

**LIIKKEEN KINEMAATTISISTA OMINAISPIIRTEISTÄ,
NIIDEN PSYKOFYYSISISTÄ SELITYSYHTEYKSISTÄ JA
NÄIDEN MUUTOKSISTA PSYKOMOTORISEN
KUORMITUKSEN JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN
VAIKUTUKSESTA**

**ON THE KINEMATIC CHARACTERISTICS AND PSYCHOPHYSICAL
CORRELATES OF A HUMAN MOVEMENT AND THEIR CHANGES
DURING PSYCHOMOTOR LOADING AND
ENDURANCE CONDITIONING**

with an English summary

**JUHANI KIRJONEN
HEIKKI RUSKO**

**From the Department of Psychology,
the Department of Biology of Physical Activity
and
the Department of Public Health**

**University of Jyväskylä
Jyväskylä, Finland**

Studies in Sport, Physical Education and Health
University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland

EDITOR: Paavo V. Komi, Ph.D.

Jakaja Jyväskylän Yliopiston Kirjasto, Jyväskylä
Distributor Jyväskylä University Library, Jyväskylä, Finland

LIIKKEEN KINEMAATTISISTA OMINAISPIIRTEISTÄ,
NIIDEN PSYKOFYYSISISTÄ SELITYSYHTEYKSISTÄ JA
NAIDEN MUUTOKSISTA PSYKOMOTORISEN
KUORMITUKSEN JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN
VAIKUTUKSESTA

ON THE KINEMATIC CHARACTERISTICS AND PSYCHOPHYSICAL
CORRELATES OF A HUMAN MOVEMENT AND THEIR CHANGES
DURING PSYCHOMOTOR LOADING AND
ENDURANCE CONDITIONING

**LIIKKEEN KINEMAATTISISTA OMINAISPIIRTEISTÄ,
NIIDEN PSYKOFYYSISISTÄ SELITYSYHTEYKSISTÄ JA
NÄIDEN MUUTOKSISTA PSYKOMOTORISEN
KUORMITUKSEN JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN
VAIKUTUKSESTA**

ON THE KINEMATIC CHARACTERISTICS AND PSYCHOPHYSICAL
CORRELATES OF A HUMAN MOVEMENT AND THEIR CHANGES
DURING PSYCHOMOTOR LOADING AND
ENDURANCE CONDITIONING

with an English summary

JUHANI KIRJONEN
HEIKKI RUSKO

From the Department of Psychology,
the Department of Biology of Physical Activity
and
the Department of Public Health

University of Jyväskylä
Jyväskylä, Finland

URN:ISBN:978-951-39-9096-1

ISBN 978-951-39-9096-1 (PDF)

ISSN 0356-1070

Jyväskylän yliopisto, 2022

KUOPIO 1971

SAVON SANOMAIN KIRJAPAINO OY

SISÄLLYS

Esipuhe

I

*Liikkeen ominaispiirteistä, niiden selitysyhteyksistä
ja näiden muutoksista kuormitustilanteessa*

Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko

1. Tutkimuksen lähtökohta *Sivu 15*
2. Ongelmat ja hypoteesit *21*
3. Menetelmät *23*
 3. 1 Koehenkilöt ja koejärjestelyt *23*
 3. 2 Riippuvat variaabelit *25*
 3. 3 Riippumattomat variaabelit *27*
 3. 3. 1 Fyysinen kunto *28*
 3. 3. 2 Ekstraversio ja neuroottisuus *28*
 3. 3. 3 Spatiaalis-visuaalisuus ja reaktionopeus *28*
 3. 3. 4 Valintareaktio- eli CRT-koe *29*
4. Tietojenkäsittely *30*
 4. 1 Liikesuoritusta koskevat mittaukset *30*
 4. 1. 1 Mittausten toteutus *30*
 4. 1. 2 Variaabeleiden jakaumat *30*
 4. 1. 3 Variaabeleiden välisten yhteyksien viivallisuudet *31*
 4. 1. 4 Kehon rakenteen vaikutus riippuvuuksiin *31*
 4. 2 Mittausten luotettavuus *31*
 4. 2. 1 Riippuvien variaabeleiden reliabilius *31*
 4. 2. 2 Riippumattomien variaabeleiden reliabilius *34*
5. Tulokset *35*
 5. 1 Liikkeen kuvaaminen *35*
 5. 1. 1 Riippuvien variaabeleiden faktorirakenne (I) *35*
 5. 1. 2 Transformaatioanalyysit *44*
 5. 1. 3 Riippumattomien variaabeleiden faktorirakenne; fyysinen kunto *46*

- 5. 1. 4 Riippumattomien variaabeleiden faktori-
rakenne; persoonallisuus, spatiaalis-visuaali-
suus ja psykomotoriikka 49
- 5. 2 Liikemuuttujien selitysyhteydet 50
 - 5. 2. 1 Regressioanalyysit, toinen mittaus 52
 - 5. 2. 2 Regressioanalyysit, neljäs mittaus 53
- 5. 3 Liikesuorituksen muuttuminen kuormitustilanteessa
53
 - 5. 3. 1 Kuormituksen vaikutus 54
 - 5. 3. 2 Kuormituksen ja fyysisen kunnon yhdys-
vaikutukset 56
 - 5. 3. 3 Kuormituksen ja muiden riippumattomien
tekijöiden yhdysvaikutukset 59

II

*Kymmenen viikon kestävyysharjoittelun vaikutuksesta
liikkeen ominaispiirteisiin sekä niiden muutoksiin
kuormitustilanteessa*

*Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko
yhdessä Pekka Sarviharjun kanssa*

- 1. Johdanto tutkimuksen toiseen osaan 64
- 2. Ongelmat ja hypoteesit 66
- 3. Menetelmät 67
 - 3. 1 Koehenkilöt ja koeasetelma 67
 - 3. 2 Kestävyysharjoittelu ja sen suorittaminen 69
 - 3. 3 Variaabelit 69
- 4. Tietojenkäsittely 70
 - 4. 1 Mittausten luotettavuus 70
 - 4. 2 Tilastolliset analyysit 70
- 5. Tulokset 73
 - 5. 1 Harjoittelun yleinen vaikutus fyysiseen kuntoon
ja CRT-pistemääriin 73
 - 5. 2 Kuormituksen ja harjoittelun vaikutus liikkeisiin 76
 - 5. 2. 1 Kuormituksen ja harjoittelun omavaikutus
76
 - 5. 2. 2 Kuormituksen ja harjoittelun yhdysvaikutus
76
 - 5. 2. 3 Keskihajontojen muutosten vertailu 80
 - 5. 2. 4 Liikevariaabeleiden faktorirakenne (II) 83
 - 5. 2. 5 Faktorirakenteen muutokset 84

III

Loppukatsaus ja pohdinta: liike, kunto ja kuormitus
Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko

1. Kokoava katsaus tuloksiin 89
 1. 1 Liikkeen ominaispiirteiden kuvaus 89
 1. 2 Liikkeen ominaispiirteiden psykofyysiset selitysyhteydet 89
 1. 3 Kuormituksen aiheuttamat muutoksen liikkeen ominaispiirteisiin 90
 1. 4 Fyysinen kunto ja muut yksilöominaisuudet kuormitusvaikutusta modifioivina tekijöinä 91
 1. 5 Kestävyysharjoittelu ja liikkeen ominaispiirteet 92
 1. 6 Kuormituksen vaikutus liikkeen ominaispiirteisiin ennen kestävyysharjoittelua ja sen jälkeen 92
2. Pohdinta 93
3. English summary 102
 3. 1 Background of the study 102
 3. 2 Correlates for and factor structure of the characteristics of the movement 103
 3. 3 Psychomotor loading and the movement 104
 3. 4 Endurance conditioning and the effect of psychomotor loading 105

Lähteet 106

Liitteet 111

LIITTEET

1. Variaabeli- ja faktoriluetelo.
2. Koeliikkeen instruktio.
3. Instruktio Valintareaktio- eli CRT-kokeen ja koeliikkeen harjoittelua varten.
4. Valintareaktio- eli CRT-kokeen instruktio.
5. Valokuvien mittausjärjestelyjen periaatepiirros.
6. Variaabeleiden kuvaus; riippuvat muuttujat.
7. Variaabeleiden kuvaus; riippumattomat muuttujat.
8. Kuntotestien instruktio.
9. Rotatoimattomat faktorilataukset; riippuvat muuttujat, $n = 30$.
10. Riippuvien muuttujien faktorianalyysien (kaikki mittaukset, $n = 4 \times 30$) faktoripistemäärien sisäiset korrelaatiot toistettujen mittausten välillä.
11. Kaikkien mittausten ($n = 4 \times 30$) sekä 2. ja 5. mittauksen ortogonaalisten faktorirakenteiden vertailu symmetrisellä transformaatioanalyysillä.
12. Riippuvien muuttujien faktorianalyysien ortogonaalisten (varimax) ratkaisujen faktorien väliset kongruenssikertoimet.
13. Symmetrisen transformaatioanalyysin päätulokset vertailussa 4—2 ja 5—2.
14. Symmetrisen transformaatioanalyysin perusteella laskettujen residuaalikoarianssikertoimien pääkomponenttianalyysit.
15. Riippuvien muuttujien (1—20) ja faktoreiden korrelaatiot riippumattomiin muuttujiin (21—48) ja faktoreihin 2. ja 4. mittauksessa; $n = 30$.
16. Regressioanalyysin tulokset 2. ja 4. mittauksessa, alkukoe.
17. Pistemäärien keskiarvot ja standardipoikkeamat eri mittauksissa alkukokeessa. Riippuvat variaabelit.
18. Harjoituskertojen määrät ja sijoittuminen harjoituskaudelle.
19. Kuormituskokeiden ja harjoittelujakson aikataulu koehenkilöittäin eri ryhmissä.
20. Riippuvien muuttujien mittaaminen.
21. Valokuvista mittauksia varten määritetyt vakio pisteet ja liikeradat.
22. Analyysiin mukaan otetut suoritukset.
23. Kolmen tekijän varianssianalyysien taulukot.
24. Toistettujen mittausten keskiarvot ja standardipoikkeamat; $n = 24$.
25. Keskihajonnat alku- ja loppukokeen toistetuissa mittauksissa.
26. Rotatoimattomat faktorimatriisit. Riippuvat variaabelit, alku- ja loppukoe; $n = 24$.
27. Alkukokeen 2. mittauksen ja muiden mittausten varimax-matriisien väliset kongruenssikertoimet.
28. Kongruenssikertoimet transformaatioanalyysin jälkeen. Vertailut 2. mittaukseen.
29. Rakennepoikkeamat muuttujittain symmetrisen transformaatioanalyysin perusteella.
30. Symmetriset transformaatioanalyysit. Rakennepoikkeamien summat eri analyyseissa ja niiden jakautuminen faktoreittain.

CONTENTS

Preface

I

*Characteristics of the gross-body movement, their correlates
and changes in these characteristics, and correlates
during a loading situation*

by Juhani Kirjonen and Heikki Rusko

1. Starting point *Page 15*
2. Problems and hypotheses *21*
3. Methods *23*
 3. 1 Subjects and the experimental design *23*
 3. 2 Dependent variables *25*
 3. 3 Independent variables *27*
 3. 3. 1 Physical fitness *28*
 3. 3. 2 Extraversion and neuroticism *28*
 3. 3. 3 Spatial-visualization and reaction time *28*
 3. 3. 4 Choice Reaction Time Test *29*
4. Data processing *30*
 4. 1 Quantification of the movement *30*
 4. 1. 1 Measurements *30*
 4. 1. 2 Distribution of the variables *30*
 4. 1. 3 Linearity of the relationships *31*
 4. 1. 4 Effect of body constitution on the inter-correlations *31*
 4. 2 Reliability of the measurements *31*
 4. 2. 1 Reliability of the dependent variables *31*
 4. 2. 2 Reliability of the independent variables *31*
5. Results *35*
 5. 1 Description of the movement *35*
 5. 1. 1 Factor structure of the dependent variables (I) *35*
 5. 1. 2 Transformation analyses *44*
 5. 1. 3 Factor structure of the independent variables; physical fitness factors *46*

- 5. 1. 4 Factor structure of the independent variables; personality factors, spatial-visualization factors and psychomotor factors 49
- 5. 2 Correlates of the movement variables 50
 - 5. 2. 1 Regression analyses, second measurement 52
 - 5. 2. 2 Regression analyses, fourth measurement 53
- 5. 3 Changes in the movement as a result of the loading situation 53
 - 5. 3. 1 Effect of loading 54
 - 5. 3. 2 Interactions of the loading and physical fitness factors 56
 - 5. 3. 3 Interactions of the loading and other independent factors 59

II

Effect of ten weeks' endurance conditioning on characteristics of the gross-body movement and on changes in these characteristics during a loading situation

by *Juhani Kirjonen* and *Heikki Rusko*
in collaboration with *Pekka Sarviharju*

- 1. Introduction to the second part of the study 64
- 2. Problems and hypotheses 66
- 3. Methods 67
 - 3. 1 Subjects and design 67
 - 3. 2 The execution of training 69
 - 3. 3 Variables 69
- 4. Data processing 70
 - 4. 1 Reliability of the measurements 70
 - 4. 2 Statistical analyses 70
- 5. Results 73
 - 5. 1 General effect of conditioning on physical fitness and CRT-scores 73
 - 5. 2 Effect of loading and training on movement 76
 - 5. 2. 1 Main effects of loading and conditioning 76
 - 5. 2. 2 Interactions of loading and conditioning 76
 - 5. 2. 3 Comparisons of changes in standard deviations 80
 - 5. 2. 4 Factor structure of the movement variables (II) 83
 - 5. 2. 5 Alterations in factor structure 84

III

*A concluding survey and discussion: movement,
fitness and loading*

by *Juhani Kirjonen* and *Heikki Rusko*

1. A survey of results 89
 1. 1 Description of the movement 89
 1. 2 Psychophysical correlates of the characteristics of the movement 89
 1. 3 Changes in the characteristics of the movement as a result of the loading situation 90
 1. 4 The impact of physical fitness and other subject characteristics upon the effect of loading 91
 1. 5 Changes in the movement observed in different subgroups of subjects after endurance conditioning 92
 1. 6 Changes in the scores for the different subgroups as a result of the loading situation in the initial and final experiment 92
2. Discussion 93
3. English summary 102
 3. 1 Background of the study 102
 3. 2 Correlates for and factor structure of the characteristics of the movement 103
 3. 3 Psychomotor loading and the movement 104
 3. 4 Endurance conditioning and the effect of psychomotor loading 105

References 106

Appendices 111

APPENDICES

1. List of variables and factors.
2. Instructions for the experimental movement.
3. Instructions for the practising of the Choice Reaction Time-test and the experimental movement.
4. Instructions for the Choice Reaction Time (CRT)-test.
5. Schematic drawing of the constructions for the analysis of photographs.
6. Description of variables; dependent variables.
7. Description of variables; independent variables.
8. Instructions for the physical fitness tests.
9. Unrotated factor loadings; dependent variables, $n = 30$.
10. Internal correlations of dependent factor scores between repeated measurements.
11. The symmetric transformation analyses. The comparison of factor structures based on all measurements and 2nd and 5th measurement.
12. Coefficients of congruence between orthogonal factors of 1st, 2nd, 4th and 5th measurements.
13. The main results of the symmetric transformation analyses.
14. The component analyses of residual covariances.
15. Correlations between dependent (1—20) and independent (21—48) variables and factors. 2nd and 4th measurement; $n = 30$.
16. Results of the regression analyses. 2nd and 4th measurement, initial experiment.
17. Means and standard deviations of primary scores in the initial experiment. Dependent variables.
18. The amount and schedule of endurance exercises during the conditioning period.
19. The individual schedule of the experiments and the Conditioning period.
20. Quantification of the dependent variables.
21. The paths and standard coordinates of the movement photorecordings.
22. The measurements included in the analyses.
23. Summary tables of analyses of variance; three factor experiment.
24. The means and the standard deviations of the repeated measurements; $n = 24$.
25. The standard deviations of repeated measurements in the initial and final experiments (primary scores).
26. Unrotated factor matrices. Dependent variables, initial and final experiment; $n = 24$.
27. The coefficients of congruence between the varimax-matrices of 2nd measurement in the initial experiment and other measurements.
28. The coefficients of congruence after the transformation analyses.
29. The coefficients of structural deviations according to the symmetric transformation analyses.
30. Symmetric transformation analyses. The sums of the coefficients in different analyses and their distribution by the factor.

ESIPUHE

Tämän kaksiosaisen tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää ihmisen kokonaisliikkeen kinemaattista analyysimenetelmää sekä selvittää liikkeen ominaispiirteiden riippuvuuksia motorisen suorituksen kannalta merkityksellisiin fyysisiin ja psykologisiin yksilömuuttujiin. Erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, mikä on fyysisen kunnon merkitys psykomotorista kuormitusvaikutusta modifioivana tekijänä.

Tutkimus on toteutettu Jyväskylän yliopiston Psykologian, Kansanterveyden ja Liikuntabiologian laitoksen välisenä yhteistyönä. Kansanterveyden laitoksen esimiestä Jeddi Hasania kiitämme rohkaisusta, avusta ja kritiikistä, jota koko tutkimuksen ajan olemme häneltä saaneet. Pentti Pitkänen on monin neuvoin ja keskusteluin auttanut tutkimuksen edistymistä erityisesti tilastollisen tuloskäsittelyn kysymyksiä ratkaistaessa. Kiitämme tästä avusta.

Isto Ruoppila ja Veikko Heinonen ovat lukeneet käsikirjoituksen ja esittäneet tärkeitä huomautuksia ja parannusehdotuksia siihen. Keskustelut Raimo Konttisen kanssa ovat olleet hyvin hyödyllisiä monien metodisten näkökohtien selventämiseksi.

Aimo Huhtala Puolustusvoimien Pääesikunnan psykologiselta osastolta on luovuttanut ystävällisesti koehenkilöitä koskevat soveltuvuus- ja valintatestien tulokset käytettäviksi.

