkaimmin vastaavat toisiaan eri ikäryhmien älykkyyksifaktorit (G). Varsin korkeat ovat myöskin eri



Kuvio
Figure 43.

Faktorien vastaavuus.
Coincidence of the factors.

ikäryhmien motoristen sorminäppäryysfaktorien (FD) vastaavuudet. Ikävälillä 12—14 tapahtunut vähäinen faktorifissio kuitenkin heikentää tämän ikävälän koinsidenssia. Kätevyysfaktorien (MD) vastaavuudet ovat heikkomat, mikä johtuu siitä, että jokaisella ikävälillä on tapahtunut vähäinen faktorifissio. Kuitenkin ovat nämäkin vastaavuudet siksi korkeat, että epäilyksettä voidaan puhua samasta faktorista. Ikäryhmissä 10-, 12- ja 14-vuotiaat esiintyy tavoittamisfaktori, joka ei ole tullut esiin 8-vuotiailla. Vastaavuus tämän faktorin kohdalla on verraten heikko ikävälillä 10—12, mutta vahvistuu seuraavalla ikävälillä 12—14. Kummallakin ikävälillä tapahtuu kuitenkin faktorifissio — mahdollisesti tässäkin erilaisista rotaatioista johtuen. Viimeisessä ikäryhmässä tavattava vakavuusfaktori (St), joka on varsin suppealainen, ei vastaa mitään edellisten ikäryhmien faktoria.

Faktorien varsin selväpiirtein vastaavuus osoittaa, ettei kouluiän aikana tapahdu käsittelytoiminnoissa kovin perinpohjaisia muutoksia.

Tällaisina voidaan pitää kylläkin ehkä sitä, että kaksi uutta faktoria A_i ja St tulevat itsenäisinä esiin, mutta samalla on tähdennettävä, ettei mikään faktori näytä katoavan, vaan *kehitys on faktorien suhteen kasaautuvaa*. Täydellistä faktorien uudelleenorganisaatiota ei myöskään esiinny.

Taulukko 33
Table

Matriisi
Matrix $A_8L(8-10)$

	I	II	III	IV
1.	05	12	37	13
2.	10	-02	18	11
3.	07	18	54	24
4.	01	13	56	23
5.	11	27	57	26
6.	01	09	39	16
7.	04	10	49	21
8.	11	-01	30	16
9.	17	35	31	16
10.	16	37	37	34
11.	12	29	22	11
12.	12	-09	13	21
13.	15	26	18	11
14.	31	12	23	19
15.	19	02	44	24
16.	45	04	09	19
17.	46	05	31	23
18.	59	15	50	25
19.	61	09	10	23

Taulukko 34
Table

Matriisi
Matrix $F_{10}-A_8L$

Epänormaali transformoituminen.
Quantities of the abnormal transformation.

	I	II	III	IV	h^2
1.	05	-11	-15	18	07
2.	-28	23	-06	19	15
3.	32	-18	-04	03	14
4.	06	-13	03	07	03
5.	-13	-13	02	-13	05
6.	-01	39	13	-16	19
7.	11	-12	01	21	07
8.	07	13	12	-19	07
9.	-05	06	02	-01	01
10.	-17	23	-03	-12	10
11.	15	12	10	-08	06
12.	-17	26	-13	25	18
13.	-15	-26	-01	25	15
14.	-31	-15	02	21	16
15.	-12	-01	18	-13	06
16.	-11	-23	-01	14	08
17.	21	01	-08	-17	08
18.	17	05	-40	00	19
19.	08	04	02	-16	03
h^2_f	.53	.60	.29	.48	

$$\frac{\sum (A_8 L - F_{10})^2}{N} = .025$$

Taulukko 35
TableMatriisi
Matrix $F_{10L(10-12)}$ Taulukko 36
TableMatriisi
Matrix $F_{12-F_{10}L}$ Epänormaali transformoituminen.
Quantities of the abnormal transformation.

	I	II	III	IV		I	II	III	IV	h^2
1.	10	15	25	26	1.	08	-04	-20	-11	06
2.	08	33	15	17	2.	40	-20	-15	-17	25
3.	37	13	37	36	3.	09	10	-23	-13	09
4.	14	11	49	38	4.	03	06	-01	-03	01
5.	03	23	47	35	5.	03	13	-12	-10	04
6.	-09	49	09	09	6.	-10	-10	-10	17	06
7.	26	19	47	45	7.	-12	05	-04	-14	04
8.	02	14	29	19	8.	03	-15	-11	18	07
9.	06	49	18	20	9.	-01	18	-16	-20	10
10.	-05	71	18	21	10.	-10	02	-07	04	02
11.	13	45	12	15	11.	-22	10	-03	-08	07
12.	07	37	05	18	12.	-08	-13	-13	20	08
13.	11	16	22	25	13.	-28	-04	-17	05	11
14.	16	19	32	35	14.	14	09	-17	20	10
15.	09	10	50	37	15.	13	-27	-24	18	18
16.	38	-04	12	20	16.	-23	-14	-20	-02	11
17.	49	12	06	15	17.	-00	-12	-04	15	04
18.	57	33	-05	15	18.	09	-03	-00	-10	02
19.	48	19	-04	09	19.	18	01	-15	16	08
					h^2_f	.47	.28	.38	.37	

$$\frac{\sum (F_{10L} - F_{12})^2}{N} = .020$$

i) Kehitys ja epänormaali transformoituminen.

Epänormaalin transformoitumisen määrät testeissä ja faktoreissa on laskettu ss. 150—151 esitettyä menetelmää käyttäen. Nyt kun faktorit on eri ikäryhmissä identifioitu, on mahdollista tarkastella, onko epä-

Taulukko 37.
TableMatriisi
Matrix $F_{12}L$ (12—14)

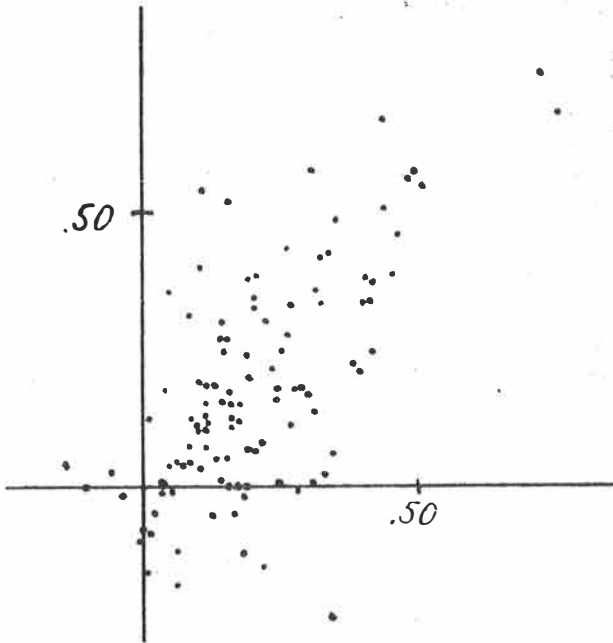
	I	II	III	IV	V
1.	01	34	35	30	10
2.	14	07	23	17	06
3.	21	17	47	44	14
4.	07	16	38	42	13
5.	04	27	25	28	08
6.	01	30	-04	11	-02
7.	04	20	39	41	13
8.	05	05	34	39	12
9.	12	45	18	13	04
10.	13	53	12	20	03
11.	14	38	00	05	-01
12.	27	19	-05	17	-03
13.	00	13	04	17	02
14.	46	22	16	41	03
15.	16	-06	28	46	09
16.	06	09	26	28	08
17.	47	-01	08	24	00
18.	67	14	-02	08	-05
19.	78	08	08	14	-08

Taulukko 38.
TableMatriisi
Matrix $F_{14}-F_{12}L$ Epänormaali transformoituminen.
Quantities of the abnormal transformation.

	I	II	III	IV	V	h^2
1.	02	-30	-22	-12	20	19
2.	08	04	29	-21	-11	15
3.	-15	01	-03	12	06	04
4.	-04	05	-02	13	-12	04
5.	01	-18	06	37	-08	18
6.	33	-07	44	-19	-06	35
7.	24	-04	18	02	10	10
8.	12	11	-01	-37	12	18
9.	-08	16	-08	-13	01	06
10.	-18	18	-09	-10	-00	08
11.	17	-09	15	10	15	09
12.	09	10	-35	07	03	15
13.	-04	-11	-09	15	35	17
14.	-37	-07	-02	13	-03	16
15.	-20	06	21	-18	-09	13
16.	19	-14	-18	24	-14	17
17.	14	18	-07	06	-23	11
18.	10	-15	-04	-02	17	06
19.	04	04	-08	-12	08	03
h^2_f	.54	.32	.62	.59	.37	

$$\frac{\sum (F_{12}L - F_{14})^2}{N} = .026$$

normaali transformoituminen sattuman aiheuttamaa, vai voidaan sille löytää psykologista tulkintaa. Tarkastelemme siis, miten paljon epänormaalista transformoitumisesta tulee kullakin ikävälillä a) jokaista testiä ja b) ikävälän vanhemman kh-ryhmän kutakin alkeisfaktoria kohden.



Kuva
Figure 44.

Vertailun tarkkuus. Transformaatio 8—10.
Accuracy of the comparison. Transformation 8—10.

Ikäväli 8—10.

Taulukosta 33. näemme, että epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärät (sarake h^2) vaihtelevat testeittäin .01—.19. Korkein epänormaalia transformoitumista edustavan testivektorieroituksen neliö on testillä *pallotarjotin* (.19), ja ilmeistä on, että tämä siirtyminen on merkitsevä. Voidaan nimittäin todeta, että testivektori 6. on ikävälillä 8—10 kiertynyt voimakkaasti (komponentin .39 verran) sorminäppäryysfaktoria kohden. Käden liikkeet tulevat tämän testin suorittamisessa nyt tärkeämmiksi kuin käsivarren. Toinen korkea epänormaali transformoituminen todetaan käden puristusvoiman testissä, jota edustava testivektori on kiertynyt motorista sorminäppäryysfaktoria kohden ja samalla myöskin tavoittamisfaktoria suuntaan älykkyyshäviöstä pois päin. Testissä *eroavat sanat* on tapahtunut ilmeisesti merkitsevä kiertyminen älykkyyshäviön suuntaan. Testien *pisteitys*, *käden vakavuus* ja *kiekkosokkelo* epänormaali transformoituminen on tapahtunut tavoittamisfaktoria kohden, joka juuri tällä ikävälillä on tullut esiin. Tätäkin vektorien kierty-

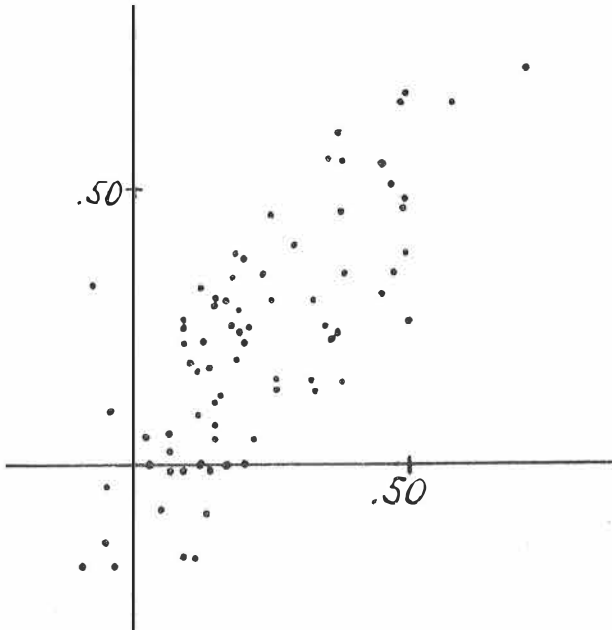
mistä voidaan pitää merkitseväna, varsinkin kun otetaan huomioon, että kiertyminen on tapahtunut älykkyysfaktorista pois päin. Kiekkolautatestin epänormaali transformoituminen on ilmeisesti myöskin merkitsevä, koska siirtyminen on tapahtunut sorminäppäryysfaktorista älykkyysfaktorin päin. Kun faktorien vastaavuus on verraten korkea, voidaan useimmat näistä korkeimmista siirtymistä todeta vertailemalla suoraan rotatoitujen faktorien painokertoimia. Näin ei sitävastoin näytä olevan aina laita vähäisempien vektorikiertymien, joita tälläkin ikävälillä on tapahtunut ja joista ainakin seuraavat ilmeisesti ovat merkitseviä:

- oppositoliike kiertyy FD- faktoria kohden,
- Rybakoff kiertyy Ai- faktoria kohden,
- sekoitetut sanat kiertyy g-faktoria kohden,
- Connor kiertyy Ai- faktoria kohden,
- ko'ordinaatio kiertyy FD- ja MD- faktoreita kohden.

Useimmiten näyttää epänormaali transformoituminen olevan tulkittavissa, ja se ilmaisee, että erilaisten käsittelytoimintojen piirissä tapahtuu jo kouluiän alusta alkaen kehitystä, joka ilmenee vähittäisenä *uudelleenorganisoinnissa* testien »ottaessa käyttöön» eri faktoreita eri ikäkausilla. Jokaisen faktorin kohdalla tapahtuu yleensä likimäärin sama määrä kiertymiä, jotka suuntautuvat faktoria *kohti* kuin siitä pois päin. Uudelleenorganisoinnin kokonaismäärä näyttää kuitenkin jonkin verran vaihtelevan faktoreittain. Viimeksimainittu seikka käy ilmi taulukosta 34. riviltä h_2^2 , jossa on esitetty epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärät (kaikkien testien osalta) faktoreittain. Nämä kokonaismäärät ilmaisevat, että *kehitystä tapahtuu eniten motorisen sorminäppäryysfaktorin suhteen* toisten testien kääntäessä sitä kohti, toisten siitä pois päin. Suhteellisen voimakas on uudelleenorganisointi myöskin älykkyysfaktorin ja tavoittamisfaktorin kohdalla, kun sitävastoin kätevyysfaktorissa ei tällä ikävälillä tapahdu kovin suuria muutoksia.

Ikäväli 10—12.

Tällä ikävälillä on epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärä huomattavasti vähäisempi kuin edellisellä. Eräitä merkittäviä kiertymiä kuitenkin tapahtuu. Niinpä *kiekkosokkelotestissä* älykkyysfaktorin merkitys lisääntyy tuntuvasti (.40) kaikkien muitten faktorien kustannuksella. *Aimingtestin* epänormaali transformoituminen ilmaisee, että tätä testiä edustava vektori kiertyy tavoittamisfaktorin, osit-



Kuva
Figure 45.