Koehenkilöiden saaminen ja tutkimuksen toteuttaminen on ollut mahdollista vain Ilmav. RUK 39:n taistelunjohtolinjan oppilaiden sekä Ilmavoimien Viestikoulun ja Ilmasotakoulun myönteisen suhtautumisen ansiosta, josta kiitämme.

Tutkimuksen työnjako on ollut seuraava. Juhani Kirjonen on vastannut suunnittelusta ja toteutuksesta sekä tehtävien koodinoinnista. Käsikirjoitus on pääosiltaan hänen laatimansa. Heikki Rusko on kirjoittanut menetelmiä koskevat kappaleet I. 3 ja II. 3 sekä yhteisesti Kirjosen kanssa kappaleet I. 1, I. 2 ja II. 2. Liikemuuttujien, kuvioiden ja taulukoiden suunnittelu samoin kuin käsikirjoituksen tarkistaminen on tapahtunut tekijöiden yhteistyönä.

Tietojen kerääminen on liikemuuttujien sekä kunnon ja valintareaktiokokeen variaabeleiden osalta suoritettu Pekka Sarvi-

harjun suunnitteleman ja toteuttaman koejärjestelyn yhteydessä, joka liittyy hänen lisensiaattitutkielmaansa ”*Kestävyysharjoittelun vaikutukset eräisiin biokemiallis-fysiologisiin muuttujiin tietyissä psykofyysisissä kuormitustilanteissa*”. Hän on myös kirjoittanut Liitteessä 2 ja 3 esitetyt instruktiot. Sarviharjun tutkimusselostesta ja sen perusmateriaalista on saatu tiedot, jotka koskevat koehenkilöiden pituutta, painoa ja työsykkeitä testeissä, mittaustilanteiden yhdenmukaistamista, kestävyysharjoittelun toteuttamista sekä tutkimuksen aikataulua.

Tutkimuksen toteuttamiseen ovat lisäksi vaikuttaneet monet henkilöt, joiden asiantuntemus ja apu on ollut ratkaisevan tärkeää. Annikki Poutiainen on laatinut ne tietokoneohjelmat, joiden avulla liikeanalyysia on nopeutettu. Hän on tarkistanut tätä koskevan osan käsikirjoituksesta. Erkki Mattila on valvonut motorisen kunnan testien suoritukset sekä tarkistanut niitä koskevat ohjeet. Risto Nieminen on avustanut harjoittelun transfer-vaikutuksen analysoinnissa ja tulokäsittelyssä. Aaro Sorsa on rakentanut tutkimuksessa käytetyn valintareaktiokoe-laitteiston Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksen käyttöä varten. Tutkimusaineiston keräämisessä ovat auttaneet Sirkka Aunola ja Eeva Hokkanen sekä puhtaaksikirjoittamisessa ja piirrostoissa Anneli Kautto, Anja Niskanen ja Terttu Pylvänäinen.

Käsikirjoituksen kieliasun ovat tarkastaneet Leena Koppinen ja Rauno Velling sekä englanninkielisten käännösten osalta Andrew Chesterman.

Opetusministeriö on liikuntatieteellisistä varoista tukenut tätä tutkimusta taloudellisesti Kasvatustieteiden Edistämisseura r.y:lle sekä Liikunnan ja Kansanterveyden Edistämisseurille myönnettyin toiminta-avustuksin. Jyväskylän yliopiston rehtori on myöntänyt Juhani Kirjoselle nuorten tieteenharjoittajain apurahan vuodeksi 1969 tätä tutkimusta varten.

Jyväskylän yliopistoa kiitämme käsikirjoituksen julkaisemisesta sarjassa *Studies in Sport, Physical Education and Health*.

Jyväskylässä, huhtikuussa 1971

Tekijät

I Liikkeen ominaispiirteistä ja näiden muutoksista kuormitustilanteessa

Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko

1. TUTKIMUKSEN LAHTÖKOHTA

Tämä seloste on viimeisin vaihe tutkimusohjelmasta, joka aloitettiin vuonna 1963 ja jonka yhtenä tavoitteena silloin oli ensisijaisesti kokeilla ja kehittää ihmisen kokonaismotoriikan mittaamiseen soveltuvia optisia tallennus- ja analysointimenetelmiä. Pääkysymyksenä, jota oli tarkoitus ryhtyä kokeellisesti selvittämään, oli, mitä suorituksellisia muutoksia opetuksella ja harjoittelulla on mahdollista saada aikaan kokonaismotorisessa liikkeessä, esimerkkinä jokin liikunnallinen taito. Metodiset vaikeudet olivat kuitenkin suuria ja työn jatkaminen näytti kyseenalaiselta. Joitakin vuosia aikaisemmin oli ilmestynyt muutamia lupaavilta näyttäneitä tutkimuksia (Jones et al. 1958 a ja b, 1959, 1961), joissa oli sovellettu stroboskooppista valokuvaustekniikkaa käyttämällä värikoodausta ajoitustutkimuksen kannalta aivan välttämättömän vaiheanalyysin ratkaisuna. Näistä saatua metodista esikuvaa noudattaen tehtiin uusi tutkimussuunnitelma. Tutkimuksen ensisijaisia tehtäviä olivat metodii-kan kehittäminen ja kokonaismotorisen liikesuorituksen kuvailu kinemaattisten muuttujien avulla. Jo alkuvaiheessa kävi ilmeiseksi, että lyhytaikaisen taitoharjoittelun aiheuttamien ja intensiteetiltään todennäköisesti vähäisten muutosten tutkimisen asemasta olisi aluksi selvitettävä muita, helpommin mitattavia muutosilmiöitä. Ihmisen motorii-kan reagoiminen kuormittamiseen riippuvana ja hänen fyysinen kuntonsa riippumattomana, kontrolloituna tai vaihdeltavana muuttujaryhmänä valittiin tutkimuksen pääkohteeksi. Tutkimusohjelmalla on näin ollen alusta lähtien ollut varsin teoreettinen ja metodinen viitekehys. Ensimmäisen tietoa-aineiston analysointi on kestänyt useita vuosia. Sen lopputulos on kaksi selostetta, joista ensimmäinen (Kirjonen 1970 a) käsittelee pääasiassa tutkimusmetodisia havaintoja, liikkeen kinemaattisen kuvauksen yleisiä ulottuvuuksia sekä näiden yhteyksiä fyysisen toimintakykyisyyden (kunnan) tekijöihin

kuormitustilanteessa. Toisessa selosteessa (Kirjonen 1970 b) tarkastellaan tätä yksityiskohtaisemmin fyysisen kuormituksen (polkupyöräergometrityö) vaikutuksia motoriikan eri ulottuvuuksilla ja pyritään tekemään selitysyhteyksiä fyysisen kunnan väliintulevasta vaikutuksesta tiettyihin muutosilmiöihin.

Monivaiheisen tulosten analysoinnin ja tilastollisen käsittelyn kuluessa välitulokset — tai niiden puuttuminen — herättävät jatkuvasti uusia kysymyksiä tai ainakin tarvetta uusia ja tarkistaa tiettyjä ongelmanasettelun tai metodisten ratkaisujen kohtia.

Tämän tutkimuksen tehtävänasettelua ovat voimakkaasti ohjanneet koko tutkimusohjelman edellisten osien toteuttamisen kuluessa etualalle kohonneet kysymykset.

Tutkimuksen tärkeimmät tavoitteet ovat:

1. *Liikkeen ominaispiirteiden psykofyysisten selitysyhteyksien kartoittaminen.*
2. *Psykomotorisen kuormituksen liikkeen kinemaattisissa ominaispiirteisissä aiheuttamien muutosten tarkastelu.*
3. *Kestävyysharjoittelun näitä muutoksia modifioivan yhdysvaikutuksen selvittäminen.*

Yksilöiden välisiä liikesuoritusten eroja on arveltu voitavan selittää fyysisen toimintakykyisyyden ja toisaalta psyykkisten ominaisuuksien eroilla. Jonesin ja Hansonin tutkimuksessa (1961) todettiin ”hyvän koordinaation” omaavien koehenkilöiden istumasta seisomaan nousu -liikesuorituksen olevan nopeampi, liikkeen laajuuden olevan pienempi ja käsien hyväksikäytön suurempi kuin ”huonon koordinaation” koehenkilöillä. Koehenkilöille oli kuitenkin annettu ohjeeksi suorittaa liike niin nopeasti kuin mahdollista. Tämän tutkimusohjelman aikaisemmassa osassa (Kirjonen 1970 a), jossa koeliikkeenä oli istumasta nousu korokkeelle, ei koehenkilöille annettu nopeusinstruktioita. Tulosten mukaan vapaissa kokonaisliikkeissä havaittavia eroja ei voida selittää yksinomaan fyysistä kuntoa edustavilla variaabeleilla tai faktoreilla. Esiintyneistä korrelatiivisista yhteyksistä suurimmat olivat pituuden ja raskasliikkeisyyden faktorin (positiivisia) sekä kestävyuden ja käden liikkeiden faktorin (negatiivisia) välillä. Alhaisia positiivisia korrelaatioita oli myös yleisen voimakkuus- ja liikkumistehokkuusfaktorin ja liikkeen tempon faktorin välillä.

Kirjallisuudessa näyttää esiintyvän ilmaisuliiketutkimuksia lukuunottamatta varsin vähän selvityksiä persoonallisuuden, psykomotoristen ja spatiaalis-visuaalisten tekijöiden yhteyksistä kokonaisuomotorisiin suorituksiin (Takala et al. 1964, Howell & Alderman 1967). Sama koskee myös näiden tekijöiden mahdolli-

sia vaikutuksia kuormitustilanteissa. Alluisi (1969) viittaa lyhyesti näihin kysymyksiin luodessaan yleiskuvaa useita tunteja yhtäjaksoisesti toistettavien tehtävien tutkimuksessa huomioon otettavista näkökohdista.

Eysenck (1956) ja Brengelmann (1957) toteavat, että ekstraservoasteikolla korkeita pistemääriä saavilla on taipumusta osoittaa motoriikassaan suurempaa vaihtelevuutta ja laaja-alaisuutta kuin introverteiksi luokitelluilla koehenkilöillä. Tämä ilmaisisi myös, että ekstraverttien suoritukset olisivat introverttien suorituksiin verrattuina vähemmän tehokkaita ja suorituskorosteisia. Brengelmann (1968) on esittänyt katsauksen tutkimuksiin, joissa on selvitetty neuroottisuuden ja psykomotoristen suoritusten välisiä yhteyksiä. Tutkimustulokset jotka koskevat yleensä käsittelymotoriikkaa ja taitosuorituksia, osoittavat neuroottisilla ilmenevän keskimääräistä enemmän psykomotorista disorganisaatiota monimutkaisissa mutta ei yleensä yksinkertaisissa tehtävissä. Samoin on todettu, että normaaleilla koehenkilöillä on kuormitustilanteessa (ahdistuneisuutta lisäävä tekijä) taipumusta lisätä yksinkertaisen vastaussuorituksen nopeutta ja amplitudia sekä vähentää sen tarkkuutta (Castaneda 1956, Ross et al. 1954, Wassenaar 1964). Näin ollen voidaan myös olettaa, että kuormituksen häiriövaikutukset näkyisivät myös kokonaismotoriikassa erityisesti keskimääräistä neuroottisemmilla henkilöillä.

Yksinkertaisen kokonaisliikkeen keskeiset ominaispiirteet ovat osoittautuneet suhteellisen vakioisiksi mitattaessa liikettä pitkienkin aikavälien kuluttua (Rimoldi 1950, Jones & Hanson 1961). Tämä koskee mitä suurimmassa määrin myös käsittelymotoriikkaa. Soveltavan psykologian psykomotoriikan, ilmaisuliikkeiden ja työliikkeiden tutkimuksen voi itse asiassa katsoa perustuvankin metodiensa osalta ihmisen reaktioiden vakioisuuden, sisäisen jäsentyneisyyden ja ennustettavuuden varaan. Liikkeissä todettavia henkilön ulkopuolisen kuormitustilanteen aiheuttamia muutoksia voidaan tarkastella esimerkiksi näillä tutkimusalueilla käytettyjen perusmuuttujien kinemaattisten sovellutusten avulla (Kirjonen 1970 a). Nämä muuttujat tai muuttujaryhmät liittyvät tavallisesti liikkeen aikaan, nopeuteen, nopeuden vaihteluun, liikeratojen muotoon ja laajuuteen, liikejaksojen ajoitukseen jne.

Liikkeen tutkimuksen yhdellä sovellutusalueella, työntutkimuksessa liikettä on tarkasteltu pääasiassa liikekoneiston eri osien toiminnan tehokkuuden ja taloudellisuuden kannalta (Barnes 1963, Hasselqvist, Söderström & Wiklund 1965, McGormick 1965). Liikkeen kinemaattisilla ominaispiirteillä voi kuitenkin odottaa olevan yhteyksiä myös toimintojen oppimi-

seen. *Liikettä voidaan tällöin pitää tehtävänä, jonka suorittamiseen voidaan soveltaa erilaisia metodeja tai strategioita, jotka vaihtelevat yksilöstä toiseen* (Bernstein 1967, Crossman 1959, Oeser 1936). Kinemaattisten variaabeleiden lähimpiä yhteyksiä voikin etsiä spatiaalis-visuaalisten ja psykomotoristen tekijöiden suunnalta huolimatta siitä, että ei-verbaalisten kykyjen dimensiot ovat osoittautuneet varsin eriytyneiksi (Fleishman 1967, Fleishman & Hempel 1956, Vernon 1964, Smith 1964).

Toisen maailmansodan jälkeen on spatiaalis-visuaalisten ja kompleksisten koordinaatiotestien tuloksia yhä enemmän käytetty lentäjien ja sittemmin yleensä ajoneuvojen kuljettajien valintaperusteina (Melton 1947, Gagne & Fleishman 1959). Tuntuukin mahdolliselta, että niiden mittaamalla ominaisuuksilla olisi merkitystä myös sellaisen tutkimuksen kentässä, joka kohdistuu ihmisen kokonaismotoriikkaan yhteydessä oleviin tekijöihin kuormitustilanteessa.

Kuormituksen vaikutukset keskushermoston säätelyihin motorisiin suorituksiin tulkitaan yleensä kahdella päämallilla. Welfordin (1968) mukaan afferenttien ratojen aivoihin tuoman impulssivirran jatkuvasti kasvaessa tämän aivojen sisäistä toimintaherkkyyttä aluksi edistävä vaikutus lisää myös jatkuvasti kohinaa (eng. noise). Kohina puolestaan rajoittaa suoritusten kannalta olennaisten hermokanavien kykyä välittää nopeita ja tulkittavia sanomia. Kysymys on siis keskushermoston toimintaherkkyyttä parantavan ja toisaalta kanavien sanomiensiirto-kykyä alentavan vaikutuksen välisestä tasapainotilan säilymisestä tai muutoksesta. Ns. aktivaatioteorian edustajat (Lindsley 1960, Hebb 1955) pitävät formatio reticularista tärkeimpänä arousal-tilan tuottojärjestelmänä, jolla on vaikutuksia sekä aivojen että selkäytimen suunnassa. Kaikilla afferenteilla radoilla on yhteyksiä tähän järjestelmään.

Aktivaatiotason nousun on todettu lisäävän liikkeen suoritusnopeutta ja suorituksen vaihtelevuutta ja epävarmuutta ja vähentävän tarkkuutta ja koordinaatiota (Duffy 1957 ja 1962, Deese 1962). Deesen mukaan häiriöt näkyvät erityisesti taitoa vaativissa suorituksissa. Motorinen käyttäytyminen saattaa kuormitustilanteen alkaessa ja sen kuluessa heijastaa vastaavalla tavalla toimintaherkyyden muutoksia kuin Germanan (1969) mainitsevat autonomiset fysiologiset reaktiot sähköstimulaatiokokeissa. Elimistön vastauksia toimintaherkyyden lisääntyessä (Gellhorn 1967) luonnehtivat sympaattis-adrenaliinikiihottuminen, lisääntynyt lihastonius, EEG-desynkronisaatio ja valppauden kohoaminen, jota osoittaa mm. aistiherkyyden lisääntyminen, lihastoiminnan nopeutuminen ja samanaikainen lihaskoordinaation paraneminen (ns. ergotrooppiset oireet).

Lihastoimintojen osalta Gellhorn korostaa erityisesti gamma-efferenttijärjestelmän tärkeää osuutta aktiivisuuden säätelytehtävissä.

Neurofysiologisten yhtymäkohtien kanssa samansuuntaisia tuloksia on saatu aikaisemmin mainituissa aktivaatioteoriaan liittyvissä tutkimuksissa. Äskettäin on Germana (1968 ja 1969) todennut oppimiskokeissa tiettyjen aktivaatiotason mittareiden kuten GSR:n osoittavan tason kohoamista tehtävän suorittamisen jatkuessa. Tulos on saatu nimenomaan kokeissa, jotka sisältävät erillisvastausten antamista ärsykkeisiin tai ärsykesarjoihin ja joissa koehenkilö jatkuvasti tekee virheitä pyrkiessään saavuttamaan oppimiskriteerin. Vastauksen epävarmuus pitää Germanan mukaan yllä jatkuvaa aktivaatiotason kohoamista. Kysymys onkin itse asiassa tehtävän säilymisestä jatkuvasti "uutena", koska oikeiden vastausvaihtoehtojen erottaminen muista vaihtoehdoista on vaikeaa ja tuottaa siten virheitä. Oppimiskriteerin saavuttaminen sen sijaan aiheuttaa "uutuuden" vähenemisen ja habituotumisreaktion sekä aktivaatiotason laskun. Kirjosen mukaan (1970 a) fyysisen kuormituksen vaikutus ilmenee heti kuormitustilanteen jälkeen tehdyn liikkeen nopeutumisenä ja samalla epäsäännöllisyyden ja vaihtelevuuden lisääntymisenä. Samaan suuntaan viittaa Hammertonin ja Ticknerin (1968) tutkimus fyysisen kuormitustilanteen vaikutuksesta käsimotoriikkaan. Psykkisen kuormituksen vaikutuksia ovat selvittäneet Rey ja Rey (1963), jotka totesivat naputuskokeen tahdin aikaisempaa epäsäännöllisemmäksi, reaktioajan kasvavan ja Critical flicker fusion-tason alenevan heti 45 minuuttia kesäteen yliviivauskokeen jälkeen tehdyissä mittauksissa. Welfordin aikaisemmin esitetyn tulkinnan perusteella primääristi sentraaliset vaikutukset olisivat kuormituksen laadusta riippumatta samanlaisia. Hellebrandtin ja Waterlandin mukaan (1962) kuormitustilanteiden aiheuttamissa yksilön reaktioissa on selviä interindividuaalisia eroja, jotka säilyvät vakioisina tilanteesta toiseen. Kuormituksen suureneminen progressiivisesti aiheuttaa motoristen reaktioiden vahvistumista siten, että ylimääräiset liikkeet lisääntyvät (esim. Darcus 1953). Michonin tutkimuksessa (1966) valintavaihtoehtojen lisääminen ja diskriminaation vaikeuttaminen valintareaktiokokeessa lisäsivät samanaikaisesti toisella kädellä tehdyn naputuksen epäsäännöllisyyttä. Pitkäaikaisten kuormitustilanteiden aiheuttamissa aktivaatioreaktioissa saattaa tapahtua habituotumista, jolloin kuormittavan tekijän aiheuttamat vaikutukset saattavat ehkäistyä (Lindsay 1960, Wilkinson 1969).