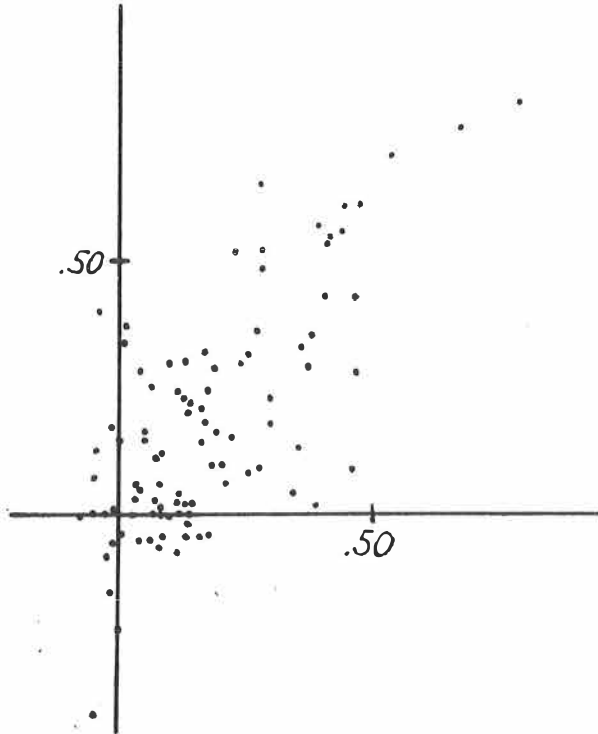
Vertailun tarkkuus. Transformaatio 10—12
Accuracy of the comparison. Transformation 10—12.

tain myöskin älykkyyshäviön suuntaan, sorminäppäryys- ja kätevyysfaktoreista poispäin. Muut kiertymät ovat vähäisempiä, mutta usein kuitenkin tulkittavia. Niinpä tavoittamisfaktoriin merkitys lisääntyy käden vakavuutta mittaavassa testissä, kuten edelliselläkin ikävälillä. Samoin käy myöskin pisteitystestin ja käsivoimatestin, jotka molemmat siirtyvät tavoittamisfaktoria kohden.

Eniten uudelleenorganisointumista esiintyy älykkyyshäviön piirissä. Huomattavasti vähäisempiä ovat muutokset kätevyys- ja tavoittamisfaktoriin kohdalla. Vähiten tapahtuu epänormaalia transformoitumista sorminäppäryysfaktoriin, jossa sitä edellisellä ikävälillä tavattiin eniten.

Ikäväli 12—14.

Epänormaalin transformoitumisen määrä on tällä ikävälillä jälleen verraten korkea, mutta se vaihtelee edelleen testeittäin varsin paljon (.03—.35). Korkein epänormaalin transformoitumisen määrä esiintyy



Kuva
Figure 46.

Vertailun tarkkuus. Transformaatio 12—14.
Accuracy of the comparison. Transformation 12—14.

testissä *pallotarjotin*, joka kiertyy älykkyyss- ja kätevyysfaktorin suuntaan. Solmiamistesti tulee 14-vuotiailla pääasiassa vakavuusfaktorin lataamaksi, samalla kun sorminäppäryys- ja kätevyysfaktorin merkitys vähenee. Helmienpujotustestissä lisääntyy tavoittamisfaktorin osuus sorminäppäryysfaktorin kustannuksella. Ko'ordinaatiotestissä sitävastoin voidaan todeta tavoittamisfaktorin latauksen vähenevän testi-vektorin kiertyessä älykkyyss-, sorminäppäryys- ja vakavuusfaktoria kohden. Käden vakavuustesti joutuu uuden faktorin, vakavuustekijän, piiriin, kuten luonnollista onkin, mutta samalla lisääntyy myöskin tämän testin lataus tavoittamisfaktorissa. Rybakoff-testin siirtyminen tavoittamisfaktoria ja älykkyyssfaktorista kohden on ilmeisesti merkitsevä vain osittain. Sitävastoin pisteitystestin kiertymistä tavoittamisfaktoria kohden älykkyyssfaktorista pois päin voidaan pitää merkitsevä. Kiek-

kosokkelotestissä lisääntyy kätevyysfaktorin osuus tätä testiä edustavan vektorin kiertyessä tavoittamisfaktorissa pois päin.

Voimakkain uudelleenorganisointuminen tapahtuu kätevyys- ja tavoittamisfaktorin piirissä (.62 ja .54). Suhteellisen runsaasti vaihteluja ilmenee myöskin älykkyyksfaktorin kohdalla (.54). Vakavuusfaktorissa ja sorminäppäryysfaktorissa sitävastoin esiintyy epänormaalia transformoitumista vähiten (.37 ja .32).

Epänormaalin transformoitumisen määrät eri faktoreita kohden ovat kouluiän aikana seuraavat:

	Ikävälit		
	8—10	10—12	12—14
G-faktori	.53	.47	.53
FD-faktori	.60	.28	.32
MD-faktori	.29	.38	.62
Ai-faktori	.48	.37	.59
St-faktori			.37

Kunkin faktorin osalle tulevien testivektorikiertymien kokonaismäärät ovat varsin erilaiset eri ikäväleillä. Älykkyyksfaktorin kohdalla epänormaali transformoituminen pysyy koko kouluiän ajan jokseenkin saman suuruisena. Sorminäppäryysfaktorin kohdalla sitävastoin voidaan todeta voimakkain uudelleenorganisaatio kouluiän alussa, kun taasen vektorikiertymät ikäväleillä 10—12 ja 12—14 ovat huomattavasti vähäisempiä. Kätevyysfaktorin kohdalla esiintyy aivan päinvastainen ilmiö. Epänormaali transformoituminen tässä faktorissa on vähäistä ensimmäisellä ja toisella ikävälillä, mutta kouluiän lopulla tapahtuu tuntuva uudelleenorganisointuminen. Tavoittamisfaktorissa esiintyy voimakkain epänormaali transformoituminen kouluiän alussa ja lopussa, kun se taasen kouluiän keskivaiheilla on vähäisempää.

Nimitämme epänormaalin transformoitumisen kokonaismäärää tietyissä faktorissa tämän faktorin *organisaatiokapasiteetti*ksi, joka ilmaisee faktorin »kykyä» aiheuttaa muutoksia vektorimallissa. Keskimääräinen organisaatiokapasiteetti, joka on tietyillä ikäväleillä tietyissä faktorissa esiintyvän epänormaalin transformoitumisen keskiarvo, voidaan tässä tutkimuksessa todeta faktoreittain seuraavaksi:

G-faktori	.51
FD-faktori	.40
MD-faktori	.43
Ai-faktori	.48

Älykkyys- ja tavoittamisfaktorin organisaatiokapasiteetti osoittautuu siis selvästi suuremmaksi kuin sorminäppäryys- ja kätevyysfaktorien. Varsinkin älykkyysfaktorin suhteen voidaan tulosta pitää merkitsevänä, koska älykkyysfaktorit ikäryhmittäin erittäin tarkoin vastaavat toisiaan.

j) Kokonaisdifferentioituminen.

Tässä tutkimuksessa ei ole mahdollista tarkastella kouluiän aikana tapahtunutta toimintojen kokonaisdifferentioitumista alkeisfaktorien välisten korrelaatioiden summien perusteella, koska rotaatiossa on käytetty, 8-vuotiaitten ryhmää lukuunottamatta, suorakulmaisia akseleita. Kun differentioitumisen kokonaismäärä kuitenkin on varsin käyttökelpoinen kehityksen indeksi, olemme tässä tutkimuksessa ottaneet käyttöön indeksin, joka ilmaisee kullakin ikäasteella toimintojen välisen keskimääräisen eriytymisen toimintoja edustavien testivektorien keskimääräisenä etäisyytenä 1. sentroidiakselista.

Tämä menetelmä on lyhyesti esitettyä seuraava. Määrätään jokaisen testivektorin ja vektorikimppun keskellä sijaitsevan 1. sentroidiakselin välisen kulman kosini. Muutetaan näin saadut kosinit (tasavälisen mitan saamista varten) asteiksi. Lasketaan kulmien astemäärien keskiarvo ja muutetaan lopuksi tämä keskiarvo kosineiksi. Testivektorien ja 1. sentroidiakselin välisten kulmien kosinit saadaan yksinkertaisesti soveltamalla kaavaa:

$$\cos \varnothing_{1j} = \frac{a_j}{h_j}$$

jossa a_j on sen testin painokerroin ensimmäisessä rotatoimattomassa faktorissa, jonka testin kulman kosini 1. sentroidiakselin kanssa halutaan määrätä, ja h_j saman testin kommunaliteetin neliöjuuri eli testivektorin pituus.

Näin laskettujen kulmien kosinien keskimääräiset laajuudet ovat eri ikäryhmissä seuraavat:

8-v.	10-v.	12-v.	14-v.
.795	.751	.748	.597

Voidaan todeta, että differentioituminen on voimakkainta kouluiän alku- ja lopuvaiheen aikana, kun sitävastoin kouluiän keskivaiheella vektorikimput pysyvät keskimäärin saman suuruksina. Tulos on täysin yhtäpitävä alkeisfaktorien lukumäärässä tapahtuvien muutosten ja epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärien sarjan kanssa.

5. Kätevyuden kehitys keskiarvojen ja hajontojen valossa.

a) *Matemaattis-tilastollinen käsittely.*

Vaikka useimmat tässä tutkimuksessa käytetyt testit sisältävätkin tarkoin samana toistuvia osatehtäviä, ei jakaantuminen kuitenkaan läheskään aina ole siinä määrin normaali, että keskiarvot ja hajonnat olisi takoituksenmukaista määrätä suoraan alkuperäisistä pisteluvuista. Toisaalta on tarkoituksenmukaista käyttää sellaista menetelmää, jonka avulla voidaan päätyä keskiarvoihin ja hajontoihin, jotka ovat vertailtavissa toisiinsa eri funktioittenkin eikä vain saman toiminnon rajoissa. Tämä edellyttää jonkin yhteisen, hajontaan perustuvan mitta-asteikon valitsemista mittayksiköksi.

Kun tässä tutkimuksessa on tarkasteltu faktorianalyysin ja transformaatioanalyysin valossa kehitystä ikäportaittain 8—10, 10—12, ja 12—14, on tarkoituksenmukaista käyttää keskiarvojen ja hajontojen vertailussa menetelmää, jossa edetään vastaavia ikävälejä analysoiden. Tämä käsittelytapa on tarkoituksenmukainen lisäksi siitä syystä, että tuonnempana on tarkoitus vertailla faktori- ja transformaatioanalyysin avulla saatuja tuloksia keskiarvojen ja hajontojen vaihteluihin, jolloin jälleen joudutaan etenemään ikäväleittäin 8—10, 10—12 ja 12—14.

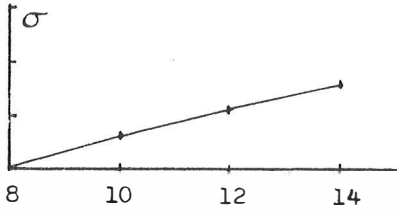
Menetelmä, joka tässä on valittu käytettäväksi (Vahervuo 1948), on periaatteessa yksinkertainen. Siinä valitaan tietyn funktion mittayksiköksi jossakin ikäryhmässä tämän saman funktion hajonta kysymyksessä olevaa ikäryhmää nuoremmassa kh-ryhmässä. Käytännössä menetelmä on varsin suuritöinen, sillä esimerkiksi tässä tutkimuksessa on täytynyt sitä käytettäessä erikseen normalisoida (ja standardisoida) 57 variaabelia, minkä jälkeen keskiarvot ja hajonnat on voitu laskea. Siten on jokaisen testin osalta erikseen ensin laadittu arvotaulu ikäryhmissä 8-, 10- ja 12-vuotiaat, minkä jälkeen on näitä arvotauluja käyttäen annettu joka ikävälin vanhempaa kh-ryhmää edustaville koehenkilöille uudet pisteluvut, jotka siis ilmoittavat yksilöitten suoritus-tason edellisen ikäryhmän hajonnalla mitattuna. Vasta näistä luvuista on sitten laskettu lopulliset keskiarvot ja hajonnat.

Keskiarvot ja hajonnat eri testeissä nähdään taulukossa 39., s. 172. Koska 8-vuotiaitten keskiarvojen ja hajontojen määräämiseksi ei ole käytettävissä mitta-asteikkoa, ei niitä ole voitu ilmoittaa edellisen ikäryhmän hajonnan termin ilmaistuna. Esitettyjä lukuja tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että ne ilmaisevat k e h i t y s t ä i k ä v ä l e i t t ä i n.

Taulukko 39.
Table

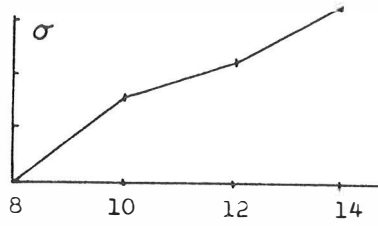
Keskiarvot ja hajonnat.
Means and standard deviations.

Testit Tests	Ikäväli Age interval			Σ
	8—10	10—12	12—14	
1. Solmiaminen	.72	.61	.50	1.83
	.84	1.13	.91	
2. Kiekkosokkelo	1.22	.69	.26	2.17
	1.11	1.02	1.02	
3. Kiekkolauta	1.30	.77	.92	2.99
	1.13	.81	1.09	
4. Santa Ana	1.56	.71	1.09	3.36
	1.28	.99	1.31	
5. Helmienpujotus	1.06	.65	.41	2.12
	.74	1.27	.95	
6. Pallotarjotin	.98	.79	.08	1.85
	1.03	.81	1.28	
7. Connor	1.42	.69	.69	2.80
	.85	1.02	1.09	
8. Ko'ordinaatio	.60	.50	.42	1.52
	.93	1.00	1.02	
9. Puristusnopeus	1.11	.45	.66	2.22
	1.04	1.14	1.15	
10. Oppositioliike	1.25	.65	.85	2.75
	.99	1.00	1.12	
11. Nakutus kyynärv.	1.42	.62	.74	2.78
	1.01	1.18	1.16	
12. Käsivoima	1.89	1.07	1.77	4.73
	.95	.99	.88	
13. Käden vakavuus	.64	.18	.10	.92
	1.19	.98	.95	
14. Pisteitys	1.34	.53	1.31	3.18
	.99	.93	1.01	
15. Aiming	.95	1.00	.56	2.51
	.89	1.09	1.12	
16. Rybakoff	1.24	.76	.03	2.03
	1.05	1.18	1.02	
17. Sekoitettut sanat	1.40	.47	.18	2.05
	1.07	1.08	1.10	
18. Eroavat sanat	1.52	.65	.35	2.52
	1.00	.91	1.27	
19. Synonyymit	1.78	1.09	.10	2.97
	.83	1.06	1.09	



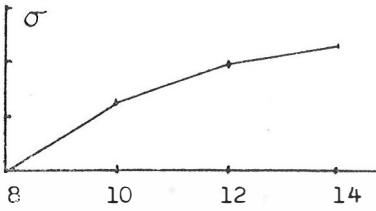
Kuvio
Figure 47

Solmiaminen.
Tying knots.



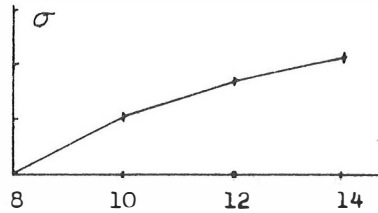
Kuvio
Figure 50.

Santa Ana.



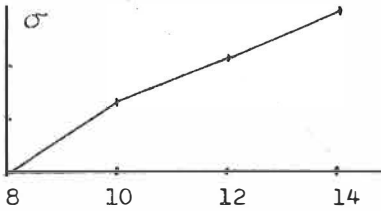
Kuvio
Figure 48

Kiekkosokkelo.
Disc labyrinth.



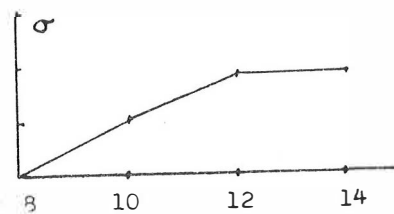
Kuvio
Figure 51

Helmiempujotus.
Stringing of beads.



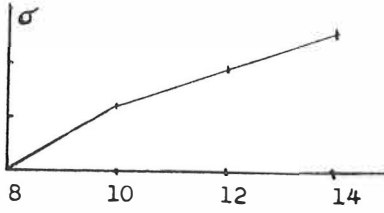
Kuvio
Figure 49

Kiekkolauta
Disc board.

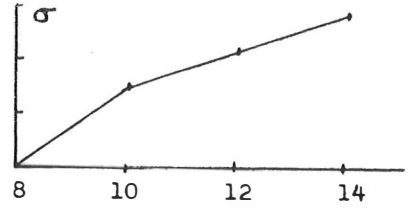


Kuvio
Figure 52.

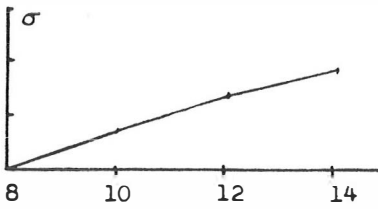
Pallotarjotin.
Ball tray.



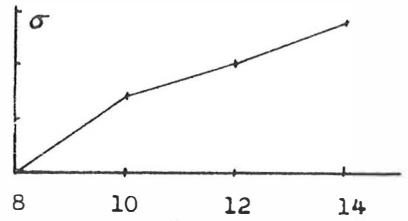
Kuvio
Figure 53.
Connor.



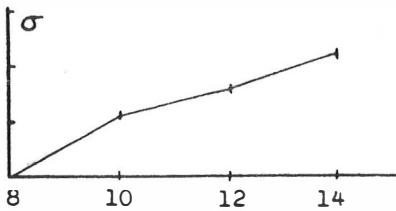
Kuvio
Figure 56
Oppositioliike.
Opposition movement.



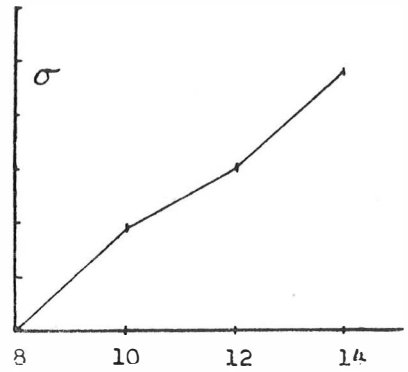
Kuvio
Figure 54
Ko'ordinaatio.
Coordination.



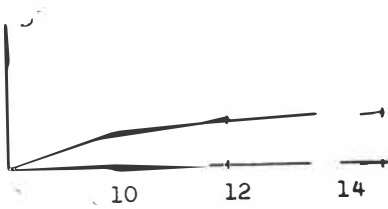
Kuvio
Figure 57.
Nakutus kyynärvarrella.
Tapping with forearm.



Kuvio
Figure 55.
Puristusnopeus
Speed in squeezing.

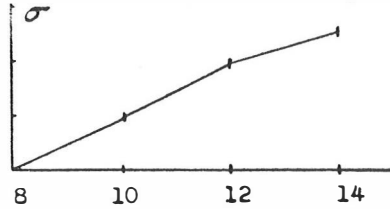


Kuvio
Figure 58.
Käsivoima.
Strength of the hand.



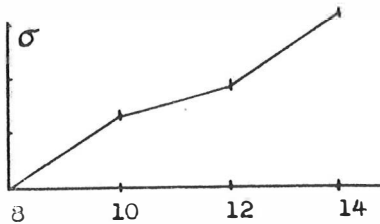
Kuvio
Figure 59.

Käden vakavuus.
Steadiness of hand.



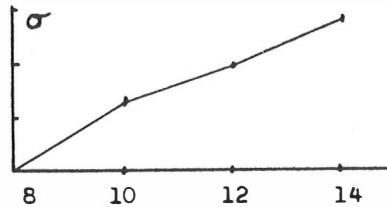
Kuvio
Figure 61.

Aiming.



Kuvio
Figure 60

Pisteitys.
Dotting.



Kuvio
Figure 62.

Keskimääräinen kehitys.
The average development.

Ne ovat *suhteellisia mittoja*. Kun mittayksikkönä aina on edellisen ikäryhmän hajonta, voidaan tehdä vertailuja eri variaabelien välillä. Kehityskäyrät nähdään kuvissa 47—62, ss. 173—175.

b) Tulokset.

Esitetyistä keskiarvoista käy ilmi, että jokaisen testin suoritusten taso nousee iän lisääntyessä. Varsinkin ensimmäisellä ikävälillä on suoritustason nousu voimakas. Kätevyystesteissä se on keskimäärin 1,167 8-vuotiaitten hajontaa (älykkyystesteissä 1,485): Seuraavalla ikävälillä, (10—12) jatkuu kehitys, mutta sen keskimäärä on huomattavasti vähäisempi kuin edellisellä ikävälillä, nimittäin vain .660 10-vuotiaitten hajontaa (älykkyystesteissä .742). Viimeisen ikävälän aikana on kehitys hieman voimakkaampaa kuin edellisellä kätevyystesteissä, joissa se on .691 12-vuotiaitten hajontaa. Älykkyystesteissä esiintyvä kehityksen voimakas hidastuminen johtuu osittain testeistä, osittain siinä kuvastuu todellinen hidastuminen.

Kun tarkastellaan kehitystä testeittäin, todetaan huomattavia eroja. Toisissa testeissä kehitys on voimakkaampaa kuin toisissa, ja suoritustason loivin nousu sijaitsee milloin ikävälillä 10—12, milloin taasen ikävälillä 12—14. Sarakkeessa Σ nähdään kehityksen summa eri testeissä. Eniten nousee hajonnalla mitattu suoritustaso *käsivoimatestissä* (4.73). Varsin voimakasta on nousu myöskin testeissä Santa Ana (3.36), pisteitys (3.18), kiekkolauta (2.99), Connor (2.80), nakutus kyynärvarrella (2.78) ja oppositioliike (2.75). Muissakin *yksikäteisissä* testeissä on kehitys kohtalaista. Eräissä *kaksikäteisissä*, molempien käsien ko'ordinaatiokykyä vaativissa testeissä sitävästoin suoritustason nousu on tuntuvasti *vähäisempää*. Tällaisia testejä ovat pallotarjotin (1.85), solmiaminen (1.83), ko'ordinaatio (1.52) ja käden vakavuus (.92), jonka suorituskyykyluonnekin on tosin kyseenalainen. Kaksikäätisten testien heikko suoritustason nousu voidaan tulkita ilmeisestikin siitä johtuvaksi, että käsien ko'ordinaatiot kehittyvät vasta vähitellen. Faktorianalyyseissakaan ei ole tullut esiin ko'ordinaatiofaktoria, vaikka testisarjaan on sisällytynyt viisi kaksikäätistä testiä. Näin ollen on ilmeistä, että kaksikäätiset toiminnot kehittyvät vasta myöhemmin, ilmeisesti pääasiassa *harjoituksen* ansiosta.

Keskiarvojen perusteella voidaan todeta, ettei suoritustason nousu ole yleensä tasainen. Kuudessa testissä voidaan havaita suoritustason nousun verraten säännöllisesti pienenevän siirryttäessä nuoremmista ikäryhmistä vanhempiin. Nämä testit, jotka siis noudattavat hidastuvaa kehityskäyrää, ovat yleensä kaksikäteisiä testejä. Seitsemän testin suoritustason nousu hidastuu selvästi keskimmaisella ikävälillä 10—12, minkä jälkeen, ikävälillä 12—14 seuraa kuitenkin vielä jyrkempi nousu. Tällainen tilapäinen hidastuminen on todettavissa testeissä kiekkolauta, Santa Ana, puristusnopeus, oppositioliike, nakutus kyynärvarrella, käsivoima ja pisteitys. Nämä testit edellyttävät sekä sorminäppäryyttä että tavoittamisfunktioita. Kun toisaalta on todettu faktori- ja transformaatioanalyysin avulla, että ikävälillä 10—12 differentioituminen hidastuu (faktorien lukumäärä pysyy samana, epänormaalin tranformoitumisen määrä on pienin ja toimintoja edisteva vektorikimppu ei paljoakaan laajene), voidaan näin ollen todeta, että *käsittelytoimintojen kehitys hidastuu ikävälillä 10—12, mikä ilmenee sekä differentioitumisen että suoritustason alueella.*

Hajontoja tarkasteltaessa havaitaan, että ne useimmissa käsittelytesteissä suurenevät siirryttäessä kouluiän alusta sen loppuun. Yksilöiden väliset eroavaisuudet siis yleensä lisääntyvät. Selvää hajonnan

pienenemistä esiintyy vain testeissä käden vakavuus ja käsivoima, jotka eivät edusta tyypillisiä käsittelytoimintoja. Yksityisissä testeissä esiintyy hajonnan arvoissa suhteellisen voimakkaitakin heilahduksia, mutta näille vaihteluille on vaikea löytää tulkintaa. Hajonnan ja keskiarvon välillä ei myöskään vallitse riippuvuussuhdetta.

6. Differentioituminen ja suoritustason nousu.

Edellä on selvitelty kehitystä useammalta eri suunnalta tarkastellen. Faktori- ja transformaatioanalyysin avulla on voitu määrätä kunkin testin kohdalla seuraavat kehitysindeksit:

1. Kommunaliteettien lisääntyminen ikäväleihin 8—10, 10—12, 12—14 ja 8—14.
2. Testivektorin kiertyminen l. sentroidiakselista pois päin.
3. Epänormaali transformoituminen.

Toisaalta on selvitetty suoritustason nousu, joka keskiarvojen perusteella osoittautuu tulkittavaksi. Eräissä tapauksissa on ollut mahdollista viitata vektorimallin ja suoritustason muutosten yhdensuuntaisuuteen, mutta tulkinnoissa ei tarkempien indeksien puuttuessa ole voitu käydä yksityiskohtaiseen selvittelyyn. Kun jokaisen ikävähän kohdalla kukin kehityksen indeksi muodostaa testeittäin vaihtelevan variaabelin, on korrelaatiolaskujen avulla selvitettävissä, *mikä on faktorianalyysin vektorimallissa esiintyvien muutosten keskinäinen suhde ja mikä on näitten faktorimuutosten suhde suoritustason nousuun*. Niinpä voidaan esimerkiksi tutkia, onko suoritustason nousu riippuvainen testin kommunaliteetin suuruudesta esimerkiksi siten, että suoritustason nousu olisi suurempi niissä testeissä, joiden kommunaliteetit ovat keskimääräistä korkeammat ja vastaavasti pienempi niissä testeissä, joiden kommunaliteetit ovat keskimääräistä vähäisemmät. Samoin on mahdollista selvittää mikä on suoritustason nousun suhde epänormaalien transformoitumisen kokonaismäärään kullakin ikävälillä. Edelleen faktorimallin muutoksien indeksit (epänormaali transformoituminen, vektorikimpun laajeneminen ja kommunaliteettien lisääntyminen) sekä näitten muutosten riippuvuus testien kommunaliteeteista ja reliabiliteeteista, voidaan yksityiskohtaisesti tutkia.

Mainittujen suhteitten analysoimiseksi on laskettu eri kehitysindeksien väliset korrelaatiot, jotka nähdään taulukossa 40., s. 179 (variaabelit 1—16). Samassa taulukossa nähdään myöskin eräitä kehitysindeksien ja testien kommunaliteetin sekä kehitysindeksien ja testien reliabili-

teetin välisiä korrelaatioita (variaabelit 17—24). Kaikki korrelaatiokertoimet on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimena, joka näin pienellä tapausjoukolla ($N=19$) on 5 % tasolla merkitsevä arvosta .40 alkaen.

Esitetyistä korrelaatioista käy ilmi, että 1) kehitys saman indeksin piirissä (interkorrelaatiot ryhmissä 1—4, 5—8, 9—12 ja 13—14) korreloi useimmiten positiivisesti, samalla kun 2) eri indeksien välillä esiintyy milloin positiivista, milloin negatiivista korrelaatiota. Riippuvuus-suhteet ovat varsin mielenkiintoisia ei ainoastaan tämän tutkimuksen kannalta arvioiden, vaan myöskin kehitystutkimusten kannalta yleensä. Tarkastelemme, mitä todetut korrelaatiot mahdollisesti merkitsevät. (Ks. myös taulukko 41., s. 180.)

Suoritustason nousu (variaabelit 1—4) korreloi yleensä positiivisesti. Koko kouluiän aikana tapahtuva suoritustason nousu on keskimääräistä voimakkaampi testeissä, joissa kehitys ikävälillä 8—10 on ollut keskimääräistä voimakkaampi. Myöskin ikävälillä 12—14 tapahtuva nousu on yleensä voimakkainta niissä testeissä, joissa koko kouluiän aikana tapahtuu tuntuvin suoritustason nousu. Ikävälän 10—12 aikana tapahtuva suoritustason nousu sitävastoin ilmaisee heikommin koko kouluiän aikaista kehitystä.

Suoritustason nousu korreloi yleensä negatiivisesti epänormaalin transformoitumisen määrään. Tosin vain kolme korrelaatiokerrointa nousee signifikatiiviseksi, mutta kun 16:sta kertoimesta vain viisi on positiivista, on korrelaatiota pidettävä merkitseväenä. Ikävälillä 1—10 tapahtuva suoritustason nousu on jälleen voimakkaimmin oireellinen, sillä testeissä, joissa se on keskimääräistä suurempi, esiintyy seuraavilla ikäväleillä keskimääräistä vähemmän epänormaalia transformoitumista. Koko kouluiän aikana tapahtuvan suoritustason nousun ja epänormaalin transformoitumisen välinen korrelaatio on $-.39$. Tämä riippuvuus-suhde viittaa siihen, että kehitystä ts. suoritustason nousua esiintyy eniten niissä toiminnoissa, joissa testivektorien keskinäinen asema on selvästi määrätynyt ja testivektorit ovat siten löytäneet paikkansa faktoriavaruudessa. Uudelleenorganisaatio, mikä merkitsee testivektorin kiertymistä toiseen asemaan, toisia alkeistekijöitä kohden tietää sitävastoin suoritustason nousun hidastumista.

Suoritustason nousun ja I. sentrodikulman laajenemisen välillä näyttää myöskin vallitsevan riippuvuus-suhde, joskin korrelaatiot ovat hieman vähäisemmät kuin edellisessä tapauksessa. Kuudestatoista korrelaatiokertoimesta on nyt vain kolme negatiivista, mikä viittaa positiiviseen korrelaationsuhteen esiintymiseen. Voidaan siis todeta,

Taulukko
Table 41.

Kouluiän kehitysindeksien väliset korrelaatiot, (ikäväli 8—14).
The intercorrelations between the indices of development in school age
(age interval 8—14).