Afferenttien ärsykkeiden voimakkaalla lisääntymisellä näyttää mainittujen tutkimusten perusteella olevan toiminnallista

disorganisaatiota lisäävää vaikutusta erilaisten tehtävien suoritus-tilanteissa, joissa vaaditaan liikeosien sujuvaa kombinoitua ja ajoitusta.

Aikaisemmin mainitun aineiston jatkoanalyysissä (Kirjonen 1970 b) pyrittiin selvittämään tarkemmin lihastyön aiheuttamia muutoksia liikkeen ominaispiirteissä fyysiseltä kunnoltaan eri tasoilla henkilöillä. Voitiin todeta, että tehokkuusfaktoreissa *alhaisia* pistemääriä saaneiden liikkeen nopeus ja radan laajuus lisääntyivät. Toisaalta *korkeita* pistemääriä yleisellä voimakkuus-
tehokkuuden ja kestävyuden faktoreilla saaneitten liikkeen nopeus myös kasvoi. Näin ollen sekä matalat tehokkuuspistemäärät että korkeat yleisen voimakkuus-
tehokkuuden ja kestävyuden pistemäärät olivat yhteydessä liikkeen nopeuden merkitsevään lisääntymiseen. Tulosta tulkittiin yhtäältä lähtien tehtävän asettamista vaatimuksista (heikko tehokkuus — nopeuden ja laajuuden lisääntymistä) ja toisaalta kuormituksen tuottamista erilaisista vaikutuksista (hyvä yleinen kunto — nopeuden lisäys, mutta ei laajuuden tai vaihtelun lisääntymistä).

Havainnot ovat siten samansuuntaisia kuin aikaisemmin mainitussa tutkimuksessa (Hammerton & Tickner 1968), jossa kunnoltaan keskitasoisten henkilöiden suoritus visuomotorisessa sää-
tötehtävässä heikkeni, kun se hyväkuntoisilla pysyi ennallaan. Teichnerin (1968) mukaan onkin perustellusti oletettavissa, että kuormittavien ärsykkeiden vaikutus organismiin ja sen reaktioihin on riippuvainen organismin kunkin hetkisestä fysiologi-
sesta ja psykologisesta tilasta.

Tutkimuksen yksityiskohtaisten ongelmien rajaaminen perustuu tässä katsauksessa mainittujen viitteiden lisäksi ohjelman ensimmäisen osan tuloksiin sekä sen toteuttamisen kuluessa saatuihin herätteisiin.

2. ONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Ongelma 1: *Mitä riippuvuuksia liikkeen ominaispiirteitä kuvaavien variaabeleiden välillä esiintyy ja mitkä ovat keskeiset dimensiot näiden riippuvuuksien faktorikuvauksessa?*

H₁ Variaabelit ryhmittyvät useiksi pysyviksi faktoreiksi, joista keskeisiä ovat liikkeen tempo, liikeratojen laajuutta ja kaarevuutta sekä käsien liikkeitä kuvaavat ryhmät.

Ongelma 2: *Onko liikettä kuvaavien ja eräiden fyysisen kunnon, spatiaalis-visuaalisuuden, psykomotoriikan ja persoonallisuuden variaabeleiden välillä korrelatiivisia yhteyksiä?*

H₁ Liikkeen tempo korreloi positiivisesti fyysiseen kuntoon. Ts. tempon variaabeleiden varianssia selittää tilastollisesti merkitsevin osuuksin yhteiskorrelaatiosta ainakin jalkojen toimintakykyisyyttä mittaava tekijä.

H₂ Liikkeen laajuudella ja kaarevuudella on korrelatiivisia yhteyksiä kuhunkin mainituista selittäjäryhmistä. Ts. kustakin ryhmästä vähintään yksi selittäjä osallistuu merkitsevin osuuksin yhteiskorrelaatioon.

H₃ Käden liikkeillä on korrelatiivisia yhteyksiä kuhunkin mainituista selittäjäryhmistä. Ts. kustakin ryhmästä vähintään yksi selittäjä osallistuu merkitsevin osuuksin yhteiskorrelaatioon.

H₄ Siirryttäessä ennen kuormitusta tehdyistä sen jälkeen toistettuihin liikkeen mittauksiin odotetaan kykytekijöiden ja erityisesti kunnon korrelaatioiden liikevariaabeleihin kasvavan suhteessa persoonallisuuden vastaaviin korrelaatioihin. Ts. liikkeen suorituksen persoonallinen tyyli ja/tai ilmaisulliset piirteet eivät kuormituksen johdosta ilmene yhtä selvinä kuin kykyerot. Viimemainituista yleisimpien tekijöiden merkitys on vähäisin (spatiaalis-visuaalisuuden variaabelit).

Ongelma 3: *Tapahtuuko psykomotorisen kuormitustilanteen seurauksena liikkeen kinemaattisissa ominaispiirteissä mitattavia muutoksia?*

H 1₃ Kuormitus vaikuttaa liikkeen tempoa, ratojen laajuutta ja kaarevuutta muuttavasti. Ts. muutokset ovat tilastollisesti merkitseviä verrattaessa kuormituksen jälkeisiä mittauksia sitä edeltäneisiin mittauksiin mainituissa variaabeleissa.

H 2₃ Selvimät muutokset em. variaabeleiden pistemäärissä tapahtuvat välittömästi ennen kuormitustehtävän alkua tehdystä mittauksesta ensimmäiseen välimittaukseen eli ns. kriittisellä mittausvälillä.

H 3₃ Kuormituksen johdosta liikkeen eri faktoreiden osuudet kokonaisvarianssin selittäjinä muuttuvat siten, että tempon ja liikkeen laajuuden osuus kasvaa muiden osuuden vähetessä. Faktorirakenteen mahdollisista muista muutoksista ei tehdä olettamusta.

Ongelma 4: *Onko fyysisen kunnon, spatiaalis-visuaalisuuden, psykomotoriikan ja persoonallisuuden tekijöillä modifioivaa vaikutusta niihin muutoksiin, jotka kuormitustilanteen seurauksena tapahtuvat liikkeen ominaispiirteissä?*

H 1₄ Muutoksia modifioivat vaikutukset ovat selvimpiä liikkeen tempo, laajuutta ja kaarevuutta mittavissa muuttujissa. Ne ilmenevät varianssianalyysien merkitsevinä yhdysvaikutuksina tai ryhmän omavaikutuksina.

H 2₄ Erityisesti kestävyuden mutta myös tehokkuuden ja pituuden tekijöiden odotetaan modifioivan mainittuja muutoksia. Niitä odotetaan esiintyvän vähemmän keskimääräistä kestävämmillä, tehokkaammilla ja kookkaammilla henkilöillä.

H 3₄ Keskimääräistä korkeampia neuroottisuus- ja ekstrasversiopistemääriä saavat henkilöt reagoivat muita herkemmin kuormitukseen. Ts. muutokset näkyvät varianssianalyysien merkitsevinä yhdysvaikutuksina tai ryhmän omavaikutuksina lähinnä sellaisissa muuttujissa, jotka mittaavat liikkeen organisoitumisen astetta (ajoituksen variaabelit).

3. MENETELMÄT

3.1 Koehenkilöt ja koejärjestelyt

30 nuorta, tervettä, vapaaehtoista koehenkilöä valittiin satunnaisotantaa käyttäen 40:stä psykofysiologisen tarkastuksen perusteella valitusta lentopuuseerikurssin asevelvollisesta. Yksi 40:stä kieltäytyi osallistumasta. Koehenkilöiden ikä vaihteli 19:stä 22:een vuoteen, paino 61,5:stä 76,9:ään kiloon ja pituus 168:sta 184:ään cm:iin.

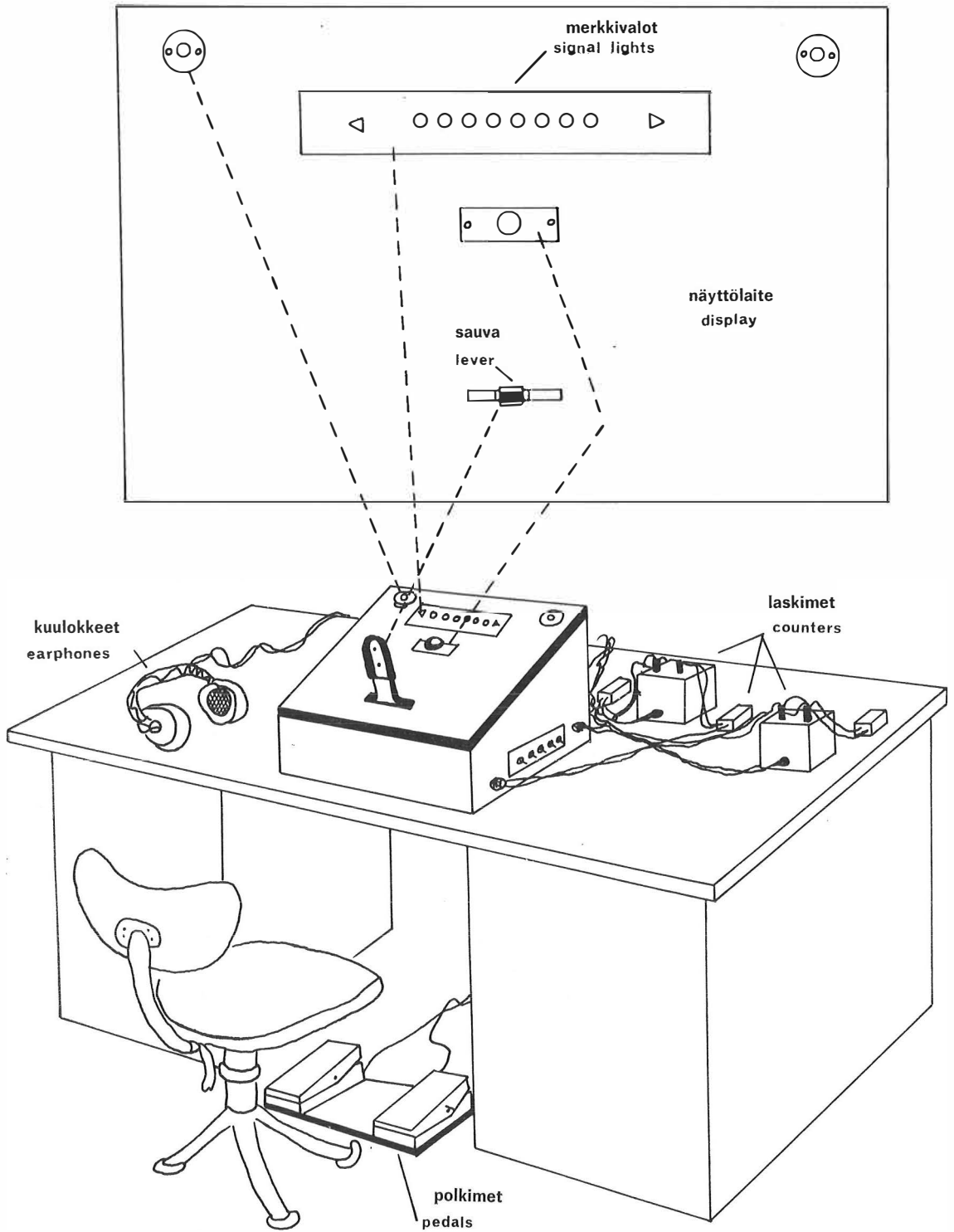
Tutkimusta varten tarvittavat mittaukset tehtiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisellä kerralla valokuvattiin kaksi koeliikettä ennen psykomotorista kuormitusta, kaksi kuormituksen aikana ja kaksi kuormituksen jälkeen. Psykomotorisena kuormituksena oli 54 minuuttia kestävä valintareaktiokoe, joka koostui kahdesta kahden ja kahdesta 25 minuutin pituisesta tehtäväsarjasta. Toisessa vaiheessa suoritettiin fyysisen kunnon testaus.¹ Koeliikkeiden valokuvaus suoritettiin tammi—helmikuussa 1968 Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian ja Kansanterveyden laitosten laboratoriotiloissa ja fyysisen kunnon mittaukset helmikuussa 1968 Ilmavoimien Vieskoulun (Luonetjärven varuskunnan) urheilusalissa Tikkakoskella.

Koeliikkeenä oli yksinkertainen mutta liikekoneiston eri osien yhteistoimintaa edellyttävä tehtävä: tuoilta istumasta nousu seisomaan edessä olevalle 50 cm:n korokkeelle. Koeliike, koeasetelma ja tallennustekniikka on esitetty aikaisemmin (Kirjonen 1970 a ja b).

Valokuvaus suoritettiin viiden metrin etäisyydeltä kuvattavasta, johon oli kiinnitetty erimuotoisia heijastinnauhamerkkejä neljään kohtaan: oikeaan nilkkaan pohjeluun ulkokehrän kohdalle, oikean polven ulkosivulle nivelen keskikohdalle, oikean käden ylemmän rannenivelen kohdalle ja silmäkuopan alareunan ja korva-aukon välisen suoran keskikohdalle. Liikkeen kuvauksessa käytetty laitteisto on konstruoitu Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksessa Jonesin (Jones et al. 1958 a ja b) esikuvan mukaan. Stroboskoopilampun välähtelyn alkaminen oli merkinä koehenkilölle liikkeen aloittamiseksi. Instruktiossa (Liite 2.) korostettiin tavoitteena olevan vapaa, spontaani suoritus.

Psykomotorisena kuormituksena oli 54 minuuttia kestävä nelijaksoinen valintareaktiokoe, jossa käytetty laitteisto on esitetty Kuviossa 1. Koehenkilön oli reagoitava samanaikaisesti sekä näkö- että kuuloärsykkeisiin. Valo- ja äänimerkkejä tuli kumpiakkin ennalta ohjelmoidussa satunnaisjärjestyksessä 25 merkin toistuvina sarjoina. Sarjaan, jonka kesto oli puoli minuuttia, sisältyi 8 reagoitavaa valomerkkiä ja 16 reagoitavaa äänimerkkiä, jotka tulivat toisistaan riippumatta yhtäaikaan tai erikseen. Kaksi ensimmäistä koejaksoa kestivät kumpikin kaksi minuuttia ja kaksi jälkimmäistä 25 minuuttia. Jaksojen välillä oli yhden minuutin pituinen tauko. Valinta-reaktio- eli CRT-laitteisto on rakennettu Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksessa.

¹ Koe ja mittaukset toistettiin kymmenen viikon kestävyysharjoittelujakson kuluttua. Näitä tuloksia käsitellään tämän selosteen II osassa.



KUVIO 1

Valintareaktio- eli CRT-kokeen laitteisto

FIGURE 1

Choice-Reaction-Time-test (CRT) apparatus

Koehenkilöt harjoittelivat valintareaktiokoetta koepäivän aamulla ja saivat puoli tuntia kestäneen selvityksen (Liite 3) käytetystä laitteesta. Samalla selitettiin lyhyesti koeliikkeen suoritus ja siihen liittyvät mittaustoimet. Ennen varsinaista kuormittamista, joka tapahtui samana iltana annettiin vielä lyhyet instruktioit ääninauhalta (Liite 4). Parhaiten valintareaktiokokeessa menestynyt sekä myöhemmin tehdyn ryhmäjaon ryhmien parhaat saivat rahapalkinnon (1.000,— ja 200,—) toisen koekerran jälkeen laskettujen CRT-kokeen yhteispisteiden perusteella.

Kokeen suorittamisesta on seuraavassa esitetty aikataulu¹:

- koehenkilön saapuminen ja vaatteiden vaihto
- näytteiden otto¹
- heijastinmerkkien kiinnitys
- instruktioit koeliikkeestä (Liite 2.)
- harjoitusliike
- 1. koeliike
- 2. koeliike
- instruktioit valintareaktiokoetta varten (Liite 4.)
- 2 minuutin valintareaktiokoejakso
- 1 minuutin tauko
- 2 minuutin valintareaktiokoejakso
- 3. koeliike
- 25 minuutin valintareaktiokoejakso
- 4. koeliike
- 25 minuutin valintareaktiokoejakso
- 5. koeliike
- 6. koeliike
- merkkien poisto
- näytteiden otto¹
- vaatteiden vaihto

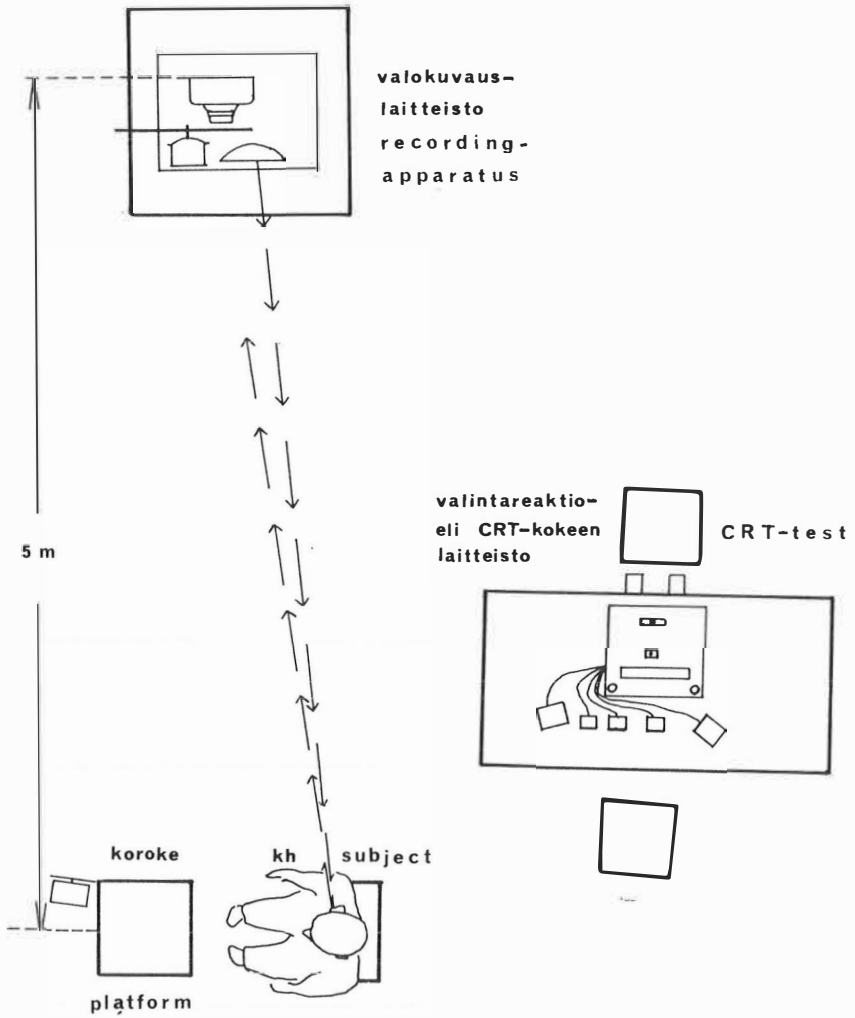
Koeliikkeen kuvauksia varten koehenkilö siirtyi valintareaktiolaitteen äärestä samassa huoneessa olevalle korokeasetelmalle. Koehuoneen pohjakaavio on esitetty Kuviossa 2.

Kokeet tehtiin 22. 1. — 6. 2. 1968 siten, että kunakin iltana mitattiin kolme koehenkilöä ennalta määrättyssä, arvotussa järjestyksessä. Kokeet alkoivat noin klo 17.30 ja varsinainen kuormitustilanne valmisteluineen kesti kunkin koehenkilön osalta suunnilleen 120 minuuttia. (Ks. Liite 19).

3. 2 *Riippuvat variaabelit*

Mittaukset tehtiin millimetriasteikolla projektiotasolle heijastetuista liikesuoritusten valokuvista heijastinmerkkien ilmaisemien liikeratojen perusteella. Heijastetun kuvan pienennysuhde normaaliin verrattuna oli noin 1:7. Valokuvista tapahtuvien mittausjärjestelyjen periaatepiirros on esitetty Liitteessä 5. Muuttujia oli alunperin 23, joista seuraavat 20 otettiin pysyvyyden ja selityskyvyn perusteella lopulliseen analyysiin.

¹ Ennen ja jälkeen koetilannetta koehenkilöiltä otettiin virtsa- ja verinäytteitä P. Sarviharjun tutkimusta varten. Lisäksi kunkin koepäivän toinen ja kolmas koehenkilö kävivät läpi noin 15 minuuttia ennen ja heti kokeen jälkeen adjektiiviluettelon mielialan muutosten mittaamiseksi. Sen tuloksia tarkastellaan toisessa yhteydessä.



KUVIO 2

Kaavakuva liikkeen valokuvauksen järjestelystä.

FIGURE 2

Diagram showing the arrangements for photorecording movement.

- | | |
|---|--|
| 1. Liikeaika (P; P = pään liikerata) | 11. Maksiminopeus (K) |
| 2. Radan pituus (P) | 12. Maksiminopeuden vaihe (K) |
| 3. Keskinopeus (P) | 13. Tukivaihe (J; J = jalan liikerata) |
| 4. Nopeuden varianssi (P) | 14. Latenssi |
| 5. Radan laajuus (P) | 15. Kallistuskulma (P) |
| 6. Radan kaarevuus (P) | 16. Ajoitus (P) |
| 7. Maksiminopeus (P) | 17. Radan laajuus (K) |
| 8. Miniminopeuden vaihe (P) | 18. Radan kaarevuus (K) |
| 9. Maksiminopeuden vaihe (P) | 19. Ajoitus (K) |
| 10. Radan pituus (K; K = käden liikerata) | 20. Liikeaika (J) |

Mitattavia variaabeleita valittaessa on pidetty lähtökohtana niitä kokeuksia, joita aikaisemmista tutkimuksista (Kirjonen 1970 a) on saatu. Erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitetty mittaustarkkuuden parantamiseen ja siihen, että mukana olisi aikaisempaa useampia liikkeen ajoitusta ja osatoimintojen jäsentymistä edustavia variaabeleita, joiden puute on navaattu varsin rajoittavaksi esim. kuormitusefektien kuvauksen kannalta.

Koeliikkeen helpoudesta huolimatta se koostuu koko liikekoneiston eri osien tarkasti jäsentyneestä yhteistoiminnasta, kuten esimerkiksi kävelyn analyyseista voidaan helposti todeta (Bernstein 1967). Tutkittavan tehtävän kaksivaiheisuus näyttää esikokeiden perusteella lisäävän yksilöiden välistä varianssia, mikä on ilmeisesti riippuvainen tehtävän tulkinnasta ja motivaatiosta. Eri henkilöt toteuttavat omalta kannaltaan kullekin sopivinta tai tutuinta strategiaa tehtävän ratkaisussa (Crossman 1959).

Yksityisten variaabeleiden valintaperusteina on ollut pyrkimys ottaa huomioon psykomotoriikan, liiketutkimuksen ja ilmaisuliikkeiden keskeisimmät dimensiot (Kirjonen 1970 a). Esimerkiksi suorituksissa esiintyvän variaation mittaamista on pidettävä varsin tärkeänä kuormituksen indikaattorina (Deese 1962, Weckroth & Häkkinen 1957). Suorituksen kannalta kontralateraalisen käden tahattomia reaktioita piti Luria (1932) jo varhaisissa emotionaalisisa jännitystiloja koskeneissa tutkimuksissaan merkittävinä. Myös tämän tutkimuksen käden liikkeiden variaabelit kuvaavat liiketehtävän kannalta "vapaan" käden samanaikaisia tahallisia ja tahattomia reaktioita.

Mittausten luotettavuutta käsitellään kappaleessa 4. 2. ja Tulukossa 1. Yksityiskohtaiset selitykset muuttujista ja niiden laskemisesta ovat Liitteessä 6.

3. 3 Riippumattomat variaabelit

Muuttujien valinnassa on pidetty tärkeänä sitä, että liikesuoritusten fyysiset edellytykset tulisivat hyvin edustetuiksi (Kirjonen 1970 a). Tästä syystä fyysisen kunnon mittaukset katsottiin tarpeellisiksi huolimatta siitä, että esikokeissa näiden ja liikevariaabeleiden väliset korrelaatiot eivät olleet kovin korkeita. Tästä seikasta on osittain johtunut, että myös muut motoristen suoritusten kannalta läheiset kykyalueet, spatiaalis-visuaalisuus ja psykomotoriikka on otettu huomioon. Spatiaalis-visuaalisten variaabeleiden merkittävimmät korrelaatiot — kaiken kaikkiaan harvalukuiset — onkin todettu motoristen suoritusten suunnassa (French 1951, Smith 1964, Vernon 1964).

Psykomotoriikan ja muiden motoristen tekijöiden välillä voi perustellusti odottaa esiintyvän ainakin lieviä positiivisia riippuvuuksia. Tosin motoriikan alue, varsinkin silloin, kun sitä on kartoitettu hyvinkin kompleksisilla laite-

testeillä, näyttää olevan hyvin eriytynyt. Faktorianalyysien tuloksena saadaan spesifejä tekijöitä, jotka ovat voimakkaasti tehtäväsidonnaisia — usein jopa taidoiksi määriteltävissä (Fleishman 1967, Fleishman & Hempel 1956, Nicks & Fleishman 1964). Psykomotoriikkaa mittaavat tässä tutkimuksessa DRTT:n (Discrimination Reaction Time Test) reaktiovariaabeleiden lisäksi kuormitustehtävän suorituksesta saatavat CRT-kokeen (Choice Reaction Time Test) variaabelit.

Edellä mainittujen kykyalueiden yhteyksien lisäksi on haluttu selvittää alustavasti liikkeen ominaispiirteiden yhteyksiä persoonallisuuteen (Brenghelmann 1957). Tätä varten suoritettiin lisäksi mittauksia EPI (Eysenck Personality Inventory)-lomakkeen suomenkielisellä versiolla, josta aikaisemmin on olemassa verrattain paljon tietoa (Pitkänen 1968, Konttinen 1963 a).

Yksityiskohtaisemmat selitykset variaabeleista ovat Liitteessä 7.

3. 3. 1 Fyysinen kunto

Fyysisen toimintakykyisyyden mittaamiseen käytettiin muutamia kehon *rakennemuuttujia* ja *kuntomuuttujia*, jotka koostuvat pääasiassa motorista kuntoa kuvaavista muuttujista (Kirjonen & Nieminen 1970). Viimemainitut mitattiin toisessa koevaiheessa, jossa ohjeiden (Liite 8) jälkeen ensimmäisenä tehtiin koe polkupyöräergometrillä, jota seurasi 3—10 minuutin kuluttua vauhditon pituushyppy ja sen jälkeen lyhyin välein käsinkohonta, sukkulajuoksu ja selinmakuulta nousu istumaan. Ilmavoimien standardikokeisiin kuulunut puristuksen kesto-muuttuja liitettiin myös kuntomuuttujiin:

21. Vauhditon pituushyppy
22. Käsinkohonta
23. Sukkulajuoksu
24. Selinmakuulta nousu istumaan
25. Työsyke
26. Puristuksen kesto
27. Pituus
28. Paino
29. Säären pituus

3. 3. 2 Ekstraversio ja neuroottisuus

Persoonallisuuden yleiskuvaajana käytettiin Eysenckin laatimaa persoonallisuuden kyselylomaketta, jonka suomenkielisen käännöksen kaksi versiota on laadittu Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksessa (Konttinen 1963 a). Käytetyt asteikot olivat:

30. Ekstraversio
31. Neuroottisuus
32. Valheasteikko

3. 3. 3 Spatiaalis-visuaalisuus ja reaktionopeus

Spatiaalis-visuaalisuutta mittaavat ja niihin liitetyt reaktiokoemuuttujat on mitattu Ilmavoimien psykofysiologisten kokeiden yhteydessä. Tarkat selitykset muuttujista ovat saatavissa puolustusvoimien pääesikunnasta.¹

¹ Testit ovat osa koesarjoja, joita on käytetty mm. koulutuslinjan valinnassa.

	<i>Todennäköinen faktori</i>
33. Tukikohdat	Visual memory VM
34. Kääntelyt	Spatial orientation SO
35. Vaipat	Spatial visualization SV
36. Kieritys	" "
37. Asteikot	Number N, Space S
38. Mekanismit	Mechanical experience ME
39. Tarkkailu	Attention A, Perceptual speed P
40. Reaktioaika (DRT-test)	Reaction time RT
41. Pakkoaika (DRT-Test)	" "
42. Reaktion häiriöt (DRT-Test)	

3. 3. 4 Valintareaktio- eli CRT-koe

Psykomotoristen kykyjen muuttujat koostuvat kuormituksena olleen valintareaktiokokeen tuloksista. Sähköiset laskijat rekisteröivät erikseen näkö- ja kuuloärsykkeisiin annetut reaktiot.

43. Käden valintareaktiopistemäärä (käden CRT- eli choice reaction time-kokeen pistemäärä)
44. Jalan valintareaktiopistemäärä (jalan CRT-pistemäärä)
45. Käden valintareaktioaika (käden CRT-aika)
46. Käden oikeat reaktiot (oikeat — väärät)
47. Jalan valintareaktioaika (jalan CRT-aika)
48. Jalan oikeat reaktiot (oikeat — väärät)

4. TIETOJENKÄSITTELY

4. 1 *Liikesuoritusta koskevat mittaukset*

4. 1. 1 Mittausten toteutus

Mittauspöydälle heijastetuista (Liite 5) valokuvista saadut mittaluvut, kuten liikeratojen perättäisten pisteiden välimatkat, janojen pituudet ja kulmien suuruudet lävistettiin ensin reikäkorteille. Tarkoitusta varten erikseen laaditulla tietokoneohjelmalla laskettiin sitten kunkin variaabelin arvot, jotka samalla siirtyivät uusille korteille. Ennen tilastollisia analyysieja muunnettiin lisäksi variaabelit z-pistemääräksi (Vahervuo 1958) kaikkien mukaan otettujen mittausten (1., 2., 4. ja 5. koeliike) ollessa samanaikaisesti mukana. Variaabeleiden välisten vertailujen lisäksi toistettujen mittausten välisten suhteellisten muutosten samanaikaista vertailua pidettiin muunnettujen arvojen käyttämisen ratkaisevana etuna. Menettelyn avulla on lisäksi mahdollista primaariasteikkojen tasoa paremmin verrata faktoripistemäärien ja variaabelipistemäärien suhteellisiä muutoksia eri mittauksissa.

Kaikista valokuvatuista suorituksista otettiin mukaan 1. ja 2. kerta edustamaan tilanteen alkuvaiheen tasoa ja myös mittausten luotettavuustason määrittämiseksi. 4. suoritusta (kuormituksen välillä) oletettiin ennakolta tilanteen todennäköisesti jyrkimmän muutoksen määrän ja laadun osoittajaksi. 5. suoritus oli tarpeellinen samasta syystä, mutta myös tilanteen loppumisesta mahdollisesti aiheutuvan palautumisen kuvaajana. Kolmas ja kuudes tallennus toimivat varatietoina, teknisten ja muiden epäonnistumisten korjaamiseksi. Tarvittaessa näitä varatietoja käytettiin siten, että 3. mittaus korvasi ensimmäisen ja toisen sekä 6. mittaus neljännen ja viidennen puuttumisen tai virheellisyyden. Mittausten järjestystä ei luonnollisesti muutettu.

4. 1. 2 Variaabeleiden jakaumat

Kaikkien muuttujien jakaumat tarkistettiin ennen tilastollisten analyysien aloittamista. Riippuvien muuttujien osalta tämä tehtiin siten, että kaikkien mittausten (1., 2., 4. ja 5.) pistemäärät otettiin kustakin variaabelista samaan jakaumaan. Laskematta mitään jakaumien laadun tunnuslukuja voitiin graafisista kuvaajista todeta variaabelien olevan sekä erottelukykyisiä että

tydyttävän normaalisti jakautuvia. Lieviä poikkeuksia tekivät 10. *Radan pituus* (*K*) (positiivisesti vinohko), 14. *Latenssi* (*P*) (huono erottelukyky), 15. *Kallistuskulma* (*P*) (positiivisesti vino) ja 18. *Radan kaarevuus* (*K*) (positiivisesti vino), mikä ei kuitenkaan antanut aihetta hylätä ainoatakaan jatkokäsittelystä. Kolmen edellisen variaabelin osalta jakaumien häiriöt näkyvät myös toistettujen mittausten välisissä korrelaatio- ja reliabiliteetikertoimissa (ks. 4. 2. Mittausten luotettavuus).

4. 1. 3 Variaabeleiden välisten yhteyksien viivallisuudet

Riippuvien ja riippumattomien muuttujien välisten assosiaatioiden viivallisuudet tarkistettiin laatimalla ristitaulukot kullekin muuttujaparille riippuvien muuttujien 2. mittauksen tulosten perusteella. Ristitaulukot laadittiin käyttäen luokitettuja arvoja (luokkien määrä ≤ 15).

Ristitaulukoiden perusteella arvioiden mikään yhteys ei ollut niin selvästi käyräviivainen, että se olisi antanut aiheen poistaa jonkin variaabelin kokonaan viivallisin mallein tapahtuvasta tilastokäsittelystä. Aineiston mahdollisten täydennysanalyysien ja jatkotutkimuksien takia on kuitenkin todettava, että lievää käyräviivaisuutta oli havaittavissa muutamissa yhteyksissä, joissa *pituus*, *paino* sekä *diskriminaatioreaktioaikatestin muuttujat* olivat toisena osapuolena, liikettä kuvaavien variaabeleiden ollessa toisena.