4.			
8. —39			
12. —31	45		
16. —35	15	—16	
4.	8.	12.	16.

että niissä testeissä, jotka ovat kiertyneet voimakkaimmin 1. sentroidi-akselista pois päin, on suoritustason nousu keskimäärin hieman vähäisempää kuin niissä testeissä, jotka ovat kiertyneet vähemmän ulospäin, jääneet paikalleen tai kiertyneet hieman kimpun keskusta päin.¹⁾ Kun muistamme, että kiertyminen kimpun ulkoreunaan päin merkitsee tavallisesti sitä, että testi tulee enemmän riippuvaksi joistakin yksittäisistä (yhteisistä) tekijöistä, ja kiertyminen sisäänpäin puolestaan merkitsee sitä, että testi tulee enemmän riippuvaksi kaikista yhteisistä tekijöistä, on todettu suhde helposti ymmärrettävissä. Kimpun keskusta päin tapahtuva siirtymä on aina »funktionaalisesti turvattu», se on useiden alkeistekijäin varmistama. Kimpun reunaan päin tapahtuva kiertyminen sitä vastoin tietää voimakkaampaa uudelleenorganisointumista, jossa usein ehkä toteutuu kokonaan uusi faktorikombinaatio. Tämä tapahtuu suoritustason nousun kustannuksella.

Testien 9., 10., 11. ja 12. korrelaatiot testeihin 5., 6., 7. ja 8. osoittavat, että epänormaali transformoituminen on keskimäärin hieman voimakkaampaa niissä toiminnoissa, joissa tapahtuu vektorin kiertyminen kimpun ulkoreunaan päin kuin niissä, joissa kiertyminen tapahtuu kimpun keskusta päin. Korrelaatiot ovat kuitenkin niin heikkoja, ettei epänormaalin transformoitumisen ja 1. sentroidikulman laajuuden indeksejä voida korvata jommalla kummalla differentioitumisen ja uudelleenorganisointumisen indeksillä.

Suoritustason nousun ja kommunaliteettien lisääntymisen välillä todetaan niinkään korrelaatiota, joka nyt on positiivista. *Suoritus-*

¹⁾ Tämä riippuvuussuhde on tullut esiin myöskin älykkyystestien analyysissa, joka on suoritettu Clarkin (1944) aineistosta.

tason nousu on siis keskimääräistä suurempi niissä toiminnoissa, joiden kommunaliteetit lisääntyvät enemmän kuin muiden testien. Ilmeisesti tässä on kysymyksessä juuri sama kehityksen ja differentioitumisen välinen riippuvuus kuin edellä sentroidikulman laajenemisen yhteydessä todettu. Kommunaliteettien lisääntyminen merkitsee sitä, että testi tulee enemmän eräiden yhteisten tekijäin sääntelemäksi, kuin mitä se on aikaisemmin ollut. Yhteiset tekijät turvaavat suoritustason nousun, koska jo pelkästään tilastollisen todennäköisyydenkin nojalla voidaan odottaa tietyn harjoituksen kohdistuvan enemmän juuri eräisiin yhteisiin tekijöihin kuin yhteen tai kahteen niistä (tai erityistekijään). Käsittelytoimintojen harjoitus koituu siten aina jossakin määrin useiden yhteisten tekijäin hyväksi.

Variaabelien 1., 2., 3., ja 4. korrelaatiot kommunaliteettivariaabeleihin 17., 18., 19. ja 20. ovat yhtä lukuunottamatta kaikki positiivisia. Kun näistä kertoimista sitäpaitsi seitsemän on merkitsevää, voidaan olla varmat siitä, että kehitys on keskimääräistä voimakkaampaa niissä toiminnoissa, jotka ovat suuremmassa määrin yhteisistä tekijöistä riippuvia, kuin niissä, jotka ovat keskimääräistä vähemmän yhteisistä tekijöistä selittyviä. Tämä toteamus, jolla voi olla laajempaakin kantavuutta, vahvistaa edellä esitettyjä riippuvuus-suhteiden selitysyhteyksiä. Tulkinta on periaatteessa yhdenmukainen edellä esitettyjen selitysten kanssa. Kun kehitystä suoritustason nousun merkityksessä tapahtuu useampien kuin yhden faktorin piirissä, on ilmeistä, että näitten faktorien yhdistelynä esiintyvä toiminto, tietty testisuoritus, kehittyy enemmän kuin jokin toinen, pääasiassa erityistekijän kautta selittyvä testisuoritus. Niinikään on ilmeistä, että *harjoitus* koituu juuri yhteisten tekijäin hyväksi suuremmalla todennäköisyydellä kuin erityistekijäin hyväksi. Suurimmalla todennäköisyydellä harjoitus luonnollisestikin vaikuttaa niihin toimintoihin, jotka faktoriavaruudessa sijaitsevat lähellä sitä toimintoa, jota harjoitetaan. Toisaalta on ilmeistä, että tietyn toiminnon harjoittaminen koituu sitä vähemmän toisen toiminnon hyväksi, mitä etäämmällä nämä kaksi toimintoa sijaitsevat faktoriavaruudessa.

7. Toimintojen väliset kehityserot ja testien interkorrelaatiot.

Kun suoritustason nousua on mitattu hajonnalla, on mahdollista selvittää eri variaabelien väliset *kehityserot* kullakin ikävälillä. Tämä tapahtuu yksinkertaisesti vähentämällä jokaisen variaabeliparin koh-

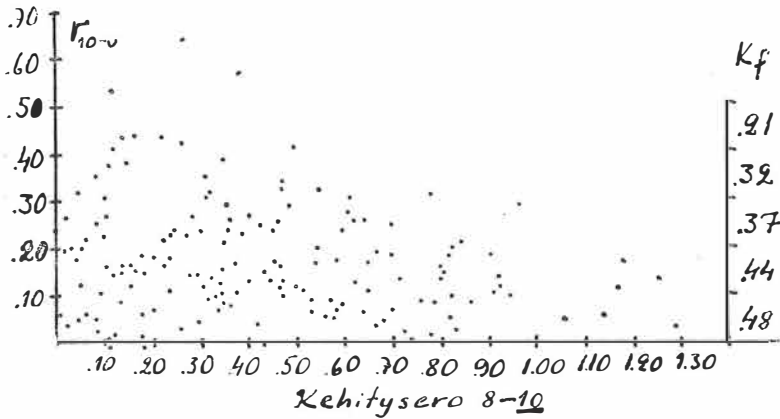
dalla pienempi keskiarvo suuremmasta. Näin saadaan $\frac{n(n-1)}{2}$ kehitys-

eroindeksiä (n =variaabelien lukumäärä), jotka osoittavat suoritustason nousun eron tietyllä ikävälillä nuoremman kh-ryhmän hajonnan yksiköllä mitattuna. Jos kehitys on ollut kummassakin kulloinkin kysymyksessä olevassa variaabelissa saman suuruinen, on kehitysero indeksi .00. Jos sitävastoin esiintyy eroa suoritustason nousussa, saa kehitysero indeksi arvon $> .00$. Kehitysero indeksi eivät sinänsä ole varsin mielenkiintoisia, koska näin laajasti suurejoukosta (171 indeksiä) on yhtä vaikea saada yleiskäsitystä kuin suuresta korrelaatiomatriisista. Niitten avulla on kuitenkin mahdollista tutkia edelleen suoritustason erojen ja toimintojen organisaation välistä suhdetta.

Kun toisaalta tunnetaan suoritustason erot variaabelien välillä ja toisaalta tiedetään, mitkä ovat variaabelien väliset korrelaatiot, on mahdollista tarkastella, onko mainittujen suurejoukkojen välillä todettavissa mitään riippuvuutta. Tämä tapahtuu yksinkertaisimmin koordinaatistossa siten, että merkitään kutakin variaabeliparia edustava piste koordinaatistoon, jolloin abskissa-arvo edustaa testissä kysymyksessä olevalla ikävälillä todettua kehitysero indeksiä, ja ordinaatta-arvo vastaavaa korrelaatiota. Tämän jälkeen voidaan pistejoukon perusteella tehdä johtopäätöksiä mahdollisesta riippuvuussuhteesta. Sitäpaitsi on mahdollista määrätä ilmiöiden (kehitysero indeksiä ja korrelaatioiden) välinen riippuvuus korrelaationa tai luokkakeskiarvoina. Jos riippuvuus on voimakas, on mahdollista estimoida toisen variaabelin arvo, kun toisen variaabelin arvo tunnetaan.

Kuvissa 63—65 nähdään edellä esitetyllä menetelmällä laaditut pistejoukot. Pistejoukot eivät todista yksinkertaista korrelaatorippuvuutta, sillä millään ikävälillä ei tavata pistejoukon tihentymistä tietyn suoran läheisyyteen. Näin ollen on ilmeistä, ettei myöskään yksinkertainen estimointi ole mahdollinen. Pistejoukot osoittavat kuitenkin taipumusta tihentyä suorakulmaisen kolmion muotoiselle alueelle. Tämän kolmion kateeteina ovat koordinaattiakselit ja hypotenuusana niitä leikkaava suora. Kun sama ilmiö esiintyy kaikilla ikäväleillä, on todennäköistä, ettei kysymyksessä ole pelkkä sattuma, vaan että mainitulle seikalle voidaan löytää mielekäs selitys. Tällainen tulkinta onkin esitettävissä.

Pistejoukon tihentyminen osoitetulla tavalla ilmaisee seuraavaanlaista riippuvuutta:



Kuvio
Fig. 63.

Korrelaatioitten suhde kehityseroihin. Ikäväli 8—10.

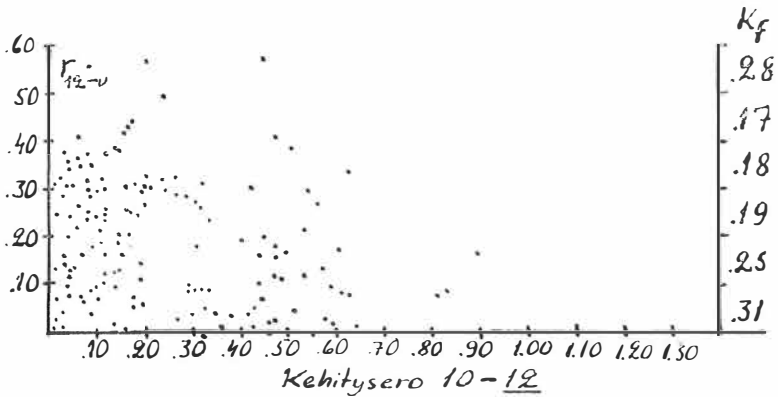
The relationship between intercorrelations and the differences of development.
Age interval 8—10.

1) kun kehityseroindeksi on korkea, korreloivat kysymyksessä olevat variaabelit yleensä heikosti; kehityseroindeksien vähäiset arvot sitävastoin eivät ole korrelaatioitten suhteen oireellisia,

2) kun toimintojen välinen korrelaatio on tavallista voimakkaampi, on kehityseroindeksi yleensä vähäinen; heikoilla korrelaatiokerrointen arvoilla voi kehityseroindeksi sitävastoin huomattavastikin vaihdella.

Korkeita suoritustason nousun eroja seuraa siis yleensä heikko tilastollinen riippuvuus, ja tavallista voimakkaammat korrelaatiot ilmaisevat yleensä suoritustason nousun yhtäsuuruutta. Tämä lainmukaisuus voidaan tulkita siten, että korrelaatiota aiheuttavat yhteiset tekijät ohjaavat myöskin kehityksen samanasteiseksi siinä tapauksessa, että toiminnot ovat faktoriavaruudessa lähellä toisiaan. Suoritustason nousu määräytyy siis tämän mukaan suureksi osaksi yhteisten tekijäin kautta.

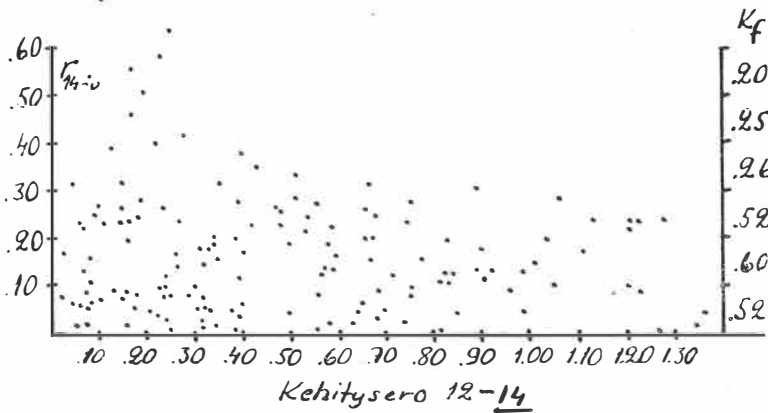
Kuvioissa 63—65 on esitetty myöskin kuhunkin korrelaatioitten suuruusluokkaan (.00—.10, .10—.20, .20—.30, .30—.40, .40—.50 ja .50—.60) kuuluvien kehityseroindeksien keskiarvot (K_f). Voidaan todeta, että nämä keskiarvot ovat yleensä sitä pienempiä, mitä suuremmista korrelaatioista on kysymys. Voimakkain on keskiarvojen pieneneminen ikäväleillä 8—10 ja 12—14, heikoin ikäväleillä 10—12. Kun luokkien vaihteluväli ja hajonta kasvaa voimakkaasti korrelaatioitten heiketessä,



Kuvio 64
Fig. 64

Korrelaatioitten suhde kehityseroihin. Ikäväli 10—12.

The relationship between intercorrelations and the differences of development.
Age interval 10—12.



Kuvio 65.
Fig. 65.

Korrelaatioitten suhde kehityseroihin. Ikäväli 12—14.

The relationship between intercorrelations and the differences of development.
Age interval 12—14.

on kehitysero estimoitavissa joltisellakin tarkkuudella vain siinä tapauksessa, että toimintojen välinen korrelaatio on $\geq .30$. Jos tämä ehto on täytetty, jos siis kahden toiminnon välinen korrelaatio jonkin ikävälin vanhemmalla kh-ryhmällä on $\geq .30$, on toimintojen välinen keski-

maaramen suoritustason ero yleensä $< .50$. Tällöin luonnollisestikin edellytetään, että ryhmien keski-ikä erotus on kuten tässä tutkimuksessa kaksi vuotta, ja että suoritustaso on määrätty käyttämällä mittayksikkönä nuoremman ikäluokan hajontaa. On hyvinkin luultavaa, ettei tämälantapainen riippuvuus rajoitu vain kätevyystoimintojen alueelle.

Edellä esitetty tarkastelu koskee vain korrelaatioita. Etsittäessä suoritustason erojen ja toimintojen organisaation välisiä riippuvuus-suhteita voidaan tutkimus suorittaa toisinkin. On nimittäin mahdollista tutkia, onko kehityseroissa todettavissa riippuvuutta siitä, miten lähellä toisiaan toimintoja edustavat testivektorit sijaitsevat faktoriavaruudessa. Voidaan näet otaksua että yhteiset faktorit määräsivät toimintojen kehityksen niin yksityiskohtaisesti, että kehitysero olisi testivektorien välisen kulman funktio.