4. 1. 4 Kehon rakenteen vaikutukset riippuvuuksiin

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että kehon rakenteen mitoilla on lieviä korrelatiivisia yhteyksiä muutamiin liikettä kuvaaviin muuttujiin. Tämä saattaa tulla esille mm. faktorirakenteen muotoutumisessa (esim. Kirjonen 1970 a). Kehon mittasuhteiden vaikutuksen likimääräisen suuruuden arvioimiseksi eliminoitiin kokeeksi *Säären pituuden* vaikutus riippuvien muuttujien välisistä korrelaatiosta osittaiskorrelaatiomenetelmällä. Säären pituus valittiin sen vuoksi, että se voitiin mitata varsin tarkasti ja että sillä oli rakenteen eri mitoista kaikkein korkeimmat korrelaatiot riippuviin muuttujiin. Kertoimien suuruudessa todettiin vähäisiä muutoksia; näistä oli kymmenen korkeinta välillä $\pm .05-.08$ ja ne jakautuivat neljän variaabelin osalle: 4. *Nopeuden varianssi* (*P*), 6. *Radan kaarevuus* (*P*), 10. *Radan pituus* (*K*) ja 11. *Maksiminopeus* (*K*). Vain kolme muuttuneista interkorrelaatiokertoimista ylitti itseisarvoltaan .30. Ne olivat 4. *Nopeuden varianssi* (*P*) / 1. *Liikeaika* (*P*), 10. *Radan pituus* (*K*) / 1. *Liikeaika* (*P*) ja 10. *Radan pituus* (*K*) / 3. *Keskinopeus* (*P*). Havaitut muutokset ovat niin pieniä, ettei niiden mahdollisesti aiheuttamien vaikutusten eliminoimiseen muuten näinkin homogeenisessa tutkimusjoukossa ole riittävästi perusteita. Lisäksi kehon mittasuhteet ovat riippumattomien variaabelien analyysissa joka tapauksessa oma faktorinsa, jonka selitysosuus regressio- ja varianssianalyseissa on mahdollista määrittää ja tulkita.

4. 2 Mittausten luotettavuus

4. 2. 1 Riippuvien variaabeleiden reliabilisuus

Riippuvien muuttujien toistettujen mittausten välisten korrelaatioiden suuruudet on esitetty Taulukossa 1. Tätä edeltäneissä tutkimuksissa mukana olleiden variaabeleiden osalta ovat kertoimet suurin piirtein yhtä suuria kuin aikaisemmin on todettu (Kirjonen 1970 a).

Mittausten luotettavuutta tutkittiin myös varianssianalyysimallin avulla (Winer 1962), jolla saatiin primaaripistemääristä ja mittauskerran todellisella vaikutuksella korjatuista pistemääristä lasketut reliabiliteetikertoimet (Taulukko 1; kaksi viimeistä saraketta). Primaaritiedoista laskettuna kertoi-

TAULUKKO 1

Riippuvien variaabeleiden luotettavuus. Toistettujen mittausten väliset korrelaatiokertoimet ja varianssianalyysin avulla lasketut reliabiliteetti-kertoimet. Alkukoe, $n = 30$.

TABLE 1

The reliability of the dependent variables. The intercorrelations of repeated measurements and the reliability coefficients obtained by means of analysis of variance. Initial experiment, $n = 30$.

Variaabeli Variable ¹	Interkorrelaatiot			Reliabiliteetti	
	Intercorrelations			Reliability	
	1st/2nd	2nd/4th	4th/5th	1st/2nd	1st/2nd (adjusted data)
1. Liikeaika (P = pää)	.86	.78	.90	.90	.93
2. Radan pituus (P)	.82	.70	.90	.88	.90
3. Keskinopeus (P)	.88	.81	.86	.92	.93
4. Nopeuden varianssi (P)	.64	.78	.87	.78	.78
5. Radan laajuus (P)	.78	.72	.81	.88	.88
6. Radan kaarevuus (P)	.82	.62	.78	.87	.90
7. Maksiminopeus (P)	.39	.60	.57	.56	.55
8. Minimivaihe (P)	.46	.43	.66	.63	.62
9. Maksimin vaihe (P)	.38	.36	.54	.56	.55
10. Radan pituus (K = käsi)	.83	.77	.81	.89	.89
11. Maksiminopeus (K)	.77	.63	.68	.87	.87
12. Maksimin vaihe (K)	.40	.68	.55	.58	.57
13. Tukivaihe (J = jalka)	.37	.22	.49	.54	.54
14. Latenssi (P)	.40	.55	.64	.57	.58
15. Kallistuskulma (P)	.87	.80	.82	.93	.93
16. Ajoitus (P)	.76	.52	.50	.86	.85
17. Radan laajuus (K)	.86	.57	.64	.92	.92
18. Radan kaarevuus (K)	.59	.43	.70	.73	.74
19. Ajoitus (K)	.88	.79	.78	.93	.93
20. Liikeaika (J)	.66	.44	.55	.79	.79

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

TAULUKKO 2

Riippumattomien variaabeleiden luotettavuuskertoimia.

TABLE 2

The reliability coefficients of independent variables.

Variaabeli Variable ¹	Uusinta- mittaus(r) Re-test(r)	Split- half	Huomautuksia Notes
21. Vauhditon pituushyppy	.84		
22. Käsinkononta	.85		
23. Sukkulajuoksu	.67		Tiedot tästä tutkimuksesta
24. Makuulta nousu istumaan	.68		
25. Työsyke	.82		
26. Puristuksen kesto aika			
27. Pituus			Pelkän "Hand grip"- testin Rel. = .91
28. Paino			(Fleishman 1964)
29. Säären pituus			
30. EPI: Ekstraversion asteikko		.67-.68	Konttinen (1968b) ja
31. " Neuroottisuuden asteikko		.78-.91	Pitkänen (1968):
32. " Valheasteikko		.55-.63	<u>opiskelijaryhmiä</u>
33. Tukikohdat	.69		Pääesikunnan psyko-
34. Kääntelyt		.82	logisen osaston
35. Vaipat		.87	maisteri A. Huhta-
36. Kieritykset		.71	lan julkaisematon
37. Asteikot			aineisto; varusmies-
38. Mekanismit		.86-.90	ryhmiä
39. Tarkkailu 2	.77		
40. Reaktio aika			Discrimination
41. Pakko aika			Reaction Time Test
42. Reaktion häiriöt			-koetta koskevat tiedot saatavissa pääesikunnan psyko- <u>logiselta osastolta</u>
43. Käden CRT-pisteet	.84		
44. Jalan CRT-pisteet	.75		
45. Käden CRT-aika	.79		Tiedot tästä
46. Käden oikeat - väärät	.80		tutkimuksesta
47. Jalan CRT-aika	.77		
48. Jalan oikeat - väärät	.66		

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

men estimaattina on tapausten sisäisen ja välisen varianssin suhteen ja ykkösen erotus. Korjattuna estimaattina on tapausten välisen varianssin ja tapausten sisäisen "puhdistetun" varianssin erotuksen suhde tapausten väliseen varianssiin (sisäinen "puhdistettu" = tapausten sisäinen — mittausten välinen).

korjaamaton kerroin:

$$\text{Rel} = 1 - \frac{\text{MS tapausten välinen}}{\text{MS tapausten sisäinen}}$$

korjattu kerroin:

$$\text{Rel} = \frac{\text{MS}_{\text{t:ten välinen}} - \text{MS}_{\text{t:ten sisäinen (puhdistettu)}}}{\text{MS}_{\text{t:ten välinen}}}$$

Estimaatit luotettavuuskertoimille laskettiin ennen koetettävän aloittamista suoritettujen mittausten (1. ja 2.) perusteella. Suurin osa kertoimista on tyydyttäviä. Alimmin arvo on (alle .60) 7. *Maksiminopeus (P)*, 9. *Maksiminopeuden vaihe (P)*, 12. *Maksiminopeuden vaihe (K)*, 13. *Tukivaihe (J)* ja 14. *Latenssi (P)* on otettu jatkokäsittelyyn mukaan lähinnä siksi, että ne edustavat uusia ja melko itsenäisiä suorituksen piirteitä liikkeen kuvauksessa ja että mittauskertojen väliset korrelaatiot ovat suhteellisen korkeita tai kohoavat jälkimmäisissä mittauksissa. Näinkin pienestä aineistosta saatuihin kertoimien arvoihin on kuitenkin koko ajan suhtauduttava varauksin.

4. 2. 2 Riippumattomien variaabeleiden reliabilisuus

Riippumattomien muuttujien luotettavuuskertoimet on otettu osittain aikaisemmista tutkimuksista ja ne on koottu Taulukkoon 2. Kuntomuuttujien ja CRT-kokeen luotettavuuskertoimet on laskettu tämän tutkimuksen aineistosta ja ne vastaavat aikaisemmin tällaisilla testeillä saatuja arvoja.

5. TULOKSET

5. 1 Liikkeen kuvaaminen

5. 1. 1 Riippuvien variaabeleiden faktorirakenne (I)

Koeliikettä kuvaamaan valittujen muuttujien yhteyksien selvittämiseksi laskettiin faktorianalyyseja (Taulukot 3—6) pääakselimenetelmällä (Harman 1967). Rotatoimattomat faktori-matriisit ovat Liitteessä 9. Osaksi koehenkilöstön pienuuden vuoksi ja osaksi faktoritasolla tapahtuvien suorien muutosvertailujen tekemistä varten laskettiin yksi analyysi, yli toistettujen mittausten, jolloin saman koehenkilön toistettujen mittausten pistemääriä käsiteltiin eri tapausten havaintoina ($n = 4 \times 30 = 120$). Keskeistä huomiota kiinnitetään aluksi yhteiseen analyysiin, jotta voitaisiin luoda tulkinnallisesti riittävän yleinen, mutta samalla muutosten vertailuun soveltuva kuvausmalli. Tämän lisäksi laskettiin toistettujen mittausten tuloksista erilliset analyysit, joiden tuloksia vertaillaan seuraavassa kappaleessa (5. 1. 2.).

Faktorien lukumäärän määrittämisessä otettiin ensi sijassa huomioon tulkinnallisuus ja että faktorin osuus yhteisen varianssin selittäjänä oli yli 5 prosenttia.

Variaabelit otettiin mukaan faktorikuvaukseen, jos variaabelin lataus oli itseisarvoltaan vähintään .40 (Taulukko 4).

I Faktori¹

Faktori on tulkittavissa liikkeen yleisenä vauhdikkuutena, jossa selvästi voimakkaimmat lataukset ovatkin puhtailla tempon mitoilla: *Keskinopeus* (*P*) sekä *Liikeaika* (*P*) ja (*J*).

Nopeuden varianssi (*P*) sekä *Maksiminopeus* (*P*) ja (*K*) painottavat myös kohtalaisilla kertoimilla faktoria. Koska nopeuden mittaluku on laskettu yhtä pitkin aikaväleihin valokuvattujen liikeradan merkkien välimatkojen (nopeus = matka) perusteella, näin määritellyssä nopeassa liikkeessä esiintyy ainakin joitakin suurehkoja osanopeuksia (= merkkien välimatkoja),

¹ Yhteisanalyysin faktoriolottuvuudet on havainnollistettu toisaalla; ks. Kirjosen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

jotka *Nopeuden varianssissakin (P)* näkyvät pistemäärien nousuna.

Maksiminopeuden vaihe (K) sekä *Radan kaarevuus (P)* kohdalaisten painokerrointen välityksellä tukevat loogisesti faktoria. Latenssi on vauhdin mittoihin käänteisesti yhteydessä. Ensin mainittu edustaa faktorin positiivisessa ulottuvuudessa liikkeen kriittisten vaiheiden määrittämän loppuajan suhteellista lyhyytää, siis loppuun päin kiihtyvää liikettä, johon liittyy pään loiva-kaarinen liikerata. On perusteltua puhua liikkeen *TEMPO*-faktorista.

II Faktori

Tähän faktoriin ovat samanmerkkisinä sijoittuneet useimmat ratojen laaja-alaisuutta kuvaavat muuttujat. Keskeisimpiä ovat vipujärjestelmän ääripisteen *Radan pituus (P)* ja *Radan laajuus (P)* -muuttujat sekä *Kallistuskulma (P)*. Vipujen mekaanisen toiminnan kannalta edellisiin ovat yhteydessä *Radan laajuus (K)* sekä osittain *Liikeaika (P)* ja *Radan kaarevuus (P)*. Faktorin positiivisessa ulottuvuudessa voimakas ylävartalon taivutus eteen—alaspäin nousun alkuvaiheessa saa seurakseen laajan käden liikeradan ja suurehkon suoritusajan sekä pään radan kaarevuuden pistemäärän. Faktori onkin tulkittavissa näin ollen liiketilan laajuuden faktoriksi, jota voidaan nimittää *LIIKE-LAAJUUS*-faktoriksi.

III Faktori

Voimakkaimmat lataukset tässä faktorissa ovat keskeisillä suorituksen ajoitusta kuvaavilla variaabeleilla. Niiden avulla suhteutetaan askeleen ottamisen hetki ja pään nopeuden vaihtelun taitteen koko suorituksen kestoon (*Liikeaika P*). Nämä prosentteina ilmaistut luvut, jotka ovat lähes riippumattomia kehon rakenteesta, edustavat osittain myös suorituksen yhtenäisyys — kokonaisuus -piirrettä. Sillä saattaa olla yhteyksiä työntutkimuksen käyttämään jakoon: ballistiset ja kiinteät liikkeet. Faktorin nimeksi on valittu *AJOITUS*.

IV Faktori

Käden toimintaa kuvaavat muuttujat painottavat tätä faktoria. Vahvin painokerroin on *Ajoituksella (K)*. *Radan laajuus (K)* ja *Maksiminopeus (K)* sekä *Maksiminopeuden vaihe (K)* (neg.) saavat myös korkeat painokertoimet. Koska muuttujat poikkeuksetta edustavat käden radan muotoa ja toiminnan ajoitusta on faktorille annettu nimi *KÄDEN LIIKKEET*, jonka edustaman dimension toinen pää tässä tapauksessa kuvaa askeltaottavan jalan puoleisen käden laajaa, aikaista ja melko kaarevaa heilautusta nousun alkuvaiheessa. Se edustanee suorituksen avustamispyrkimyksen määrää sekä samalla mahdollisesti myös tahattomia myötäliikkeitä (Luria 1932). Faktori vastaa

aikaisemman tutkimuksen (Kirjonen 1970 a) faktoria *APU-LIIKKEET*.

V Faktori

Faktori on suhteellisen heikosti determinoitu, sillä vain kahdella variaabelilla *Ajoituksella (P)* ja *Radan kaarevuudella (P)* on voimakkaat vastakkaismerkkiset painokertoimet. Yhteys vaikuttaa johdonmukaiselta, sillä pään yläkaaren laajan liikeradan voi helposti nähdä liittyvän erityisesti loivakaariseen nousuun. Faktori on saanut siten nimekseen *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUS*. Rungas kaarevuus (= radan jyrkkäkulmaisuus) on siis tässä kääntäen yhteydessä askelvaiheessa esiintyvään ylävartalon ja pään "etunojaan", mikä edustanee eräänlaista suorituksen sujuvuutta.

VI Faktori

Radan kaarevuutta ja pituutta (K) edustavat muuttujat painottavat vastakkaismerkkisinä merkittävimmin tätä melko alhaisia painokertoimia saanutta faktoria. Edellinen variaabeli on mitattu radan alakaareltä eli istumasta nousun -vaiheesta. Faktorin toisen pään jyrkkäkarinen käden liike on lyhytratainen ja on siis osittain riippuvainen tällaisesta kulmikkaasta heilautuksesta. *Radan laajuuden (K)* puuttuminen faktorilta viittaa *aktiivisen heiton ja myötäheilahduksen olevan toisistaan jossain määrin eriytettävissä* (vrt. IV. faktori). Faktori saa nimen *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS*.

Tulkinnallisesti edellä esitetyn yhteisanalyysin faktoritulosta vastaa melko hyvin erillisanalyysien tulosta (Taulukot 5 ja 6). Näkyvin poikkeama on VI faktorin sisällöllinen siirtymä 1. ja 2. erillisanalyysin ratkaisusta jonkin verran toisenlaiseksi, radan pituutta ja käden heiton ajoitusta edustavaksi 4. ja 5. mittauksen analyyseissa (VII faktori). Edellisen seurana ollut *Radan kaarevuus (K)* nimittäin vaihtuu jälkimmäisissä analyyseissa *Maksiminopeuden vaiheeksi (K)*.

Selvin poikkeama on V faktorin puuttuminen kokonaan 4. mittauksen analyyseistä, jossa sen tilalla on kapea ja vaikeasti tulkittava, lähinnä suorituksen aloittamisvalmiuteen viittaava ryhmittymä.

Tämän perusteella näyttää siltä, että neljän ensimmäisen faktorin osalta ratkaisut ovat hyvin pysyviä ja määriteltyjä yli mittauskertojen. V ja VI faktori ovat sen sijaan epävarmempia, kuten seuraavassa kappaleessa esitettävät vertailuanalyysitkin osoittavat.

Tutkimuksen II osassa laskettiin faktorianalyysit uudelleen mittauskerroittain tätä pienemmällä koehenkilöjoukolla. Tuloksena oli seitsemän faktorin rakenne, jota tarkastellaan myöhemmin selosteen toisessa osassa (Kappale 5. 4.).

Liikemuuttujien välisten faktoritasoisten yhteyksien muutoksia tulkittiin alustavasti laskemalla yhteisanalyysin faktoripistemäärien samoja mittauksia vastaavat korrelaatiokertoimet, jotka antavat yleiskuvan muutoksista faktoreittain eri vertailuväleillä, ts. miten samaan järjestykseen koehenkilöt kulloinkin sijoittuvat. Liitteestä 10 voidaan todeta pistemäärien vastaavan 1. ja 2. mittauksessa tyydyttävästi toisiaan. Näistä faktoripistemäärien sisäisistä korrelaatioista on kuitenkin III faktorin kerroin huomattavan alhainen. Tämä johtunee osaksi siitä, että kaikilla tätä faktoria edustavilla variaabeleilla on myös alhainen luotettavuuskerroin (.54 — .62), mikä näin pienessä henkilöryhmässä heijastuu faktoritasolla asti. Kaikki vertailut huomioon ottaen alhaisimmat kertoimet ovat III ja V faktorilla sekä perättäisistä mittauskerroista välillä 2—4. Satunnaistekijöiden ohella kuormitustilanne on todennäköisesti vaikuttanut eri henkilöihin eri tavoin, mikä ilmenee keskinäisten järjestysten vaihteluna. Näiden vaihtelujen tulisi näkyä myös varianssianalyysien tuloksissa (ks. Kappale 5. 3).

TAULUKKO 3

Riippuvien variaabeleiden interkorrelaatiot laskettuina yli toistettujen mittausten (1., 2., 4. ja 5. mittaus), $n = 4 \times 30 = 120$.

TABLE 3

Intercorrelations of dependent variables across the measurements. Each individual score of repeated measurements (1st, 2nd, 4th and 5th) has been included as a separate observation, $n = 4 \times 30 = 120$.

<u>I.</u>	Variaabelit Variables ¹																			
2. 62	2.	1. Liikeaika (P)	8. Minimin vaihe (P)																	
3. -86	-17	3.	2. Radan pituus (P)	9. Maksimin vaihe (P)																
4. -44	03	55	4.	3. Keskinopeus (P)	10. Radan pituus (K)															
5. 27	78	15	29	5.	4. Nopeuden varianssi (P)	11. Maksiminopeus (K)														
6. 58	50	-46	-25	12	6.	5. Radan laajuus (P)	12. Maksimin vaihe (K)													
7. -46	-23	42	49	-08	-22	7.	6. Radan kaarevuus (P)	13. Tukivaihe (J)												
8. -29	-10	35	-15	05	-10	-02	8.	7. Maksiminopeus (P)	14. Latenssi (P)											
9. 00	-05	00	-40	-21	23	-21	63	9.	15. Kallistuskulma (P)											
10. 38	47	-22	-06	26	17	-09	-21	-11	10.	16. Ajoitus (P)										
11. -50	-06	56	37	14	-38	32	25	-03	13	11.	17. Radan laajuus (K)									
12. -42	-07	52	28	12	-06	10	27	03	-24	-03	12.	18. Radan kaarevuus (K)								
13. -22	-18	19	-27	-22	-02	-11	64	80	-12	05	17	13.	19. Ajoitus (K)							
14. 31	26	-23	-26	10	22	-28	01	16	04	-13	-06	06	14.	20. Liikeaika (J)						
15. 38	72	-05	07	65	28	-12	-07	-11	47	06	-05	-19	19	15.						
16. -25	-02	32	30	30	-51	01	-04	-36	-06	18	11	06	-10	-04	16.					
17. 31	52	-09	-04	53	18	-09	25	15	41	41	-30	07	17	38	02	17.				
18. 24	17	-17	-11	18	25	-08	22	18	-04	07	-20	05	04	04	-21	49	18.			
19. 00	02	-03	-05	04	-09	10	25	15	23	57	-45	10	04	02	-06	72	39	19.		
20. 58	27	-57	-46	-07	38	-37	-14	18	18	-35	-32	01	24	10	-25	12	10	-02	20.	

¹List of variables and factors. See Appendix 1.

²Level of statistical significance. 5 % and 1 % points of r: .20 and .25 respectively.

TAULUKKO 4

Rotatoitu faktorimatriisi (varimax). Riippuvat liikemuuttujat yli toistettujen mittausten suoritettussa analyysissa, $n = 4 \times 30 = 120$ ¹.

TABLE 4

Rotated factor matrix: varimax solution. Dependent variables, $n = 4 \times 30 = 120$; an analysis across the measurements¹.

Variaabelit Variables ¹	F a k t o r i t			F a c t o r s ¹			h ²
	I	II	III	IV	V	VI	
1. Liikeaika (P)	<u>-83</u>	<u>40</u>	-24	10	-20	-09	96
2. Radan pituus (P)	<u>-23</u>	<u>94</u>	-08	04	-11	-02	96
3. Keskinopeus (P)	<u>88</u>	07	30	-14	22	04	94
4. Nopeuden varianssi (P)	<u>69</u>	18	-28	-07	12	-05	61
5. Radan laajuus (P)	09	<u>88</u>	-07	03	25	-26	92
6. Radan kaarevuus (P)	<u>-40</u>	34	01	-10	<u>-60</u>	-14	66
7. Maksiminopeus (P)	<u>59</u>	-13	-15	08	-10	02	40
8. Minimivaihe (P)	<u>16</u>	00	<u>78</u>	11	04	-24	70
9. Maksimin vaihe (P)	-20	-09	<u>86</u>	06	-29	-01	88
10. Radan pituus (K)	-16	<u>45</u>	-14	32	-08	<u>41</u>	52
11. Maksiminopeus (K)	<u>60</u>	09	13	<u>55</u>	15	11	72
12. Maksimin vaihe (K)	<u>40</u>	10	25	<u>-56</u>	05	-10	56
13. Tukivaihe (J)	<u>-08</u>	-14	<u>88</u>	00	09	08	81
14. Latenssi (P)	<u>-33</u>	19	12	01	-04	-01	16
15. Kallistuskulma (P)	-06	<u>76</u>	-08	06	-09	15	62
16. Ajoitus (P)	16	09	-06	-06	<u>82</u>	02	71
17. Radan laajuus (K)	-08	<u>53</u>	16	<u>73</u>	02	-22	89
18. Radan kaarevuus (K)	-12	11	11	38	-19	<u>-51</u>	48
19. Ajoitus (K)	07	01	13	<u>90</u>	-01	-08	84
20. Liikeaika (J)	<u>-63</u>	08	00	05	-19	07	45
Ominaisarvot Eigenvalues	3.69	3.16	2.56	2.28	1.43	0.70	15.82
Prosentteina alkukommunaliteetista	26.64	22.82	18.48	16.46	10.32	5.05	99.77
Per cent of starting communality (13.85)							

¹ List of variables and factors. See Appendix 1. Graphic illustration of factors. See: Kirjonen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sports, Physical Education and Health, 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

TAULUKKO 5

Riippuvien (liike)varaabeleiden 1. ja 2. mittauksen interkorrelaatiot, n. = 30.^{1,2}

TABLE 5

Intercorrelations of the dependent variables: 1st and 2nd measurement, n. = 30.^{1,2}

1st measurement	2nd measurement	Variaabelit	Variables
1. <u>1.</u>	1. 86 51-77-37 12 59-24-04 17 33-57-23-12 31 31-40 16 23-01 55		1. Liikeaika (P)
2. <u>66 2.</u>	2. 47 82 09 06 74 26-22-06-19 53 03 24-13 25 70 15 44 08-01 05		2. Radan pituus (P)
3. -82-17 <u>3.</u>	3. -72-11 88 34 29-55 11 09-25-11 65 44 09-17 03 56 03-15-05-56		3. Keskinopeus (P)
4. -31 09 <u>36 4.</u>	4. -46-10 49 64 16-38 43-36-62-14 31 06-26-06-03 47-05-06-08-45		4. Nopeuden varianssi (P)
5. 30 82 17 <u>29 5.</u>	5. 16 65 21 26 78-06-10 00-29 33 29 24-09 16 60 36 47 22 07-21		5. Radan laajuus (P)
6. 59 35-56-26-02 <u>6.</u>	6. 68 49-58-20 17 82-41-11 12 13-50 11-22-01 12-42 10 21-22 22		6. Radan kaarevuus (P)
7. -40-19 35 49-13-36 <u>7.</u>	7. -31-23 26 22-21-04 39-11-11 02 12 09 07-34-10 12-22 04-11-26		7. Maksiminopeus (P)
8. -05-04 13-50 10-12-28 <u>8.</u>	8. -32-10 34-14 12-34-29 46 28-28 23 40 41 16-12 21 13 01 01-26		8. Minimivaihe (P)
9. 09-08-08-52-24 24-22 <u>66 9.</u>	9. 11 07-09-23-02 14-34 19 38-17-18 27 19 21-18-13-02-10-16 05		9. Maksimin vaihe (P)
10. 32 51-13 06 44 18 15-12-13 <u>10.</u>	10. 33 44-19-01 31 13-04-15-16 83 05 06-02 27 59 07 28-32 15 18		10. Radan pituus (K)
11. -56-15 62 43 22-50 32 10-13 <u>11 11.</u>	11. -55-20 54 44 18-61 34 13-13 15 77-03 20-04-03 46 44-13 54-46		11. Maksiminopeus (K)
12. -17 22 39-09 24 14-34 13 08 09-02 <u>12.</u>	12. -37-13 38 00 03-14-19-06 03-39-02 40 27-22-19 24-38 09-48-36		12. Maksimin vaihe (K)
13. -27-28 17-38-26-20-16 50 69-11 01 20 <u>13.</u>	13. -07-12 00-31-14-09-29 19 35-34-13 16 37 18-27 07-11-20-18 03		13. Tukivaihe (J)
14. 22 14-19-26 10-02-28 16 00 13 03 16 <u>11 14.</u>	14. 27 26-17-21 08 31-12 24 53 17 01 10 32 40-02-10 24-04 06 18		14. Latenssi (P)
15. 29 65 02 08 57 19 00-05-22 68-05 28-24 <u>12 15.</u>	15. 28 60-03 11 54 16-12-12-21 56 01 15-09 24 87 04 29-12-07 01		15. Kallistuskulma (P)
16. -41-12 44 26 25-63 00-02-32-05 36 12 30 13-14 <u>16.</u>	16. -31-03 37 23 33-51 00 00-34-04 33-04 13 02 07 76 11-09 09-30		16. Ajoitus (P)
17. 27 51-02 20 64 01 02 35 15 42 42-06 01 25 29 <u>07 17.</u>	17. 27 50-03 11 58 00-12 27 06 48 30 15 12 38 37 22 86 14 54-11		17. Radan laajuus (K)
18. 33 20-19-16 23 30-32 30 22-20-07-06-04 08-06-19 <u>28 18.</u>	18. 22 13-14-05 23 06-21 33 06-09-13 08 00 28 04-01-32 59 21-14		18. Radan kaarevuus (K)
19. -03-06-04 15 15-22 24 36 11 22 56-40 01 22-08 02 72 <u>12 19.</u>	19. 00 03 00 07 21-20 17 40 15 34 44-16 12 26 08 04 76 02 88-22		19. Ajoitus (K)
20. 66 22-63-52-16 27-31-01 13 19-46-19-07 20 07-34-11 10-21 <u>20.</u>	20. 74 48-60-29 16 38-39 13 23 21-52-16 04-05 15-17 10 13-12 66		20. Liikeaika (J)

4th mittaus
measurement

- 1.
2. 68 2.
3. -90-32 3.
4. -51-05 62 4.
5. 37 68-08 5.
6. 60 67-42-22 6.
7. -71-43 67 51-22-40 7.
8. -21-17 26-24-11-06 20 8.
9. 00 02 07-41-20 25-04 9.
10. 46 56-32-15 19 34-27-09 02 10.
11. -22 15 38 25-04-04 35 27 11 11.
12. -54-16 62 60 31-34 36 16-11-22-01 12.
13. -20-14 24-27-26 05 23 67 84 00 08 09 13.
14. 27 21-25-21 15 19-45-22 08-07-08-15-19 14.
15. 41 68-15 13 60 47-15-19-08 40 20-12-21 15.
16. -29-21 25 40 09-37 19-21-43-36-18 37-06-10-22 16.
17. 59 50-45-38 28 43-36 27 28 49 28-40 17 12 28-27 17.
18. 32 09-33-42-02 35-27 27 28 01 06-53 16 00 02-33 18.
19. 22 12-22-30-18 16 00 21 21 31 49-53 12 04 02-36 19.
20. 46 15-54-44-17 27-60-23 15 24-21-40-07 29 06-24 27 06 14 20.

5th mittaus
measurement

- | | | |
|-----|--|---|
| 1. | 90 69-78-50 34 57-64-21 00 49-26-54-13 26 42-18 47 28 14 35 | <u>1.</u> |
| 2. | 66 90-35-03 72 60-40-09 10 49 10-16-03 29 73-11 44 02 01 09 | <u>2.</u> |
| 3. | -79-31 86 66 05-38 59 25 07-35 40 66 18-18-08 20-35-33-22-47 | -86-26 <u>3.</u> |
| 4. | -47 07 63 87 43-12 44 01-22 00 43 60-12-22 18 28-10-30-10-46 | -47 08 <u>4.</u> |
| 5. | 28 66 04 17 81 32-09 15 12 12 05 24 12 13 60 12 20-12-25-24 | 34 81 12 <u>5.</u> |
| 6. | 61 58-51-26 32 78-52-18 16 31-20-36-01 22 37-27 37 24 07 30 | 59 62-42-27 <u>6.</u> |
| 7. | -58-31 55 46-12-14 57 25 06-18 47 31 13-18-14 05-07-10 12-30 | -58-29 54 59-16-15 <u>7.</u> |
| 8. | -37-24 39 02 04-20 16 66 53-30 21 32 46 08-11-18 09 14 11-22 | -48-16 54 23 13-18 <u>8.</u> |
| 9. | 05-09-06-33-13-07-14 34 54-01 17-13 32 25 08-45 23 22 31 28 | -11-02 12-23-10 03-03 <u>9.</u> |
| 10. | 26 30-21-06 01 21-06-13-02 81 17-13 05-06 36-18 22-15 13 18 | 38 32-29 02 05 16-12-39-23 <u>10.</u> |
| 11. | -50-15 54 34-12-14 59 36 19-06 68 14 10-24 07-24-05-09 24-34 | -58-13 64 47-02-22 58 40 23-03 <u>11.</u> |
| 12. | -60-34 62 40 02-38 30 13-05-42 08 55 20-22-20 40-29-13-39-33 | -56-28 62 39 10-24 34 28-16-29 07 <u>12.</u> |
| 13. | -22-16 26-15-16-19 01 48 57 03 23 06 49 04-11-32 21 20 33 07 | -32-15 36-04-13-08 17 71 83-23 27 07 <u>13.</u> |
| 14. | 43 36-32-33 16 40-39 11 37 14 12-14 21 64 18-19 34 18 13 13 | 40 41-23-31 21 37-18 14 28 03-23-16 <u>14.</u> |
| 15. | 40 61-18 02 56 43-16 00 15 24 04-13-02 31 82-19 23 04-07-03 | 47 77-13 08 73 43-18 03 06 26 09-22-15 <u>15.</u> |
| 16. | -23 00 31 32 19-35 22 07-14-02-08 33 04-21-16 50-06-24-15-24 | -07-08 10 26 18-52 01-10-43-01-15 09-16-24-15 <u>16.</u> |
| 17. | 33 46-15-17 39 46 04 39 49 32 26-19 35 06 46-41 64-31 40 03 | 22 55 04 06 50 36 06 32 34 17 36-24 28 26 52-18 <u>17.</u> |
| 18. | 38 24-31-19 23 31-09 36 28 21 24-32 19-24 13-36-63 70 46-13 | 19 28-08 01 20 26 00 26 25-06 20-13 22 14 21-26 <u>18.</u> |
| 19. | 01 02 01-08-06 09 32 31 31 20 40-24 21-10 08-47 53 78-03 | -14-03 12 09-13 02 33 35 45 04 56-32 47-05 07-19 64 <u>19.</u> |
| 20. | 68 44-64-49 10 39-64-09 11 30-09-62-15 31 16-22 57 39 47 55 | 61 39-60-40-01 52-42-16 35 02-29-60 16 26 15-24 28 27 20 <u>20.</u> |

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

² 5 % and 1 % points of r: .36 and .46 respectively.

TAULUKKO 6

Rotatoidut faktorimatriisit (varimax). Riippuvat liikemuuttujat.

TABLE 6

Rotated factor matrices: varimax solution. Dependent variables.

Muuttujat Variables	1. mittaus 1st measurement							2. mittaus 2nd measurement						
	I	II	III	IV	V	VI	h ²	I	II	III	IV	V	VI	h ²
1. Liikeaika (Pää)	-82	40	-08	06	-19	-29	96	-90	33	-05	01	-15	-08	95
2. Radan pituus (P)	-20	87	-13	-04	-06	-27	89	-14	98	-03	04	-11	-07	99
3. Keskinopeus (P)	92	05	09	-13	21	11	93	94	18	07	-04	16	03	95
4. Nopeuden varianssi (P)	53	12	-61	21	02	04	71	58	09	-47	-12	22	-17	66
5. Radan laajuus (P)	16	82	-16	10	23	-38	93	13	90	-06	04	23	-26	95
6. Radan kaarevuus (P)	-42	23	02	-22	-64	-25	75	-42	26	11	-20	-61	-32	77
7. Maksiminopeus (P)	40	-09	-30	37	-19	48	66	26	-08	-59	-08	-12	-21	49
8. Minimim vaihe (P)	07	03	79	22	07	-29	77	45	02	78	08	04	-23	87
9. Maksimin vaihe (P)	-07	-11	86	07	-33	-12	88	-03	-11	84	-07	-41	-07	90
10. Radan pituus (K)	-17	75	-02	21	-04	43	82	-19	59	-08	41	-25	29	70
11. Maksiminopeus (K)	62	07	-01	50	27	06	72	64	06	-02	62	24	08	86
12. Maksimin vaihe (K)	28	38	28	-56	10	-07	65	55	-01	26	-52	-02	-10	65
13. Tukivaihe (J)	09	-17	82	-08	25	14	80	02	-09	92	-10	-05	03	87
14. Latenssi (P)	-29	18	19	10	37	-07	30	-20	17	19	04	-43	16	32
15. Kallistuskulma (P)	-04	82	-08	-10	-09	17	73	-13	85	-03	06	02	16	77
16. Ajoitus (P)	32	-02	-06	-04	84	03	81	22	38	02	07	71	12	72
17. Radan laajuus (K)	07	57	16	67	09	-28	89	-03	54	07	72	-02	-33	92
18. Radan kaarevuus (K)	-12	02	12	13	-15	-73	60	-04	02	-04	17	-06	-80	68
19. Ajoitus (K)	09	06	14	93	09	-05	91	02	03	05	93	06	-14	89
20. Liikeaika (J)	-81	04	08	-07	-04	08	68	-64	25	11	-06	-18	00	52

Ominaisarvot
Eigenvalues

3.58 3.45 2.74 2.30 1.73 1.57 15.39

3.78 3.61 2.88 2.33 1.57 1.24 15.43

Prosentteina alku-
kommunaliteetista

20.7 20.0 15.9 13.3 10.0 9.1 89.0

22.8 21.8 17.4 14.1 9.5 7.5 93.0
(16.56)

Per cent of starting
communality (17.26)