Tämän probleeman selvittämiseksi on laskettu kussakin ikäryhmässä kaikki testivektorien välisen kulmien kosinit, mikä tapahtuu jakamalla jokainen korrelaatio r_{jk} testivektorien j ja k pituuksien tulolla ($h_j \cdot h_k$). Kosinien ja kehityserojen välinen riippuvuus on sitten tutkittu koordinaatistossa aivan samalla menetelmällä kuin edellä esitetty korrelaatioiden ja kehityserojen välinen riippuvuuskin. Tulos osoittaa, että riippuvuus tulee jälleen esiin, mutta käytännöllisesti katsoen aivan samanlaisena kuin käytettäessä korrelaatioita toimintojen läheisyyden ilmaisijana. Vektorien välisestä kulmasta ei siis voida päätellä toimintojen kehityseroa muussa tapauksessa kuin siinä, että kulma on verraten pieni. Siinä tapauksessa, että vektorit sijaitsevat faktoriavaruudessa samalla suoralla, on kehitysero kuitenkin erittäin vähäinen ($< .20$) Kun toiminnoilla tällöin on sama suhteellinen faktorikombinaatio, on ilmeistä että juuri eri alkeisfaktorien latausten suhteellinen yhdenmukaisuus on varma merkki kehityksen samanlaisuudesta.¹

1) »Sama suhteellinen faktorikombinaatio» merkitsee vektorianalyysin kielellä yksinkertaisesti vektorien suuntakosinien yhtäsuuruutta. Vektorien suuntakosinit voidaan määrätä helpoimmin sentroidimatriisista jakamalla $\frac{a_{jI}}{h_j}, \frac{a_{jII}}{h_j}, \dots, \frac{a_{jR}}{h_j}$,

jossa a_{jI} = testin j painokerroin sentroididifaktorissa I ja

h_j = testin j kommunaliteetin neliöjuuri.

Vektorit sijaitsevat samalla suoralla vain siinä tapauksessa, että niiden suuntakosinit vastaavat yksiyksisesti toisiaan.

8. Kätevyuden kehityksen yleispiirteet.

Suoritettu analyysi on ollut pääasiassa kätevyuden kehityksen tarkastelua käytettyjen menetelmien valossa. Kaikkialla olemme joutuneet viipymään suhteellisen pitkään tutkimuksessa sovellettujen menetelmien selittelyssä. Tämä on ollut välttämätöntä, koska useissa tapauksissa on turvauduttu menetelmiin, joita aikaisemmin on vähän tai ei lainkaan kokeiltu. Näin ollen on välttämätöntä kiinnittää lopuksi huomiota kätevyuden kehittymisen yleispiirteisiin.

Merkittävimpana kätevyuden kehitystä koskevana piirteenä on pidettävä sitä, että kätevyys on jo ennen kouluiän alkua eriytynyt suhteellisen itsenäiseksi suorituskyyvyksi. Tosin eräissä tapauksissa voidaan osoittaa yhteyksiä kätevyydestä älykkyyteen samoin kuin yksinkertaisemmän innervaatiomotoriikan suuntaan, mutta faktorianalyttisesti kätevyys on verraten selvästi rajoitettavissa. On ilmeistä, että kätevyys joka rajoitetussa merkityksessä tietää lähinnä *käsivarren* koordinoitujen liikkeitten tarkoituksenmukaisuutta, on eriytynyt sormimotoriikasta jo verraten varhain, mahdollisesti varhaislapsuuden aikana.

Kätevyuden kehitys jatkuu edelleen kouluiässä toisaalta toimintojen jatkuvana *differentioitumisena*, toisaalta *suoritustason nousuna*. Kätevyys- ja sorminäppäryystekijäin lisäksi kehittyy jo ikävälillä 8—10 tavoittamisfaktori, joka tietää käden ja silmän yhteistyötä vaativien toimintojen itsenäistymistä. Kouluiän loppuvaiheen aikana 12—14 itsenäistyvät vähäisessä määrin myöskin vakavuustoiminnot, joten 14 vuoden iässä esiintyy käsittelymotoriikan alueella neljä alkeisfaktoria. Kehitys ei ole epämääräistä, vaan sillä on selvästi määräsuunta. Toiminnot eriytyvät niin, että laaja-alaisen kätevyystekijän ohella esiintyy suppeampia faktoreita. Merkillepantava seikka on se, että itse kätevyysfaktori säilyttää kuitenkin melkein saman laajuuden läpi koko kouluiän.

Kouluiän keskivaihe on hitaamman kehityksen aikaa. Hidastuminen ilmenee siinä, että alkeisfaktorien lukumäärä ei lisäännä. Samaa aikaan (10—12) esiintyy myöskin erittäin testien kehityskäyrissä polveke, joka ilmaisee kehityksen tilapäistä hidastumista. Voidaan panna merkille, että tämä vähäinen hidastuminen tapahtuu samaan aikaan, jolloin suomalaisten poikien pituuskasvussa esiintyy tilapäinen hidastuminen (Yliruokanen 1956).

Erilaiset toiminnot kehittyvät eri tavoin. Yleensä on kehitys hieman nopeampaa toiminnoissa, jotka riippuvat enemmän yhteisistä tekijöistä kuin muut. Toisaalta on todennäköistä, että suoritustason nousua

tapahtuu enemmän niissä toiminnoissa, jotka ovat saavuttaneet vakiintuneen aseman toimintojen faktorijärjestelmässä. Kehitys niissä toiminnoissa, jotka eivät vielä ole tavoittaneet lopullista faktorikombinaatiota, on sitävastoin keskimääräistä vähäisempi. Jos testivektorin kiertyminen tapahtuu vektorikimpun keskustaan päin, näyttää tämä faktoriavaruuden tapahtuma hieman lisäävän suoritustason nousua. Voimakas eriytyminen, joka tietää sitä, että testivektori kiertyy faktoriavaruudessa vektorikimpun äärialueelle, aiheuttaa tavallisesti asianomaisessa toiminnossa vähäisen suoritustason nousun hidastumisen.

Yhteiset faktorit näyttävät vaikuttavan suoritustason nousuun lisäksi siten, että faktoriavaruudessa toisiaan lähellä olevat toiminnot kehittyvät jokseenkin samassa määrin. Suuria kehityseroja sitävastoin tavataan heikosti korreloivien toimintojen välillä. Kehitys voidaan likimain estimoida, jos testivektorit sijaitsevat samalla suoralla tai aivan lähellä toisiaan ja jos lisäksi tunnetaan toisen toiminnon (hajonnalla mitattu) kehitys.

Kouluiän aikana tapahtuva kehitys johtuu epäilemättä sekä kypsymisestä että harjoituksesta. Kun käsittelymotoriikka suuressa määrin kehittyy jo ennen kouluikää, määrää ilmeisestikin kotiympäristö ratkaisevalla tavalla käsittelytoimintojen kehityksen. Koulun tehtäväksi jää osaltaan jatkaa tätä kehitystä tarjoamalla määrätietoista harjoitusta erilaisten esineitten käsittelyssä ja materiaalin muokkaamisessa.

S U M M A R Y

The present study is an attempt to illuminate the structure of the function complex of manual skill as well as the development of manual functions, particularly during the earlier school age (from 8 through 15 years). The study consists of three parts. In the first part we have considered the concept and the factor-psychological position of manual skill and the general objective and methods of the present investigation. In the second part we have centered attention upon a systematical examination of the structural and functional basis of manual skill and given a comparative survey of the earlier manual skill studies as well as an account of our own, orientating study aiming at the clarification of the factor structure of manual skill. The third part comprises a survey of the earlier studies pertaining to the development of manipulative motor functions and a report of the author's own study of the development of manual skill.

I. INTRODUCTION

Various research workers define manual skill in different ways. Some of them maintain that it is primarily the reshaping of material which is concerned (Schorn 1929, Meili 1951). Some others again, hold that manual skill is displayed in the first place in the aiming at objects and in their moving and directing from one place to another with the aid of hand movements (Earle & Gaw 1930, Langdon 1932, Cox 1934, Attenborough & Farber 1934, Melton 1947, Hempel & Fleishman 1955). The incoherence of theoretical considerations of manual skill is further aggravated by the fact that this complex of functions is included now among motor performances, now among technical abilities. Psychology has treated manual skill under the most varied heads. For the purposes of systematical as well as empirical examination it can be separated, however, from the other abilities to form a relatively independent function complex of its own.

The place of manual skill in the hierarchy of factors has been presented most clearly by Vernon (1950). In his system the manual factor belongs to the sphere of another, more general group factor ($k:m$) and it divides up into further, more narrow group factors (Manual Dexterity, Aiming, Finger Dexterity and Tapping). Also other studies have revealed that factors of this kind best explain the variance of manual skill tests (e.g. Hempel & Fleishman 1955). Manual skill is not a single, uniform ability, but it is a resolvable bundle of activities.

The present study is primarily, though not exclusively, concerned with the clarification of motor dominated manual skill. — As the prerequisites of manual skill are quite numerous, recourse is taken in the systematical treatment to the in-

formation provided by anatomy, physiology, the psychology of perception and physiological psychology. However, we have tried always to connect this qualitative analysis with the results obtained by strictly quantitative methods. Results which are amenable to factor analytical treatment have been subjected to the most detailed discussion.

II. MANUAL SKILL

Among the general structural prerequisites of manual skill we have paid separate attention to the bones, the muscles, as well as the nerves and innervation of hand.

The bony frame of hand is, in view of the fact that its activities are so unusually manysided and represent so many different levels of refinement and complexity surprisingly simple (Figs. 1 and 2, p. 19). Owing to its fairly complicated muscle system hand is fitted for the most diversified, both gross and extremely fine manipulative activities. Muscular strength is in itself a necessary general precondition of manual skill, but it seldom serves as a differentiating factor in the manual skill tests.

The nervous system of hand has rather complicated structure, and it is always extensive neural fields that are involved in the achievements calling for manual skill. The neural basis of manipulative activities in the central nervous system is situated at different levels depending on the nature of these activities. The cerebral cortex produces movement impulses of high degree of refinement and complexity, but subcortical centres are also associated with the regulation of movement activities (Fulton 1949).

However, manual skill cannot be exhaustively described by considering the matters of structure alone. In the psychological study of manual skill the main emphasis must be laid on the examination of those activities in which it is regarded to reflect itself.

In the systematical consideration of the functional prerequisites of manual skill its relationships to perception motor activities and abstract intelligence have been subjected to detailed treatment. A number of other functional relationships which shed psychological light on the ability in question have also been examined.

Perceptions belonging to numerous different modal spheres are involved in manual skill. Those offered by proprioceptics, haptics and sight must be regarded, however, the most important. In earlier studies one has presented some correlation coefficients which seem to indicate that the abilities of these senses might be differential psychological prerequisites of manual skill. It is the sensitivity of tactil discrimination that seems to be, according to many authors, particularly important in this respect (Earle & Gaw 1930, Björsjö 1951, Müller & Vetter 1954). The connection between tactile discrimination ability and motor functions manifests itself also in the author's own studies.

The correlation of kinaesthetic perception and manual skill has not been studied differential-psychologically. Connections between proprioceptics and motor functions have been established, however, by numerous sense-physiological experiments (e.g. Reenpää 1935). The automatic control of motor performances is, in fact, a sensory-motor problem which has not yet been solved. One often

refers in this connection to the analogous activities of feedback mechanisms (e.g. Rush 1951). In the present author's opinion it is possible that the flexibility of manual skill movements which manifests itself in the regulation of their direction as well as their extension, speed and strength is to be understood, in part at least, on the reflex basis. In this connection one can point to the correspondence between the smallest, proprioceptively noticeable differences and the magnitude of the so-called motor unit.

Sight is fundamental significance in many manual skill tasks (Meili 1954). Some studies indicate that the significance of sight is particularly important at the initial stages of manipulative achievements when the task is learned. Other modal spheres can, however, gradually replace sight to a large extent as is evidenced e.g., by the skillful pieces of handicraft of blind persons.

Motor functions have often been regarded as the basis of manual skill (Earle & Gaw 1930, Meili 1951). With »motor functions» one has then meant all those movements that can be ascertained to take place in the manual skill tasks. Hand movements associated with manual skill have been analyzed by means of drawings made from photographs (Giese 1925), by logical grouping (Myers 1926), with the aid of moving picture analysis (Ulin 1949), by correlation studies (Campbell 1941) and by means of factor analysis (Seashore 1940, Seashore et al. 1940, Heinonen II 1956).

Correlation studies point in the direction that motor functions are relatively specific (Perrin, 1921, Muscio 1922). Factor analytical investigations, on the other hand, seem to indicate that they are best explained in terms of primary factors. It is evident that the factor of the motor functions of simple innervation are interwoven with the more complex motor functions of handling, and, in particular, with manual skill tests as a cause of their variance. These relationships have been examined in the author's factor analytical studies which will be described later on.

There has earlier been a great deal of studies on the relationship between manual skill and intelligence (Moede 1921, Schorn 1929, Attenborough & Farber 1934, Cox 1934, Burchard 1936, Cantor & Stacey 1951). One has ascertained in these studies, as a rule, that a certain intellectual achievement level is a precondition of manual skill. Manual skill and intelligence are positively correlated. Nevertheless, these correlations display fairly large variations from one test to another (Heinonen III 1956). Factor analytical studies indicate quite uniformly that the general intellectual factor (g) is involved particularly in such manual tests as require so-called form giving ability (Takala 1951, Viitamäki 1956).

Also other psychologically interesting relationships have been considered. There are connections between manual skill and technical aptitude (Cox 1934, Harrell 1939), but these relationships are in need of further examination. The ability for artistic expression often presupposes highly qualified handling activities. There are differences in manual skill between different groups. Persons belonging to different races for example obtain different group means (Lamb 1930). Moreover, some differences are encountered between the sexes. In the author's own examination (Table 2 p. 48) no significant differences can be traced in the correlations of the tests between the boys and girls. The effect of exercise on manual skill has been investigated over the test situation of short duration (Table 4

p. 52). It has also been ascertained that manual skill is regulated by character.

From among the earlier studies of manual skill only those based on test measurements have been selected for examination. Answer has been primarily sought for the following problems of manual skill:

1. Is the manual skill differentiated already at the school age into several distinct primary factors?
2. Is it possible to find in different materials such factors as correspond to each other in respect of their characteristic features?
3. What is the relationship of manual skill to other psychological function complexes?

It can be maintained that psychological investigation of manual skill did not begin until the twenties, when Perrin (1921) and Muscio (1922) carried out their studies which seemed to indicate that manual skill is something quite specific. Garfiel (1923), on the other hand, concluded that there is ample evidence in favour of the existence of a common factor.

In Schorn's (1929) material there are, besides numerous weak correlations, a number of considerable ones which fact points in the direction that there are all the same certain groupings among the manual skill activities. The factor analysis which the present author has accomplished on the basis of Schorn's material seems to indicate that manual skill can mainly be explained in terms of primary factors (Table 5 p. 56). This is to say that manual skill cannot be regarded as an exclusively specific ability.