Variaabelit Variables	4. mittaus 4th measurement							5. mittaus 5th measurement						
	I	II	III	IV	VII	VIII	h ²	I	II	III	IV	V	VII	h ²
1. Liikeaika (P)	<u>-75</u>	<u>54</u>	-12	26	05	04	94	<u>-79</u>	<u>47</u>	-24	06	-14	17	95
2. Radan pituus (P)	-18	<u>91</u>	-05	08	17	01	90	-24	<u>91</u>	-08	12	-16	15	95
3. Keskinopeus (P)	<u>88</u>	-18	20	-27	-02	-05	92	<u>90</u>	00	29	-07	14	-16	94
4. Nopeuden varianssi (P)	<u>73</u>	18	-34	-30	-15	07	80	<u>78</u>	23	-19	11	20	00	75
5. Radan laajuus (P)	11	<u>86</u>	-12	-06	-34	-05	89	09	<u>96</u>	-04	-01	15	-13	97
6. Radan kaarevuus (P)	-35	<u>58</u>	14	16	16	-11	54	-32	<u>43</u>	-14	15	<u>-70</u>	-01	82
7. Maksiminopeus (P)	<u>76</u>	-30	06	-06	04	25	74	<u>73</u>	-18	00	22	-09	-03	62
8. Minimim vaihe (P)	22	-07	<u>79</u>	24	-07	10	75	<u>42</u>	08	<u>69</u>	18	03	-33	80
9. Maksimin vaihe (P)	-10	00	<u>92</u>	09	22	-17	94	-11	-04	<u>89</u>	22	-19	-01	89
10. Radan pituus (K)	-20	<u>48</u>	-05	11	<u>55</u>	39	74	-09	19	-20	00	-04	<u>79</u>	71
11. Maksiminopeus (K)	<u>57</u>	13	05	37	<u>44</u>	03	68	<u>68</u>	-05	20	<u>45</u>	-03	21	75
12. Maksimin vaihe (K)	<u>53</u>	09	12	<u>-56</u>	-33	09	73	<u>59</u>	-02	-01	-39	00	<u>-42</u>	68
13. Tukivaihe (J)	06	-11	<u>90</u>	02	03	18	86	10	-10	<u>90</u>	20	00	-10	88
14. Latenssi (P)	-24	19	-09	00	06	<u>-71</u>	61	-32	35	35	-13	-31	-03	46
15. Kallistuskulma (P)	05	<u>75</u>	-15	02	23	-22	69	-04	<u>78</u>	-01	13	-13	22	69
16. Ajoitus (P)	21	-13	-26	-23	<u>-61</u>	17	58	04	06	-21	-12	<u>86</u>	-05	80
17. Radan laajuus (K)	-23	<u>46</u>	20	<u>72</u>	09	12	84	03	<u>56</u>	26	<u>67</u>	-10	10	85
18. Radan kaarevuus (K)	-23	04	22	<u>75</u>	-12	-08	69	-07	24	09	<u>68</u>	-16	-24	62
19. Ajoitus (K)	01	00	06	<u>86</u>	34	05	86	14	-10	32	<u>84</u>	-03	18	87
20. Liikeaika (J)	<u>-64</u>	00	-04	00	31	-15	53	<u>-70</u>	11	13	36	-21	-01	69
Ominaisarvot Eigenvalues	3.94	3.45	2.70	2.67	1.51	0.94	15.23	4.38	3.42	2.72	2.37	1.59	1.21	15.69
Prosentteina alku- kommunaliteetista	23.1	20.2	15.8	15.7	8.9	5.5	89.3	24.5	19.1	15.2	13.3	8.9	6.8	87.8
Per cent of starting communality (17.03)								(17.87)						

5. 1. 2 Transformaatioanalyysit

Erityisen kriittinen merkitys on sillä, voidaanko yli toistettujen mittausten laskettua yhteisanalyysia pitää koko muuttujiston pysyviä suhteita edustavana rakennelmana, vai ovatko sen muotoutumiseen joiltakin osin vaikuttaneet koeasetelmaan liittyvät satunnaiset tilannetekijät. Faktoreista osa saattaisi siinä tapauksessa olla tulkittavissa "satunnaisfaktoreina", eikä varsinaisina rakennetekijöinä. Tällaisessa tapauksessa ei yhteisanalyysin pohjalta laskettuja faktoripistemääriäkään voisi perustellusti käyttää todellisten muutosten kuvailussa, koska osa variaabeleista olisi ryhmittynyt koetilanteen tai satunnaistekijöiden korrelaatioissa aiheuttamien muutosten ohjaamina. Kysymystä tutkittiin laskemalla transformaatioanalyysseja yhteisanalyysin suorakulmisen (varimax-)rotaatiotuloksen ja erillisanalyysien vastaavien ratkaisujen vertailemiseksi (Taulukot 4 ja 6) symmetrisen transformaatioanalyysin menetelmällä (Mustonen 1966). Toisen erillisanalyysin (2. mittaus) tulosta käytettiin vertailuperustana, johon yhteisanalyysin ratkaisu (Kaikki-matriisi) transformoitiin. Sen lisäksi laskettiin vielä vertailu Kaikki - 5. mittauksen ratkaisu. Liitteessä 11 on esitetty transformaatiomatriisit L sekä transformoidun matriisin ja perusmatriisin väliset kongruenssikertoimet (Harman 1967, 270) kummastakin vertailusta. Edellisessä tapauksessa diagonaalien arvot vaihtelevat välillä .94 — .99 ja jälkimmäisessä .88 on ainoa alle .90 oleva. Yhteensä kummastakin vertailusta laskien on diagonaalien ulkopuolisista viidestäkymmenestä luvusta suurimmat kuusiitseisarvoltaan yli .20, mutta alle .40. Korkea vastaavuus on osaksi selitettävissä teknisistä yhteyksistä johtuvaksi. Molemmat mittauksethan ovat mukana muodostamassa yhteisanalyysin tulosta. Transformointia onkin tässä käytetty tuloksen toteamiseen. Näiden tulosten johdosta on katsottava perustelluksi toisaalta se, että yhteisanalyysin rotaatoratkaisua käytetään lähtökohtana laskettaessa faktoripistemääriä, joiden muutoksia variaabelipistemäärissä tapahtuvien muutosten ohella tutkitaan mittauksesta toiseen siirtymällä. Toisalta vertailut osoittavat myös, että 2. mittauskerran rotaatiotulos on luonteeltaan niin yleinen ja vakio, että sitä on syytä käyttää erillisanalyysien keskinäisen vertailun perusratkaisuna, johon muita verrataan. Tätä menettelyä tukee myös se, että 2. mittauksen faktoreiden kongruenssikertoimet (Liite 12) 5. mittauksen vastaaviin faktoreihin ovat keskimäärin jonkin verran korkeammat kuin 1. mittauksen faktoreiden kertoimet. Toinen mittaus kuvanee tässä koeasetelmassa tilannetta, jossa koehenkilö on varma tehtävästä ja on selviytynyt alkujäykkydestä.

Erillisanalyysien tuottamien faktorirakenteiden vertailu tapahtui siten, että 4. ja 5. mittauksen ratkaisua kuvattiin 2. mittauksen ratkaisun avulla laskemalla symmetriset transformaatioanalyysit. Tämän lisäksi laskettiin transformoitujen matriisien sekä vertailumatriisin faktoreiden väliset kongruenssikertoimet niiden samanlaisuuden asteen arvioimiseksi. Transformaatioanalyysien päätulokset ja mainitut kongruenssikertoimet on esitetty Liitteessä 13.

Transformaatiomatriiseista käy ilmi, että rakenteellisesti ratkaisut ovat I, II ja III faktorin sekä viidennessä mittauksessa myös V faktorin osalta toisiaan vastaavia. Rakenne-eroja esiintyy siis jossain määrin kummassakin mittauksessa IV ja VI faktorin suhteen. Tähän on ilmeisesti kaksikin syytä. Ensinnäkin näitä faktoreita painottavista variaabeleista osalla on melko alhaiset reliabiliteetikertoimet. Toisaalta pistemäärien muutokset ilmenevät kaikkein selvimpinä juuri käsien liikkeitä kuvaavissa variaabeleissa näillä mittausväleillä. Transformaation jälkeen lasketut faktorikohtaista samanlaisuutta osoittavat kongruenssikertoimet ovat yleensä melko korkeita ja vertailussa 5—2 keskimäärin korkeampia kuin vertailussa 4—2. Viimeksi mainitussa muita alhaisempia ovat V ja VI faktorin, siis ratojen kaarevuuden kertoimet. Ensiksi mainitussa taas osittain päällekkäiset IV ja VI faktorin kertoimet.

Poikkeavan transferoitumisen sijoittuminen käy ilmi residuaalmatriisesta E. Neljännen mittauksen muuttujakohtaiset residuaalit (t^2) osoittavat, että muutokset keskittyvät 7. *Maksiminopeuteen (P)*, 16. *Ajoitukseen (P)*, 14. *Latenssiin (P)* ja 6. *Radan kaarevuuteen (P)* vertailussa 4—2. Faktorikohtaiset muutokset ovat suurimmat faktoreissa V, III ja IV. Vertailussa 5—2 muuttujakohtaisista residuaaleista ovat suurimmat edellä mainittujen muuttujien 7. ja 16. lisäksi 10. *Radan pituudessa (K)*, 13. *Tukivaiheessa (J)* ja 20. *Liikeajassa (J)*. Faktorikohtaiset muutokset ovat suurimmat faktoreissa IV ja III.

Symmetrisen transformaatioanalyysin tuloksena saatu residuaalikovarianssimatriisi faktoroiitiin vielä lähinnä metodisen mielenkiinnon vuoksi. Sen tulokset ovat samansuuntaiset edellä esitettyjen kanssa. Faktoroinnin tulos tästä analyysistä on esitetty Liitteessä 14 ilman, että siitä on pyritty tekemään johtopäätöksiä.

Edellä esitetyistä tuloksista voidaan nähdä, että faktorirakenteen ennen kuormitustehtävän alkua suoritetuissa mittauksissa pysyy varsin vakioisena. On myös nähtävissä viitteitä siitä, että koetilanne on vaikuttanut myöhempien mittausten faktorirakenteisiin. Nämä rakenteelliset muutokset näyttävät kohdistuneen ensisijaisesti käsien liikkeiden faktoreihin. Poikkeava

transferoituminen ilmenee selvimmin käden liikkeiden variaabeleissa sekä ratojen kaarevuuden variaabeleissa. Kun otetaan huomioon koehenkilöstön pienuus ja eräiden variaabeleiden alhaiset reliabiliteettikertoimet ei tämän yksityiskohtaisempaan tarkasteluun ole katsottu voitavan ryhtyä. Tulosten varmistamiseksi niitä voidaan kuitenkin tarkastella muiden myöhemmin esitettävien tilastollisten analyysien tulosten yhteydessä.

5. 1. 3 Riippumattomien variaabeleiden faktorirakenne; fyysinen kunto

Riippumattomien muuttujien ryhmä jaettiin kahtia faktorointeja varten fyysisen kunnan ryhmään sekä persoonallisuuden, näköhavainnon ja psykomotoriikan muuttujien ryhmään. Erottaminen perustuu siihen, että koehenkilöiden ja variaabeleiden lukumäärän suhde on liian pieni ja että näin pienellä koehenkilöstöllä muutama suurehko satunnaiskorrelaatio itse asiassa melko riippumattomien ryhmien välillä saattaisi aiheuttaa tulkinnallisesti hankalien näennäisfaktoreiden muodostumisen. Fyysisen kunnan yhdeksästä variaabelista suoritettujen faktoroinnin jälkeen jouduttiin pohtimaan ongelmaa faktorien lukumäärästä. Neljän faktorin ratkaisua puolsi se, että niistä viimeisen osuus yhteisen varianssin selittäjänä ylitti niukasti 5 %, jota on pidetty faktoreiden tulkittavuuden lisäksi yhtenä valintakriteerinä (Harman 1967, Pitkänen 1967). Koska tulkinnallisesti neljäs faktori osoittautui epämääräiseksi (säären pituus, makuulta istumaan ja pituus) valittiin kolmen faktorin ratkaisu tulosten jatkokäsittelyyn. Kuntovariaabeleiden interkorrelaatiot on esitetty Taulukossa 7 ja faktorianalyysin tulokset Taulukossa 8.

I Faktori

Faktori saa kolme vahvaa painokerrointa variaabeleista, joista *Vauhditon pituushyppy* ja *Sukkulajuoksu* ovat tyypillisiä tehokkuussuorituksia. Näitä täydentää *Paino*, joka näin homogeenisella ja valitulla koehenkilöstöllä edustaa suurelta osalta lihasmassan määrää. Faktori saa nimen *TEHOKKUUS (POWER)*.

II Faktori

Pituuden ja *Säären pituuden* korkeat lataukset helpottavat tulkintaa, johon kuitenkin tuo oman sävynsä *Käsinkohonnan* yllättävän korkea, ilmeisesti raajojen vipuvarsien vaikutusta osoittava vastakkaismerkkinen lataus, joka vastaavassa faktoriassa kasvuikäisillä ei yleensä kohoa näin korkeaksi. Pituutta edustavien variaabeleiden keskeisen aseman johdosta faktori on nimetty *PITUUDEKSI (HEIGHT)*.

III Faktori

Työsykkeen ohella suurimman latauksen tällä faktorilla saa

TAULUKKO 7

Riippumattomien variaabeleiden interkorrelaatiot.¹

TABLE 7

Intercorrelations of independent variables.¹

		V a r i a a b e l i t	V a r i a b l e s
<u>21.</u>			
<u>22.</u>	<u>24</u> <u>22.</u>	21. Vauhditon pituushyppy	<u>30.</u> Ekstraversio
<u>23.</u>	-46-18 <u>23.</u>	22. Käsinkohonta	31. Neuroottisuus
<u>24.</u>	-13-02 02 <u>24.</u>	23. Sukkula-juoksu	32. Valheasteikko
<u>25.</u>	-40-26 09 06 <u>25.</u>	24. Selinmakuulta nousu istumaan	33. Tukikohdat
<u>26.</u>	23 05-19 10-54 <u>26.</u>	25. Työsyke	34. Käätelyt
<u>27.</u>	17-46 09 26-04 14 <u>27.</u>	26. Puristuksen kesto	35. Vaipat
<u>28.</u>	43-10-24 08-34 30 40 <u>28.</u>	27. Pituus	36. Kieritys
<u>29.</u>	-04-32 10 33-04 22 69 12 <u>29.</u>	28. Paino	37. Asteikot
		29. Säären pituus	38. Mekanismit
<u>30.</u>	-26-21 00 10 02-17 11 07 02	<u>30.</u>	39. Tarkkailu
<u>31.</u>	46 19-06-34-09 02-01 17-24	05 <u>31.</u>	40. Reaktioaika
<u>32.</u>	-14-25 10 16 11 19-04-18 14	-34-50 <u>32.</u>	41. Pakko aika
<u>33.</u>	15 42-06 05 09 03-31-04-06	-20 01 15 <u>33.</u>	42. Reaktion häiriöt
<u>34.</u>	22 28-24-06-10 10-05 18 04	-12 10-26 44 <u>34.</u>	
<u>35.</u>	13 23 02-02-12-07-10 11-02	14 09 01 26 42 <u>35.</u>	43. Käden valintareaktiopistemäärä
<u>36.</u>	-22 06 11 24 14-02 11-11 35	15-11 01 36 43 46 <u>36.</u>	44. Jalan valintareaktiopistemäärä
<u>37.</u>	23 12-06 07-04-04 06 16 18	-25 05-01 36 66 70 47 <u>37.</u>	45. Käden valintareaktio aika
<u>38.</u>	30 32-10 05-15 00-05 11 07	-06-10 13 50 29 54 30 60 <u>38.</u>	46. Käden oikeat reaktiot
<u>39.</u>	26-08-12 17-36 05 12 28 12	04-16 07 23 39 42 24 47 45 <u>39.</u>	47. Jalan valintareaktio aika
<u>40.</u>	12 10-01 19 04 27 03 09-11	-27 04 16 01-26-40-39-24-26-49 <u>40.</u>	48. Jalan oikeat reaktiot
<u>41.</u>	-02-06 18 05-13 35 24 02 16	-07-14 28 04-22-03-06-11-03-20 65 <u>41.</u>	
<u>42.</u>	00 25-32-04-20 11-20-02 07	02 07-16 11 34 07 06 16 16 22-12-04 <u>42.</u>	
<u>43.</u>	21-06-36 05 00-10-06 04 07	12 08 03 24 12-05 09 08-01 21-05-09 01	<u>43.</u>
<u>44.</u>	-14 14 04-19-25 03-13-08 12	00-06-19 20 28-02 00 17 02 14-16-11 48	20 <u>44.</u>
<u>45.</u>	-13 14 26-09-06 14-04-05-26	-14-09 04-16-11-03-18-14-03-16 19 12-03	-91-17 <u>45.</u>
<u>46.</u>	24-12-35 09-16 08 04 14 16	06 07 04 22 29 01 14 23-04 36-07-09 05	92 28-80 <u>46.</u>
<u>47.</u>	14-06-04 08 11 00 03-04-20	-05 06 07-29-28 07-04-18-06-23 16 24-37	-32-90 24-42 <u>47.</u>
<u>48.</u>	12 09-09-01-26 07 08 19 25	07 03-27 24 29 01 08 19 04 24-06-10 41	31 82-30 39-79 <u>48.</u>

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

TAULUKKO 8

Rotatoitu faktorimatriisi (varimax). Riippumattomat kuntomuuttujat.

TABLE 8

Rotated factor matrix: varimax solution. Independent variables of fitness.