The material of Earle & Gaw (1930) is more comprehensive than that of Schorn. Their investigation may be regarded as the first, fairly trustworthy analysis of motor dominated manual skill. The present author has subjected the correlation matrices of the said study to factor analyses the results of which, in the form of rotated orthogonal factors, are seen in Table 6, p. 59. It is evident from these results that primary factors are already present at the age of 13 years. Factor I only is clearly the same in different age groups and it appears in all the pegboard tests. It corresponds the precision factor found by Early & Gaw. As to the other factors a motor factor of tapping seems to appear in some groups, and also the manual skill tests are saturated on it. The communalities differ from one test to another and there is also fairly large differences between the various groups, a fact which is obviously attributable in part to the smallness of the subject groups. In the younger age groups there are high loadings in only two factors, whereas in the older groups the high loadings are quite evenly distributed among the different factors. This may be regarded as an indication of the increased differentiation accompanying ageing. Earle & Gaw are the first authors to assume that it is the narrow group factors which seem to provide the best basis for the theory of manual skill.

Langdon (1932) achieved in his manual skill study a result that seemed to substantiate Garfiel's assumption of one single common factor as capable of explaining the different manual functions. The results of the factor analyses of Langdon's matrices, carried out by the present author, are seen in Tables 7 and 8 (p. 61—42). Three factors have been extracted for both the boys and the girls. Factor I is in each case a quite general primary factor which appears in the majority of the tests and corresponds accordingly to the general factor ascertained by Langdon.

Factor II of the boys is obviously an accuracy factor and Factor III most nearly a narrow intelligence factor. Factor II of the girls can be interpreted as a tapping factor (T) which corresponds to certain tapping factors extracted from the material of Early & Gaw. Simple manual skill tests involving, particularly, the speed of the finger motor performances are saturated on this tapping factor. Factor III of the girls again has its closest counterpart in the precision factor extracted from Schorn's material. The communalities are as a rule of the order of .50 or more, which is to say that the three primary factors usually explain more than one half of the variances of the tests.

Cox (1932) ascertained that, in addition to a mechanical factor proper (m), there is a factor of routine operations (Ma) associated with technical tests. The factor analysis performed by the present author shows that this is actually the case. Factor I corresponds to m-factor found by Cox. Factor II again is a comparatively general factor of manual functions, corresponding to Cox's Ma-factor. It can obviously be regarded as almost the same as Factor I of both the groups of Langdon. Factor III in its turn is a quite specific accuracy factor which appears in the bead stringing test and, with weaker loadings, in three assembling tests and in one packing task. This factor has its closest counterpart in the accuracy factor extracted from Langdon's material. It is possible that the steadiness of hand is also a characteristic feature of this factor.

The relationship between manual skill and general intelligence level has been examined more in detail by Attenborough & Farber (1934). They have found that manual skill and general intelligence are positively correlated. It was also ascertained in this study that there are clear connections between manual skill and mechanical ability. The correlation .41 between manual skill and the tapping test indicates, in turn, that there are relationships between manual skill and simple motor functions. It was further shown by Attenborough & Farber that, in addition to the g-factor, another factor which must be regarded as a group factor, also affects the variance of manual skill ¹⁾. Table 9, p. 64 shows the two factors which the present author has extracted from the small correlation matrix of Attenborough & Farber. Factor I is a general primary factor which has already been found from some of the earlier materials, whereas Factor II is associated with both-hands tests (bi-manual functions).

It is a general observation that simple motor functions, involving speed of hand movements rather than accuracy and adaptability of manipulations are resolvable into relatively narrow primary factors (Buxton 1938, Greene 1939, Seashore et al. 1940, Seashore 1940, 1951). These factors are likely to play an important role also in motor dominated manual skill. There is reason to point in this connection that especially the gross movements of arm are quite clearly separated from the finer hand movements (Heinonen II 1956) to form function groups on their own standing.

Melton (1947) has noticed that a relatively independent Dexterity factor is present in different tests of manual skill. Tapping factor is present in different tests of manual skill. Tapping factor proves to be quite independent and the same is true of the Perceptual factor and the Verbal-intellectual factor. The quite clearly organized result of Melton is evidently attributable to the fact that his subject

¹⁾ This is naturally accountable to the method employed.

group has selected adults whose abilities are already differentiated to a fairly large extent. In part the distinctness of the factors must be ascribed to the use of parallel tests. An equally well organized factor structure has not been attained in other studies of manual skill owing to the fact that the test material has been more varied. The generality of Melton's Dexterity factor is evident indeed, but it does not at all suffice to demonstrate that the variance of the manual skill tests could be explained in the first place with the aid of one single primary factor.

The manual skill associated with form-giving has been studied with the aid of a more comprehensive test battery by Takala, A. (1951). She ascertains that some manual tests have loadings in the intelligence factor (g), but that the variance of the manual skill tests is mainly attributable to other factors. Such are the general accuracy-speed factor, the form factor of manual skill, the general speed factor, the factor of fine motor performances and the fluency factor of fine motor performances. It is possible that the general accuracy-speed factor has some motor aspects and accordingly corresponds to the manual factors with a wide field of influence with which we have got acquainted in the foregoing. However, the comparison is rendered difficult by the dissimilarity of the tests.

The relationship between the grosser motor functions and the finer motor functions of handling has been examined by Hempel & Fleishman (1955). The groups of activities under consideration clearly differ from another in factor analysis. Moreover, a number of factors associated with manual skill are revealed, among them a Manual Dexterity factor of extensive hand movements, a Finger Dexterity factor of the finer finger performances, an Arm-Hand Steadiness factor and an Aiming factor with a comparatively extensive field of influence. The Manual Dexterity factor evidently corresponds to that factor of gross hand movements which I have found in the motor functions of hand (Heinonen II 1956). The Finger Dexterity factor may be regarded as a counterpart of Takala's finger motor factors and it is likely to correspond, in part, to those motor finger factors which I have obtained in the above-mentioned analysis of the motor functions of hand. It can be concluded from the said studies that finger dexterity can be regarded as one primary factor belonging to manual skill. The Arm-Hand Steadiness factor has loadings in only such tests as call for a very great steadiness of arm and hand. The Aiming factor has significant loadings in nine handling tests. In respect of this extensive field of influence this factor corresponds to those primary factors of manual skill which have been encountered in all the more comprehensive factor analyses. Hempel & Fleishman interpret this factor as the ability for a fast and accurate accomplishment of a series of directed movements which call for the coordination of eye and hand.

It can be stated as a general observation from the examination and comparison of the earlier studies of manual skill that the factors of manual skill form a group which is separated from the other activities. Nevertheless, the appearance of one, relatively comprehensive primary factor seems to be conclusively established, even though its detailed characterization on the basis of earlier studies is very difficult.

The role of specific factors is different from one test to another, but manual skill cannot be regarded highly specific as one was inclined to do earlier. Specificity depends to a large extent on the composition of the test battery.

At least by the later school age (13—14 years) manual skill has already reached

such a degree of differentiation as to give rise, when factor analyzed, to a number of primary factors. This differentiation seems to continue up to the adulthood.

The factor analyses carried out by the present author as well as those reported by other investigators indicate that this method is very suitable for the examination of the function complex of manual skill.

As to the clarification of the relationship between manual skill and other function complexes, it is evident that one cannot find from the earlier investigations anything selfcontradictory or contradictory above conceptions, set forth in the systematic part of the present study. The factor analyses support as a rule the formerly presented contention that manual skill is relatively independent of other abilities. Moreover, they are apt to clear up the picture which we have of the relationships of manual skill to intelligence as well as the sensory and motor functions.

Orientating Analysis. — The author has attempted in his analysis to

1. illuminate the factor structure of manual skill with the aid of comprehensive test battery;

2. gain detailed information on the numerous functional relationships which are still in need of additional clarification. Such relationships are, in the first place: the relationship of manual skill to a) the stage of bodily development, b) the simple motor functions, c) to proprioceptics and haptics, d) to intelligence, e) to general speed and accuracy, f) to school achievement and g) to handedness.

A total of 60 variables have been included in the orientating study. The following 48 of them have been incorporated in the factor analysis and they are listed here in order in which they appear in the correlation matrix (Table 14, pp. 98—99 and in the factor matrices (Tables 15 and 16, pp. 100—102).

1. Age.
2. Height.
3. Weight.
4. Cutting of paper with scissors according to a model (Fig. 11 p. 81).
5. Entering of dots into squares of 10+10, mm. Speed. Right hand.
6. Previous task. Left hand.
7. Passing through (Fig. 12 p. 81.) Four plastic discs are to be passed through the labyrinth. Speed. Both hands.
8. Moving a ring. (Fig. 13 p. 82.) The ring suspended from a string is to be carried through the labyrinth. Speed. Right hand.
9. Previous task. Left hand.
10. Tapping with thumb. Time 10 sec. Speed. Right hand. (Fig. 14 p. 82.)
11. Previous task. Left hand.
12. Tapping with forearm. Right.
13. Previous task. Left.
14. Rotation of the forearm. A back and forth movement around the longitudinal axis of the forearm. Right hand.
15. Previous task. Left arm.
16. Turning a crank with the forearm, right. A 50 mm. long crank is to be turned with the highest possible speed. Time 10 sec.
17. Previous task. Left hand.
18. Disc board. (Fig. 24 p. 30.) 41 discs are to be moved with highest possible speed from the left to the right board. Right hand.

19. Previous task in the opposite direction. Left hand.
20. Disc board with both hands. Two discs at a time are to be moved from the right to the left.
21. Tying of knots. Ten simple knots are to be tied in a 20 cm. long thread. Score: the time of performances.
22. Following up of a rotatory motion. (Fig. 15 p. 83.) 12 woden plugs are to be put into a plate rotating horizontally. Speed 33 revolutions a minute. Right hand. Speed.
23. Previous task. Left hand.
24. The ball test. (Fig. 16 p. 84.) Five balls are to be guided to the holes of a tray by tilting it.
25. Coordination of hands. (Fig. 17. p. 84.) A circular curve drawn on the table of a support is to be followed up as accurately as possible.
26. Sorting. Screws and rivets of different kinds are to be sorted from a mixed heap into their due boxes. (See Fig. 18 p. 85.)
27. Strength of pressure. Dynamometer was employed as the apparatus of meaeurement. Right hand.
28. Previous task. Left hand.
29. Symmetric drawing. A given model picture is to be completed with another half symmetrical to the original one (Fig. 19 p. 85.) Accuracy.
30. Sensitivity of tactile discrimination. Ten metal objects representing different degrees of roughness are to be arranged into the order of roughness without seeing them. (See Fig. 20 p. 85.)
31. Judgement of the differences in weight. Ten bottles differing in weight are to be arranged in the order of weight (See Fig. 21 p. 86). Right hand.
32. Previous task. Left hand.
33. Same as 31 and 32 but using both hands in the judgement.
34. The Bourdon Test. Accuracy.
35. The Bourdon Test. Speed.
36. The Ebbinghaus Test.
37. Seeking of opposites.
38. Mixed words.
39. Anagrams.
40. Arithmetical tasks on paper.
41. Mental arithmetics.
42. The mirror test (the same as Thurstonés flags).
43. Ornaments. A given figure is to be continued.
44. Number series.
45. The mean of the marks in school report. (The seventh or eighth grade of the elementary school.)
46. Mark for manual training in the school report.
47. Mark for gymnastics in the school report.
48. The asymmetry of hands. Determined from the tapping with the palm test according to the formula

$$\text{As\%} = \frac{100 \times (\text{Right} - \text{Left})}{\text{Left}}$$

The group of subjects was made up of 34 boys and 29 girls. The tests 4—33 were administered individually, whereas the others were group experiments.

Results.

The means, the standard deviations, the skewness (estimated on the basis of the distribution figures) the reliabilities and the communalities of the variables are shown in Table 10 on p. 89. The reliabilities of the intelligence tests are seen from Table 11 on p. 93. The factor structure of the intelligence tests has been presented in Table 12, p. 94 which shows that it is mainly three primary factors (the factors V, N, and W) which are represented in these tests. The testing-retesting correlations of some variables, separately for the boys and the girls, are listed in Table 13 on p. 96 (the time interval from 1/2 to 1 month). Table 14, on pp. 98—99 contains the inter-correlations of all the variables (the numbering of the tests is the same as in the above list). The original factors obtained by THURSTONE's centroid method are seen in Table 15, on p. 100—101 and the rotated factors in Table 16, on pp. 101—102. The correlations between the primary factors are listed in Table 19, p. 103.

Factor I is presented in all the intelligence tests, in four manual skill tests and in two school report variables. It is *the general intelligence factor* (*g*) which has not been resolved in this analysis into its components. It is to be noticed that general intelligence is already at this age level separated from manual skill into a relatively independent factor. Certain formgiving tests as well as some motor handling tests seem to call for it, however.

Factor II has a quite extensive field of influence. It appears in all the motor and manual skill tests and it has significant loadings in a considerable number of them. On the basis of its loadings *this factor may be regarded as one of motor dominated manual skill*. It is an indication of the close connection between manual skill and motor functions. This factor is likely to correspond to the general primary factor of manual skill which was encountered above. The fact that also the most simple motor tests belong to its domain seems to indicate, however, that it cannot be regarded as an aiming factor like the most comprehensive factor of Hempel & Fleishman. Nor can the function of the eye-hand coordination be associated with it, but it can be associated with the last-mentioned factor of Hempel & Fleishman. It is rather the motor speed in grosser as well as finer movements that seems to be a characteristic feature of this factor.

Factor III has its highest loadings in the simple tapping and turning tests. It is also represented in some tests of manual skill, in the test of the sensitivity of manual skill, in the test of the sensitivity of tactile discrimination and in the variable of the asymmetry of hands. We will call Factor III *a Psychomotor factor* which evidently is in the first place a speed factor. It corresponds in part to the tapping factors which we have encountered in connection with the earlier studies, e.g. in the analysis carried out on the basis of Earles and Gaw's material as well as in the analysis of Langdon's girl group. This factor can obviously be regarded as almost identical with Melton's Tapping factor, since both these factors appear in the back and forth movements of hand and forearm.

Factor IV is represented in tests involving the moving of objects from one place to another. The accuracy of hand movements and the ability of the eye-hand coordination are to be regarded as its most essential features. We will term this factor

an Aiming factor. It bears some resemblance to the Aiming factor of Hempel & Fleishman, even though it is not possible to demonstrate — owing to the dissimilarity of the tests — an exact correspondence. It is also possible that the Aiming factor has not yet been differentiated in the same degree in the present author's subject group as in the group of subjects employed in the study of Hempel & Fleishman.

Factor V of the present analysis has the most limited field of influence. It is *a factor of Bodily Development.* The strength of hand which cannot be regarded, however, as a test of manual skill is saturated on this factor. There are only three tests of manual skill which have significant loadings in this factor and extensive hand movements are involved in all of them. It is obviously just the large size of body which is the differentiating factor in these tests.

Factor VI is involved in tests which are very dissimilar in nature, a fact which renders its interpretation fairly difficult. The author calls it *a Factor of Extensive hand Movements, of Optical Analysis and of Verbal Intelligence.*

Factor VII is *a Factor of School Achievement* and it is represented in the school report variables, in the speed variable of the Bourdon test and in some intelligence tasks. The tests of manual skill do not as a rule have any loadings in this factor.

III. The Development of Manual Skill

In this part of the study the development of manual skill is considered at first in the light of earlier investigations. Attention is then paid to the general problems of the examination of development, whereafter a report of author's own study is given.

Information on the development of manual skill during the preschool age may be gained from the studies of motor functions, performed, e.g., by Tournay (1924), Gesell (1940), Piaget (1948), Hurlock (1950), Gesell & Halverson (1936), Ch. Bühler (1931), Hildreth (1948) and Ulin (1949). The motor development of an individual follows the same main direction as the development in the other spheres of mental life. Activities which are at first carried out holistically, are gradually differentiate until, by the early school age, handling activities prerequiring considerable accuracy become possible.

The development of the motor functions of handling over the school age has been examined to a very small extent. A major result of such studies has been the knowledge that the level of performance gradually rises in about the same manner as when the other mental activities are concerned (e.g. Antipoff (1929), Whitman (1925), Earle & Gaw (1930), Jones & Seashore (1946) and Müller & Vetter (1954). Some results seem to indicate that the development continues very steep up to the age of 12—14 years, whereafter some slowing down begins to take place. Manual skill appears to reach maximum in some tests between the twentieth and the thirtieth year of age.

There has been no correlation analytical or factor analytical studies on the development of manual skill. Nevertheless, it is these very techniques that allow of a more thorough examination of the development than those basing on single tests.

Differentiation is reflected in correlation studies in the lowering of the correlation coefficients. In factor analysis the growth of the number of group factors, the increasing acuteness of the angles of the configuration and the lowering of the corre-

lations between the primary factors can be regarded as its indications. Also the increase in the specific variance means an increase in differentiation.

In our study on the development of manual skill we have tried to find out, what changes take place in the factor structure of manual skill over the earlier school age. Apart from this we have examined, with the aid of individual tests, the simultaneous changes in the means of the tests employed as well as the rate of development in the different types of surface variables.

This study was carried out by employing four groups of boys as the subjects. Each group was made up of 100 boys and the mean ages were 8.50, 10.54, 12.49 and 14.50, respectively. The age distribution are represented in Figs. and the geographical distributions in Fig.

The following tests were employed:

1. Tying of knots. The largest possible number of simple knots is to be made in a 40 cm. long and 1.5 mm. thick thread. Time 40 sec. The test was carried out four times. (Fig. 22, p. 130.)
2. Disc labyrinth. The largest possible number of discs is to be guided with aid of a metal pin through a thread labyrinth. (Fig. 23, p. 130.) Time 30 sec. The same task four times.
3. Disc board. The largest possible number of discs is to be moved from one board into another (Fig. 24, p. 130.) Right hand. Time 50 sec. Four trials.
4. Santa Ana. The pegs are to be turned half way round (Fig. 25, p. 131.) Time 35 sec. Right hand.
5. Stringing of beads. The largest possible number of beads is to be stringed with the aid of a needle in two minutes. (Fig. 26, p. 131.)
6. Ball tray. (See Fig. 27, p. 131.) The largest possible number of steel balls is to be guided thorough the hole at the centre of the tray into the tube below it by tilting the tray with its handles. Time 30 sec. Four trials.
7. Connor (See Fig. 28, p. 132.) Small brass nails are to be put into the holes in the plate, three nails into each hole. Time four minutes.
8. Coordination (See Fig. 29, p. 132.) A curve drawn on a paper is to be traced up with a pencil as accurately as possible. Time 1 minute. Two trials.
9. Opposition movement (Fig. 30, p. 133.) The highest possible number of touches with a counter key in 10 sec. Thumb moves against the other fingers.
10. Speed in squeezing. The highest possible number of squeezes with a counter key by opening and closing the hand. (Fig. 31 p. 133.)
11. Tapping with forearm (Fig. 32, p. 134.) The largest possible number of tap-pings with the edge of the hand. Time 10 sec. Two trials.
12. Strength of the hand. Strength of pressure in kilogrammes with the better hand. (Fig. 33 p. 134.)
13. Steadiness of hand (See Fig. 34, p. 134.) A metal pin is to be kept in a hole without its touching the edges. Time 30 sec. Two trials.
14. Dotted. Dots are to be entered in the squares of a paper, one in each of them, with the highest possible speed. Time one minute. Two trials. (See Fig. 35, p. 135.)
15. The aiming test. A labyrinth printed on a paper is to be traced with a pencil as accurately as possible. Time two minutes. (See Fig. 36, p. 135.)
16. Rybakoff. The subject has to indicate how the given figures should be cut

into two parts in order that the resulting parts would accurately fill up the given frame. 40 sub-tasks. Time 6 minutes.

17. Mixed words. The original forms of the mixed words are to be discovered by rearranging the letters. 50 sub-tasks. Time 6 minutes.
18. Verbal classification. From among a group of five words that one is to be underlined which does not logically belong to the same group with the others.
19. Synonyms. One such word from among four is to be underlined as has the same meaning as the given word. 40 sub-tasks. Time two minutes.

The tests 1—13 were carried out as small-group experiments (5 subjects in each group), the tests 14—19 as group experiments (20 to 30 subjects in each group). The reliabilities of the tests in the different age groups are seen in Table 20, p. 141. The correlations computed separately for each group as Pearson's *r*-coefficients are represented in Table 21—24, pp. 144—146. Their sums in the various age groups are:

8 yr.	10 yr.	12 yr.	14 yr.
60.66	59.54	62.25	51.80

These sums seem to indicate that manual skill is not differentiated markedly until the later school age.

Factorings were made by means of THURSTONE's centroid method. The extraction of factors was stopped in each age group when the residual sum (after reflection) began to grow (the criterion of Thurstone and Mosier). The numbers of factors are as follows:

8 yr.	10 yr.	12 yr.	14 yr.
3	4	4	5

The most marked steps toward differentiation of abilities has taken place during early and late school age. On the contrary, the differentiation process does not manifest itself between the years 10 and 12.

The rotations were carried out graphically by employing orthogonal co-ordinates excepting the factors of the 8 year old subjects which were rotated with the aid of the cosine solution presented by Ahmavaara (1957). The centroid loadings, the communalities and the rotated factors are seen in Tables 25, p. 152, 30, p. 157, 31, p. 158 and 32, p. 160. The communalities in the different age groups have been compared graphically with each other in Fig. 42, p. 155.

When the factors of the different age groups were compared the transformation method presented by Ahmavaara (1954) was employed. The comparison was affected in the different age intervals (8—10, 10—12, 12—14) by transforming the factors of the younger subjects into the factor spaces of the next older age group. The matrices of comparison are seen in Tables 27—29, p. 153. The accuracy of comparison may be judged from the point scatters presented in Figs 46, p. 168, 44, p. 165 and 45, p. 167. The scattering of the points around the line $x=y$ proves a) the existence of the »configurational invariance» or the invariance of the linear relationships between the test vectors of the different age groups and b) the suitability of the transformation method for the comparison of the factorial results.

Results.

As a rule, there is a relatively clearcut correspondence between the factors of the different age groups (see Fig. 43, p. 161 and the before-mentioned Tables 27—29, p. 153).

8 year old subjects.

The factors of the 8 year old subjects indicate that various activities are already differentiated by early school age. The factors of this age group are interpreted as follows:

Factor I is involved in all of the intelligence tests so that it may be identified as *Intelligence Factor*. The existence of this factor has been established in numerous investigations and its g-character is evident. This factor does not have loadings in any tests involving manual functions except for the dotting test, but it is evident from the correlations between the primary factors (Table 26, p. 152) that it is correlated with the Finger Dexterity and Manual Dexterity factors.

Factor II has no more than four significant loadings and they all appear in tests requiring the speed of finger motor functions. This factor is identified as the *Motor Finger Dexterity*. It obviously corresponds to the motor factors of finger movements which have been come to the fore in my earlier factor analyses of motor tests (Heinonen II 1956).

Factor III is defined by eight variables. This factor is identified as *Manual Dexterity*. It represents the ability to make skillful arm and hand movements. The fine and skillful manipulations with the fingers are also involved in this factor. The tests most heavily loaded in this factor involve manipulations of small objects (Santa Ana, Connor, Aiming). Its distinction from the Finger Dexterity factor identified earlier by many investigators is not clear. One can suppose that these two factors do not clearly differentiate during the school age.

The correlations between the primary factors of the 8 year old subjects are seen in Table 26, p. pp. 152.

10 year old subjects.

Factor I of the next age group, i.e. 10 year old subjects, is presented in all the intelligence tests and in one of the manipulative tests. (Disc Board). This factor and Factor I of the 8 year old subjects coincide by .92. It is identified as *Intelligence Factor* (g).

Factor II is defined by the motor variables (6, 9, 10 and 11). We can conclude that this factor and Factor II of the 8 year old subjects are identical (the coincidence is .90). It is identified as *Motor Finger Dexterity*.

Factor III has nine significant loadings and it is accordingly the broadest manual factor encountered thus far. This factor is identified as *Manual Dexterity*. It corresponds to Factor III and Factor II of the 8 year old subjects (.74 and .56, respectively).

Factor IV is identified as *Aiming Factor* and it can be defined as the ability to perform quickly and precisely a series of movements requiring eye-hand coordination. In addition, the strength of the hand is also involved in this manipulative factor.

It can be noted that Factor IV appears as *a new dimension into the factorial structure* in age interval 8—10. This basic dimension can be identified in 12 and 14 year old groups so that it is not incidental.

12 year old subjects.

Factor I has significant loadings in verbal intelligence tests and it is represented also in three tests involving manipulative functions. This factor is identified as *Intelligence Factor* having its nearest counterpart in the Factor I of the 14 year old subjects (the coincidence is .79).

Factor II has significant loadings in five tests. Judging from the loadings it may be interpreted as *Motor Finger Dexterity*. This factor and Factor II of the 14 year old subjects are nearly identical (.83).

Factor III has a considerably wide field of influence. It possesses nine significant loadings and is accordingly one of the broadest manual factors encountered thus far. We will name it the *Manual Dexterity Factor* of which the characteristic features seem to be both the accuracy and speed in the manipulation of various objects. It corresponds to Factor II of the 14 year old subjects (the coincidence is .71). The loadings of these factors seems to indicate that there takes place along with differentiation, also integration in the field of manual skill in that certain functions become tied together more closely as a result of evolution.

Factor IV has loadings in tests requiring eye-hand coordination. This factor corresponds to Factor IV of the 14 year old subjects (.84) and it is identified as *Aiming Factor*. The importance of this factor, however, has increased as a differentiating factor with the increasing age.

14 year old subjects.

Factor I is quite well organized *Intelligence Factor* which very clearly corresponds to the factors of verbal intelligence of the earlier studies.

Factor II has no more than two significant loadings, both of them in motor tests. Judging from the loadings this factor may be named the Factor of *Motor Finger Dexterity*, and speed must be regarded its most important characteristic. Factor II has its closest counterparts in Factors II of the other age groups. As regards the differentiation of manual skill one can see that this factor does not differentiate during the school age.

Factor III is identified as *Manual Dexterity Factor* which specifically corresponds to Factors III of the younger age groups. The Manual Dexterity Factors identified in this investigation have very wide fields of influence. It seems therefore that Manual Dexterity is a general ability. »Generality» is, however, of very relative nature in these primary factors. It is generality which reveals itself in the broadness of the primary factors and it cannot be taken as a indication of the generality of the manual skill in the same sense as when intelligence is termed »general» in speaking of the g-factor of intelligence. The generality of this factor must obviously be ascribed to a common speed and/or accuracy component the detailed examination of which is, however, very difficult.

Factor IV has loadings in tests requiring eye-hand coordination. It is identified as *Aiming Factor*. Which has in this age group nearly same field of influence as in the group of 12 old subjects.

Factor V is involved only in two tests (Steadiness and Tying knots). It can be interpreted as *Steadiness Factor* which does not have any clear counterparts among the factors of the younger subjects. A Steadiness Factor has formerly been extracted by Seashore et al. (1940) and by Hempel & Fleishman (1955).

It is possible that the factors brought forth in the present study are, in part, due to chance. It must be emphasized, however, that the high invariance coefficients of the factors of the different age groups seem to indicate that the rotation has not merely been guided by change.

The total differentiation of manual skill.

Owing to the fact that the rotations were made by employing orthogonal coordinates (in age groups 10,12 and 14) we have not considered development in terms of the changes in the correlations between the primary factors. As a measure of the total differentiation we have used in this investigation the mean of the cosines of the angles between the different test vectors and the first centroid axis.¹⁾

The extension of the test vector «fans» of the manual skill is as follows:

8 yr.	10 yr.	12 yr.	14 yr.
.795	.751	.748	.597

As regards the differentiation of the manual skill during the school age the following is discovered: *The most marked steps toward differentiation of manual skill have taken place during the early and later school age. On the contrary, the differentiation process does not manifest itself between the years 10 and 12.* This result is the same as before (p. 199).

Means and standard deviations.

Development has been examined in the present study not only with the aid of factor analysis, but also by considering the individual tests. The standard deviation of the younger subjects in each test has served as the unit of measurement of the development in certain age interval.

The means and standard deviations as well as the amount of development which has taken place over the school age are seen in Table 39, p. 172. The curves of development have been depicted in Figures 47—62, pp. 173—175.

Judging from the test variables *the development seems to be strongest in the early school age.* There are, however, differences between different activities as

$$\cos \varnothing_{c_{1j}} = \frac{a_j}{h_j}$$

regards the tempo of development. It is fastest in manual strength and slightest in the manual steadiness function. *Specifically in simple motor speed functions there occurs a slowing down between the ages of 10 and 12 years, whereafter the development is again accelerated.* This slowing down displayed by the test variables is likely to be associated with factorial development processes taking place almost at the same age. The development kind of takes a rest in order to find its definitive direction and, as regards some functions, a greater speed at the end of the school age. There is reason to refer in this context also to the slowing down encountered at the same age level in the sphere of intelligence functions (Thurstone & Ackerson 1929, Bayley 1933 and Dearborn & Rothney 1941).

The amount of development is as a rule greater in the tests of which the communality is high, than in the tests with lower communalities. (See Table 40, p. 179.) According to the present study, the total amount of development has proved to be largest in those tests of which the configurational invariance is highest. The development thus seems to be best in fields where the test vectors »have found their due places» with respect to the factors. On the other hand, *there is less development in tests displaying the largest amount of abnormal transformation.* The amount of development is also greater in the tests of which the rotation of the test vector occurs towards the first centroid axis. It seems to me that these relations can be interpreted as follows: *in various situations of everyday life the practice in many functions is more closely connected with the activities the factor composition of which is of a very complicated form than with the activities of which the factor composition is more simple.* On the other hand, it is evident that *the traits develop more rapidly when the factor composition remains stable.*

As there did not appear any complete pure factor tests which would have determined the location of the primary factors in the various age groups, it is not possible to draw from the test variables any far-reaching conclusions as regards the development of the level of the different factors over the school age. In order to solve this problem one had to devise purer factor tests, but this task is, with a view to the age period under consideration, quite difficult.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Ahmavaara Yrjö*, 1954: Transformation analysis of factorial data. Helsinki.
— 1957: On the unified factor theory of mind. Helsinki.
— 1957: Henkisten kykyjemme rakenne. Helsinki.
- Allport, F. H.*, 1955: Theories of perception and the concept of structure. New York.
- Anastasi, A. and Foley, J. P.*, 1949: Differential psychology. New York.
- Antipoff, H.*, 1929: L'évolution et la variabilité des fonctions psycho-motrices d'après l'étude statistique des résultats de divers test d'habileté-manuelle. Ar. de Ps., No. 21.
- Argelander, A.*, 1925: Zur Frage der allgemeinen Handgeschicklichkeit. Z. Päd. Ps., XXVI Jhrg. Leipzig.
- Asch, S. E.*, 1936: A study of change in mental organization. Ar. Ps. No. 195.
- Attenborough, J. and Farber, M.*, 1934: The relation between intelligence, mechanical ability, and manual dexterity in special school children. Br. J. Educ. Ps. No. 4.
- Dalinsky, B.*, 1941: An analysis of the mental factors of various age groups from nine to sixty. Genet. Ps. Monogr., No. 23.
- Bayley, N.*, 1933: Mental growth during the first three years. Gen. Ps. Monogr., No 10.
- Best, C. H. and Taylor, N. B.*, 1956: The human body. Its anatomy and physiology. New York.
- Björnsjö, M.*, 1951: Om spatial, teknisk och praktisk begåvning. Göteborg.
- Brunswik, E., Goldschneider, L. und Pilek, E.*, 1932: Untersuchungen zur Entwicklung des Gedächtnisses. Leipzig.
- Burchard, G.*, 1936: Versuch einen Handgeschicklichkeitsprüfung an geisteschwachen Kindern. Z. Kinderpsychiatr., No. 3.
- Buxton, C.*, 1938: The application of multiple factorial methods to the study of motor abilities. Psychometrika, No. 3.
- Bühler, Ch.*, 1931: Kindheit und Jugend. Leipzig.
- Campbell, M.*, 1936: The cognitive aspects of motor performances and their bearing on general motor ability. J. exp. Ps. No. 19.
- Cantor, G. N. and Stacey, C. L.*, 1951: Manipulative dexterity in mental defects. Am. J. ment. Def., No. 56.
- Carter, T. M.*, 1926: Technique and devices used in radiographic study of the wrist bones of children. J. Educ. Ps., No. 4.
- Cattell, J. McK. and Farrand, L.*, 1896: Physical and mental measurements of the students of Columbia university. Ps. Rev. No. 3. (Sit. Anastasi ja Foley'n muk.).

- Chapman, R. L.*, 1940: The MacQuarrie test for mechanical ability tests. *Psychometrika*, No. 5.
- Cox, J. W.*, 1934: Manual skill. Its organization and measurement. Cambridge.
- Davis, R. A.*, 1935: Psychology of learning. New York.
- Dearborn, W. F. and Rothney, J.*, 1941: Predicting the child's development. Cambridge.
- Earle, F. M. and Gaw, F.*, 1930: The measurement of manual dexterities. Nat. Inst. Ind. Ps. Rep. IV. London.
- Earle, F. M. and Macrae, A.*, 1929: Tests of mechanical ability. Nat. Inst. Ind. Ps. Rep. III. London.
- Eccles, J. C.*, 1953: The neurophysiological basis of mind. Oxford.
- Ekman, G.*, 1952: Differentiell psykologi. Stockholm.
- Elmgren, J.*, 1950: Barnpsykologi. (Teoksessa: Handbok i psykologi.) Stockholm.
- v. Fieandt, K.*, 1950: Havaintopsykologia. Turku.
- Fleishman, E. A.*, 1953: Testing of psychomotor abilities by means of apparatus tests. *Ps. Buld.* No. 4.
- French, John, W.*, 1951: The description of aptitude and achievement tests in terms of rotated factors, *Ps. Monogr.* No. 5. Chicago.
- Fulton, John, F.*, 1949: Physiology of the nervous system. New York.
- Galton, F.*, 1883: Inquiries into human faculty and its development. London. (Anastasin ja Foleyn muk.)
- Garfiel, E.*, 1923: The measurement of motor ability. *Arch. Ps.*, No. 9.
- Gesell, A.*, 1940: The first five years of life. New York.
- Gesell, A. and Halverson, H. M.*, 1936: The development of thumb opposition in the human infant. *J. genet. Ps.*, No. 48.
- Giese, F.*, 1925: Handbuch psychotechnischer Eignungsprüfungen. Halle.
- Gilbert, J. A.*, 1894: Researches on the mental and physical development of school children. *Stud. Yale Ps. Lab.*, No. 2. (Sit. Anastasin ja Foylen muk.)
- Goldstein, K.*, 1934: Der Aufbau des Organismus. Haag.
- Goodman, C. H.*, 1947: The MacQuarrie test for mechanical ability: II factor analysis. *J. appl. Ps.* No. 31.
- Greene, E. B.*, 1943: An analysis of random and systematic changes with practice. *Psychometrika*. No. 8.
- Harrel, W.*, 1940: A factor analysis of mechanical ability tests. *Psychometrika*, No. 5.
- Hebb, D. O.*, 1949: The organization of behaviour. New York.
- Heinonen, V.*, I 1956: On the asymmetry of manipulative functions. Reports from the Departement of Psychology, Institute of Pedagogics, No. 9. Jyväskylä.
- II 1956: On the factorial structure of simple motor functions. Reports from the Departement of Psychology, Institute of Pedagogics, No. 11. Jyväskylä.
- III 1956: Kätevyvyyden ja älykkyyden välisestä suhteesta. Kasvatus ja koulu, No. 5.
- Hempel, W. E. and Fleishman, E. A.*, 1955: A factor analysis of physical proficiency and manipulative skill. *J. appl. Ps.*, No. 1.
- Henshaw, E. M. and Holman, P.*, 1933: Distribution of practice in manual dexterity. *Med. Res. Counc. Hlth. Res. Board. Rep.* No. 67. London.
- Henshaw, E. M., Holman, P. and Langdon, J. M.*, 1933: Training in manual

- dexterity and visual discrimination. Med. Res. Counc. Ind. Hlth. Res. Board Rep., No. 67. London.
- Hildreth, G.*, 1948: Manual dominance in nursery school children. J. genet. Ps., No. 72.
- Himmelweit, H. T.*, 1947: Speed and accuracy of Work as related to temperament. Br. J. Ps. No. 36.
- Hollingworth, H. L.*, 1913: Correlation of abilities as affected by practice. J. exp. Ps. No. 4.
- Hollingworth, S. and Monahan, J. E.*, 1926: Tapping-rate of children who test above 135 IQ. J. educ. Ps. No. 8.
- Holman, P.*, 1933: General mental development and manual dexterity. Br. J. Ps., No. 23.
- Hurlock, E. B.*, 1950: Child development. New York.
- Ingelmark, B. E.*, 1928: Über die Längenasymmetrien der Exträmitäten und ihren Zusammenhang mit der Rechts-Linkshändigkeit. (Sit. Trankellin muk.)
- Jones, C. and Conrad, S.*, 1933: The growth and decline of intelligence: a study of a homogenous group between the ages of 10—60. Genet. Ps. Monogr., No. 13.
- Jones, H. E. and Seashore, R. H.*, 1944: The development of fine motor and mechanical abilities. 43rd yearbook. Nat. Soc. Stud. Educ. I.
- Kaila, E.*, 1944: Hahmoproteemasta. Ajatus. XIII.
- 1946: Persoonallisuus. Helsinki.
- Kalpa, I.*, 1952: Lasten psykiatrisen ja poikkeuksellisten lasten kasvatuksen yhteisiä kysymyksiä. (Luentomoniste.) Jyväskylä.
- Katz, D.*, 1925: Zur Psychophysik der menschlichen Hand. Z. Päd. & Ps., 26 Jhrg.
- Katz, D.*, 1948: Hahmopsykologia. (Suomennos.) Helsinki.
- Kellner, H.*, 1927: Über die Handgeschicklichkeit und den Wert der Handgeschicklichkeitsprüfungen. Psychotech. Z. 2. Jhrg.
- Kretschmer, E.*, 1948: Körperbau und Charakter. Berlin.
- Lamb, E.*, 1930: Racial differences in bi-manual dexterity of Latin and American children. Child Development, No. 1.
- Langdon, J. N.*, 1932: An experimental study of certain forms of manual dexterity. Ind. Hlth. Res. Board. Rep. No. 66. London.
- Lassila, V. ja Rancken, D.*, 1949: Ihmisen anatomia ja fysiologia. Porvoo.
- Lehtovaara, A.*, 1934: Kretschmerin tyyppien käsiälat. Ajatus VII. Porvoo—Helsinki.
- Meili, R.*, 1951: Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Bern.
- 1954: Ammatinvalinnan ohjauksen psykologiaa. (Suomennos.) Jyväskylä.
- Melton, A. W.*, 1947: Apparatus tests. Army Airforce: Aviat. Ps. Prgr. Res. Rep. Washington.
- Meyer, N. C.*, 1937: What is a special ability. Ps. Bull., No. 7.
- Miles, C. C., and Miles, W. R.*, 1932: The correlation of intelligence scores and chronological age from early to late maturity. Am. J. Ps., No. 44.
- Miles, W.*, 1933: Age and human ability. Ps. Rev., No. 40.
- Moede, W.*, 1920: Ergebnisse der industriellen Psychotechnik. Prakt. Ps. 2. Jhrg. No. 21.
- Morgan, C. T. and Stellar, E.*, 1950: Physiological psychology. New York.
- Munn, N. L.*, 1932: Bilateral transfer of learning. J. exp. Ps., No. 15.

- Muscio, B.*, 1922: Motor capacity with special reference to vocational guidance. Br. J. Ps., No. 13.
- Myers, C. S.*, 1926: Report on occupation analysis. No. 1. Nat. Inst. Ind. Ps. Rep. London.
- Müller, E. A., und Vetter, Kl.*, 1954: Die Abhängigkeit der Handgeschicklichkeit von anatomischen und physiologischen Faktoren. Arbeitsphysiologie, Bd. 15. 4. Heft.
- McNemar, Q.*, 1936: Practice and »general» motor ability. J. Gen. Ps. No. 14.
1941: On the sampling errors of factor loadings. Psychometrika, No. 6.
- Oehrn, A.*, 1895: Experimentelle Studien zur Individualpsychologie. Psychol. Arbeit, No. 1.
- Perrin, F. A. C.*, 1921: An experimental study of motor ability. J. exp. Ps., No. 4.
- Piaget, J.*, 1948: La naissance de l'intelligence chez l'enfant. Deuxième éd. Neuchatel. No. 1.
- Puppe, P.*, 1926: Über die Beziehung einer Arbeitsleistung der Hand und geistigen Arbeitsleistungen. Z. ang. Ps., No. 25.
- Rageh, Ezzart*, 1948: Manual dexterity. Egypt. J. Ps. No. 3 (Ps. Abstr.)
- Reenpää, Y.*, 1935: Yleinen aistinfysiologia. Helsinki.
- Richards, T. W.*, 1941: Genetic emergency of factor specificity. Psychometrika, No. 1.
- Rush, T. C.*, 1951: Motor system. (Teoksessa Handbook of experimental psychology.) New York.
- Schorn, M.*, 1925: Untersuchungen über die Handgeschicklichkeit. Z. Ps., No. 26.
- Seashore, R. H.*, 1930: Individual differences in motor skills. J. gen. Ps., No. 3.
1940: An experimental and theoretical analysis of fine motor skills. Am. J. Ps., No. 53.
1951: Work and motor performance. (Teoksessa Handbook of experimental psychology.) New York.
- Seashore, R. H., Buxton, C. E. and McCollom, J. N.*, 1940: Multiple factorial analysis of fine motor skills. Am. J. Ps., No. 53.
- Seashore, R. H., Dudek, F. J. and Holtzman, W.*, 1949: A factorial analysis of arm-hand precision tests. J. Appl. Ps. N:o. 33.
- Seashore, H. G., & Koch, G.*, 1938: Postural steadiness under conditions of muscular tension and fatigue. Psychol. Rev. No. 2.
- Siegwald, H.*, 1944: Experimentella undersökningar rörande intellektuella könsdifferenser. I. Lund.
- Somogyi, J.*, 1936: Begabung im Lichte der Eugenik. Leipzig und Wien.
- Stern, W.*, 1926: Nachbemerkung zum Verständnis der geringen Korrelation zwischen geistigen und manuellen Leistungen. J. ang. Ps. No. 25.
- Takala, A.*, 1951: On the factors of manual skill. Acta psychologica Fennica I. Helsinki.
- 1953: Oppilaiden ja opettajien suorittamista persoonallisuudenpiirteiden arvioinneista. Helsinki.
- Takala, M.*, 1953: Studies of psychomotor personality tests. I. Helsinki.
- Takala, M. ja Viinisalo, P.*, 1953: Lasten älykkyyden osatekijöistä. Kasvatus ja koulu No. 1 ja 2.

- Tauscher, E.*, 1930: Über die Korrelation zwischen Handgeschicklichkeit und Intelligenz. *Neue Ps. Stud.*, No. 5.
- Telkkä, A.*, 1949: Über die Asymmetrien der Langen Gliedmassenknochen bei den Finnen. Helsinki.
- Terman, L. M. and Miles, C. C.*, 1936: Sex and personality. New York.
- Thurstone, L. L. and Ackerson, L.*, 1929: The mental growth curve for the Binet tests. *J. educ. Ps.*, No. 20.
- 1938: Primary mental abilities. *Psychometr. Monogr.* 1. Chicago.
- 1947: Multiple-factor analysis. Chicago.
- Thurstone, L. L. and T. G.*, 1941: Factorial studies of intelligence. *Psychometr. monogr.* 2. Chicago.
- Tiffin, J.*, 1947: Industrial psychology. New York.
- Tornay, A.*, 1924: L'asymetrie dans le developpement sensitivomoteur de l'enfant. *J. de Ps.* No. 21.
- Trankell, A.*, 1950: Vänsterhänthet hos barn i skolåldern. Helsingfors.
- Ulin, G.*, 1949: Handaktivitetens utveckling under förskoleåldern. Stockholm.
- 1952: Barnhänder i lek och arbete. Stockholm.
- Vahervuo, T.*, 1948: Matemaattisen kyvykkyiden mittaaminen. Helsinki.
- 1956: Psykometriikan metodeja. II. Porvoo.
- Vernon, P.*, 1950: The structure of human abilities. London.
- Vetter, Kl.*, 1954: Über den Einfluss von Wärmebestrahlung der hand auf die Handgeschicklichkeit bei verschiedener Zimmertemperatur. *Arbeitsphysiologie*, No. 15.
- Vetter, Kl. und Müller, E. A.*, 1954: Die Verbesserung der Geschicklichkeit durch Übung. *Arbeitsphysiologie*, No. 15.
- Wacholder, K.*, 1925: Beiträge zur Physiologie der willkürlichen Bewegung. *Pflügers Arc. f. d. ges. Physiologie*, No. 209.
- Whitman, E. C.*, 1925: A brief test series for manual dexterity. *J. educ. Ps.*, No. 2.
- Wittenborn, J. R.*, 1945: Mechanical ability, its nature and measurement. II. Manual dexterity. *Educ. Ps. Meas.*, No. 5.
- Woodworth, R. S. and Marquis, O. G.*, 1947: Psychology. New York.
-