Variaabelit Variables ¹	I	II	III	h ²
21. Vauhditon pituushyppy	<u>71</u>	-07	26	58
22. Käsinkohonta	07	<u>-52</u>	30	36
23. Sukkulajuoksu	<u>-51</u>	17	-08	30
24. Makuulta istumaan	-11	33	10	13
25. Työsyke	-26	04	<u>-68</u>	53
26. Puristuksen kesto	18	16	<u>62</u>	44
27. Pituus	23	<u>84</u>	01	76
28. Paino	<u>55</u>	28	23	43
19. Säären pituus	-07	<u>75</u>	16	59
Ominaisarvot Eigenvalues	1.24	1.79	1.10	4.13
Prosentteina alkukommunaliteetista Per cent of starting communality (3.86)	32.1	46.4	28.5	107.0

¹ List of variables and factors. See Appendix 1

käden *Puristuksen kesto*. Vaikka faktori ei tarkasti vastaa eräiden kokonaismotoristen osakokeiden (juoksuosoritukset) analyysistä eriytyviä faktoreita, on sen katsottava vastaavan *KESTÄVYYDEN (ENDURANCE)* osatekijää tässä testissä (Fleishman 1964).

French (1951) on faktorianalyyttisten tutkimusten yhteenvedossa tulkinnut *Puristuksen keston* kuuluvan eräiden muiden variaabeleiden kanssa faktoriin *EPÄMUKAVUUDEN VÄLTÄMINEN (W; WITHSTANDING DISCOMFORT)*, joka edustaa jonkinlaista sisua, kykyä kestää fyysistä epämukavuutta ja jolla tämän analyysin perusteella näyttää olevan yhteyksiä paitsi motivaatiotekijöihin myös verenkiertoelimistön fysiologisiin vastauksiin kuormitustilanteessa (Petrie et al. 1960, Ryan 1969).

5. 1. 4 Riippumattomien variaabeleiden faktorirakenne; persoonallisuus, spatiaalis-visuaalisuus ja psykomotoriikka

Tässä analyysissä (Taulukko 7 ja 9) ei ollut vaikeutta faktoriluvun määräämisessä, sillä viimeinen yli 5 %:n osuuden yhteisen varianssin selitykseen lisäävä kuudes faktori oli myös tulkittavissa. Analyysin tuloksena syntyneistä faktoreista osa ryhmittyi aistinelimen ja sitä CRT-kokeessa vastaavan toimivan raajan perusteella. Ratkaisun periaate viittaa ns. yksikanavamalliin. Sen mukaan ihminen ottaa kerrallaan vastaan informaatiota vain yhdeltä aistinalueelta ja mikäli samanaikaisesti annettu informaatio tulee usealta aistialueelta, se helposti ylittää keskushermoston vastaanottokapasiteetin. Tällöin ihminen automaattisesti valikoi mille kanavalle lähinnä keskittyy (esim. Welford, 1968). Tästä saattaa olla seurauksena suoritustason aleneminen muilla aistinalueilla, mikä ilmeisesti vaikuttaa myös suoritustestien interkorrelaatioiden muodostumiseen.

I Faktori

Faktori on määrätynyt kolmesta erittäin vahvasta latauksesta, jotka osoittavat ajankäyttöä ja virheellisten reaktioiden nettomäärää valintareaktiokokeen visuaalisissa tehtävissä. On syytä kuitenkin panna merkille, että *Käden CRT-pistemäärä* on matemaattisesti riippuvainen kahdesta muusta variaabelista. Ottaen huomioon faktorianalyysin käyttötarkoituksen tässä tutkimuksessa ja sen, että mainitut kaksi muuta vahvaa latausta ovat toisistaan riippumattomia, ei ratkaisua voi pitää kohtalokkaana tulkinna. Faktori onkin selvästi nimettävissä *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* faktoriksi (*RESPONSE ORIENTATION*; arm/visual stimuli). Se vastaa Fleishmanin (1958) useissa analyysissä saamaa *RESPONSE ORIENTATION*-faktoria.

II Faktori

Tämä faktori on erittäin vahva kärkeisoiden ollessa *Asteikot*, *Vaipat* ja *Mekanismit*. Muutkaan visualisoinnin ja tilaa koskevien suhteiden havaitsemisen variaabelit eivät jää kovin kauaksi edellisten painokertoimista. Itse asiassa ryhmä muodostaa verraten yhtenäisen koesarjan, joka luonteenomaisimpien piirteidensä vuoksi saa nimen *SPATIAALIS-VISUAALINEN tekijä* (*SPATIAL VISUALIZATION*).

Faktori on varsin läheinen Frenchin (1951) mainitsemalle *SPACE-faktorille*, joka on määritelty kyvyksi suoriutua sellaisten kuvatehtävien ratkaisemisesta, jotka edellyttävät kolmiuloitteista havaitsemista.

III Faktori

Vastaavalla tavalla kuin käden reaktioita näköärsykkeisiin

edustaa analyysissä IV faktori, on tämä faktori katsottava *JALAN KUULOSUUNNISTUMISEKSI (RESPONSE ORIENTATION; leg/auditory stimuli)* CRT-kokeen ulkopuolelta antaa tälle faktorille latauksensa myös *Reaktion häiriöt*, joka mittaa käden suorituksen häiriöitä visuaalisten ärsykkeiden alueella. On ajateltavissa, että henkilöt suosivat joko käden tai jalan reaktioita toisen kustannuksella. Tulkintaa tukee erillisten faktoreiden muodostuminen yleensä tässä analyysissä.

IV Faktori

Faktoria lataavat suhteellisen voimakkaina visuaalisen diskriminaatioreaktiokokeen kaksi keskeistä nopeusmuuttujaa nopeutetussa ja vapaassa suorituksessa. Ryhmittymä on nimettävissä *REAKTIONOPEUS*-faktoriksi (*PERCEPTUAL SPEED*).

Frenchin (1951) katsauksen mukaan samalle faktorille tulevat reagoititehtävät sekä visuaaliseen että auditiiviseen ärsykkeeseen. Faktori edustaa nopeiden havaintojen ja tunnistamisten suorittamiskykyä ja vastaavia välittömiä reaktioita.

V Faktori

Faktoria hallitsevat kyselylomakkeen *Valhe-* ja *Neuroottisuus-*skaalat vastakkaismerkkisinä, ts. suureen *Neuroottisuus-*pistemäärään liittyvä pieni *Valhe-*pistemäärä ja päinvastoin.

Faktori on nimettävissä *NEUROOTTISUUDEKSI (neuroticism)*, vaikkakin *Valheasteikko* lataa yhtä voimakkaasti sitä. Lomakkeen kehittämisessä onkin opiskelijaryhmillä saatu säännöllisesti alhaisia negatiivisia korrelaatioita näiden asteikkojen välille (Konttinen 1968 a, Mäkinen 1968), mutta tässä ryhmässä vallinnut erityisen korostunut kilpailutilanne (jatkokoulutus) lienee syynä näin voimakkaaseen riippuvuuteen.

VI Faktori

Tämä faktori on suhteellisen heikosti määrittynyt, vaikka kärkevariaabelilla *EPI:n Ekstraversio-*skaalalla onkin voimakas lataus. *Reaktioajan* alhaista negatiivista latausta ei voi pitää tässä yhteydessä tulkita. Kärkimuuttujan mukaan faktori on nimettävissä *EKSTRAVERSIOKSI (extraversion)*.

5. 2. Liikemuuttujien selitysyhteydet

Riippuvan ja riippumattoman muuttujaryhmän välisiä yhteyksiä tarkastellaan seuraavassa pyrkimällä kuvauksen taloudellisuuteen siten, että riippumatonta muuttujistoa edustavat vain aineistosta lasketut yhdeksän faktorin komponenttipistemäärät, joita käytetään yhdessä selvittämään kussakin riippuvassa faktorissa ja variaabelissa 2. ja 4. mittauksessa esiintyvää varianssia. Tätä varten on laskettu regressioanalyysija vapaasti valikoivalla mallilla, jossa on useita selittäviä muuttujia. (IBM 1967, Ralston & Wilf 1960). Selvityksen pääkohteena

TAULUKKO 9

Rotatoitu faktorimatriisi (varimax). Riippumattomat persoonallisuuden, psykomotoriikan ja spatiaalis-visuaalisuuden muuttujat.

TABLE 9

Rotated factor matrix: varimax solution. Independent variables of personality, psychomotorics and spatial-visualization.

Variaabelit Variables ¹	I	II	III	IV	V	VI	h^2
30. EPI, Ekstraversio	09	-03	03	08	12	<u>80</u>	67
31. EPI, Neuroottisuus	08	-02	-05	00	<u>69</u>	-03	49
32. EPI, Valheasteikko	06	05	-21	-17	<u>-76</u>	-26	72
33. Tukikohdat	19	<u>53</u>	22	-18	-07	-27	48
34. Kääntelyt	10	<u>62</u>	29	15	31	-23	65
35. Vaipat	-06	<u>81</u>	-08	07	06	19	71
36. Kieritys	11	<u>61</u>	00	08	-03	19	43
37. Asteikot	07	<u>84</u>	12	08	11	-27	82
38. Mekanismit	-06	<u>72</u>	04	03	-18	-05	56
39. Tarkkailu	18	<u>54</u>	17	35	-24	04	53
40. Reaktioaika	-03	-34	-07	<u>-81</u>	05	-31	88
41. Pakko aika	-06	00	-08	<u>-83</u>	-19	07	74
42. Reaktion häiriöt	-07	17	<u>51</u>	02	11	02	31
43. Käden CRT-pistemäärä	<u>98</u>	02	11	01	00	03	97
44. Jalan CRT-pistemäärä	09	01	<u>96</u>	06	-01	-01	93
45. Käden CRT-aika	<u>-90</u>	-08	-06	-07	-05	-12	84
46. Käden O - V	<u>92</u>	11	21	05	01	-06	91
47. Jalan CRT-aika	-23	-02	<u>-89</u>	-15	10	06	88
48. Jalan O - V	23	07	<u>84</u>	-02	09	06	78
Ominaisarvot Eigenvalues	2.86	3.38	2.98	1.61	1.34	1.11	13.28
Prosentteina alku- kommunaliteetista	19.27	22.78	20.08	10.85	9.03	7.48	89.49
Per cent of starting communality (14.84)							

¹ List on variables and factors. See Appendix 1.

ovat tulokset 2. mittauksesta, joka kuormitustehtävää välittömästi edeltävänä on luonnollinen vertailukohde (ks. 5. 1. 2 Transformaatioanalyysit).

Regressioanalyysien valmistelua varten kummankin riippumattoman variaabeliryhmän faktorianalyysien jatkoksi laskettiin faktoripistemäärät (Harman 1967). Saadut faktoripistemäärät lähtötietoina laskettiin yhteinen komponenttianalyysi ja sen perusteella kullekin koehenkilölle uudet pistemäärät, joita käytettiin regressioanalyysissä. Tällä menettelyllä faktorit saatiin keskenään ortogonaalistetuiksi, ja lisäksi ne kattoivat esiintyvän varianssin kokonaan. Regressioanalyysin tulokinnan kannalta on tällä menettelyllä etuja siksi, että kunkin komponentin regressiokertoimet edustavat puhtaasti itseään ja että kertoimet ovat analyysistä toiseen vertailukelpoisia. Lisäksi on otettava huomioon, että standardoitujen pistemäärien käytön johdosta regressioanalyysien β -kertoimet ovat likimain samansuuruisia kuin vastaavien muuttujien väliset tulomomenttikertoimet (Liite 15), mikä auttaa tarkistusten tekemistä. Regressioanalyysin perusteella hyväksyttiin selittäjäksi tietty komponentti, jos sen mukaan ottaminen lisäsi varianssin selvitysastetta ($100 \times R^2$) vähintään 5 %:lla. Kutakin analyysia on yksityiskohtaisesti tarkasteltu silloin, kun tuloksena on ollut vähintään yksi (5 %:n tasolla) merkitsevä β -kerroin, joka on ollut myös tulkittavissa. Taulukossa 10 on esitetty yhdistelmä analyysien tuloksista 2. ja 4. mittauksessa ja Liitteessä 16 samat analyysit β -kertoimien ja yhteiskorrelaatiokertoimien avulla ilmaistuina. Mikäli vain jompi kumpi analyysistä on täyttänyt em. ehdot, on toisesta ilmoitettu vain korkein β -kerroin.

5. 2. 1 Regressioanalyysit, toinen mittaus

Analyysit osoittavat liikemuuttujien ja -faktoreiden olevan oletettua vähemmän yhteydessä selittäviin tekijöihin. Ainoastaan *TEMPON* alueeseen kuuluvien muuttujien analyysissä voidaan tuloksia pitää hyväksyttävänä.

Variaabeleiden *4. Nopeuden varianssi (P)*, *7. Maksiminopeus (P)* ja *11. Maksiminopeus (K)* analyysissä pystytään selittämään noin 40 % varianssista. Faktorin keskiryhmään kuuluvien muuttujien yhdistävänä piirteenä on vauhdikkuus tai ballistisuus/kiinteys, mikä liittyy ilmeisesti myös käden liikkeen korostuneisuuteen. Selittäjinä ovat *PITUUDEN* ja *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* komponentit positiivisin ja *NEUROOTTISUUDEN* negatiivisin β -kertoimin. Lisäksi *TEHOKKUUDELLA* ja *SPATIAALIS-VISUAALISELLA* tekijällä on negatiivinen kerroin *7. Maksiminopeuden (P)* samoin kuin *JALAN KUULOSUUNNISTUMISELLA* *4. Nopeuden varianssin (P)* analyysissä.

sa. Mainittakoon, että *TEMPON* kärkimuuttujien selittäjänä on *EKSTRAVERSIO*. Tämä yksityinen negatiivinen yhteys, joka tulee erityisesti esille 1. *Liikeajan (P)* analyysissä, on poikkeuksellisuutensa vuoksi syytä panna merkille.

Vaikka kaikkia analyysituloksia ei olekaan hyväksytty ja tulkittu, on yhdistelmätaulukkoon (Taulukko 10) koottu kaikki nekin, joissa R on ollut merkitsevä vähintään 5 %:n tasolla riippumatta merkitsevien β -kertoimien lukumäärästä. Taulukko antaa yleiskuvan mahdollisten selitysyhteyksien laadusta, joista faktoritason analyysien perusteella suurimmat sijoittuvat *AJOITUKSEN* (β -kertoimet: JK, S-V, N positiivisena ja KN negatiivisena) ja *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUDEN* (β -kertoimet: RN positiivisena ja KN negatiivisena) alueelle sekä pääasiassa toiseen mittaukseen.

5. 2. 2 Regressioanalyysit, neljäs mittaus.

TEMPON faktoritason yhteiskorrelaatio on tällä kerralla hyväksyttävissä ja sen selitysprosentti 37. Selitys muodostuu *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN*, *PITUUDEN* ja *TEHOKKUUDEN* kertoimista, joista viimeksi mainittu on negatiivinen. Muuttujatasolla yleiskuva on sama. *TEHOKKUUS* vahvistaa asemaansa (neg. yhteys) sekä 7. *Maksiminopeuden (P)* että nyt myös 3. *Keskinopeuden (P)* analyysissä. *SPATIAALIS-VISUAALINEN* tekijä on mukana kaikissa pään muuttujien analyysissä yhdenmukaisesti negatiivisin kertoimin. Selitysprosentti on keskimäärin 40. *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMINEN* ja *PITUUS* säilyttävät asemansa selittäjinä myös neljännessä mittauksessa. *TEHOKKUUDEN* ja *SPATIAALIS-VISUAALISEN* tekijän osuudet sen sijaan vahvistuvat jossain määrin samalla kun *NEUROOTTISUUDEN* ja *EKSTRAVERSION* aluevat.

TEMPON muuttujien analyysija lukuunottamatta yhteiskorrelaatiokertoimet näyttävät olevan yleensäkin pienempiä neljänellä kuin toisella mittauksella. Selittäjien painottuminen yhteiskorrelaatiokertoimessa näyttää siirtyvän jonkin verran fyysisen kunnan komponenttien (lähinnä *TEHOKKUUS*) vahvistumisen suuntaan muiden tekijöiden heikentymisen kustannuksella. Psykomotoristen ja spatiaalis-visuaalisten tekijöiden osuudet sen sijaan näyttävät säilyvän ennallaan tai vahvistuvan lievästi.

5. 3 Liikesuorituksen muuttuminen kuormitustilanteessa

Kokonaisliikkeessä koetilanteen aikana havaittavien muutosten selvittämiseksi verrattiin 1., 2., 4. ja 5. mittauksesta saatuja faktorien ja muuttujien arvoja (faktori- ja z-pisteinä) korreloivien keskiarvojen t-testillä (Vahervuo 1958). Liikefaktorien ja

liikemuuttujien eri mittauskertojen keskiarvot ja niiden erojen merkitsevyydet on esitetty Taulukossa 11. Alkuperäisten variaabelipistemäärien keskiarvot ja keskihajonnat ovat Liitteessä 17.

Kysymystä selvitettiin myös suorittamalla toistettujen mitausten varianssianalyysyjä, joissa kuormitusvaikutuksen modifiointumisen tutkimiseksi (ks. 5. 3. 2. ja 5. 3. 3.) luokittavina tekijöinä olivat vuorotellen riippumattomista variaabeleista lasketut komponentit *TEHOKKUS (TE)*, *PITUUS (P)* ja *KESTÄVYYS (KE)* sekä *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMINEN (KN)*, *SPATIAALIS-VISUAALINEN TEKIJÄ (S-V)*, *JALAN KUULOSUUNNISTUMINEN (JK)*, *REAKTIONOPEUS (RN)*, *NEUROOTTISUUS (N)* ja *EKSTRAVERSIO (E)* ja luokkina niiden perusteella määritellyt äärikolmannekset ($n=10$). Toisin sanoen kymmenen alimman pistemäärän saanutta muodostavat ryhmän 1 ja kymmenen ylimmän pistemäärän saanutta ryhmän 2. Kaikissa muissa luokituksissa *NEUROOTTISUUS*-faktoria lukuunottamatta käytettiin regressioanalyysia varten laskettuja komponenttipistemääriä. *N*-tasot muodostettiin alkuperäisten asteikkopistemäärien perusteella, joissa valhepisteiden vaikutusta ei ole otettu huomioon. Havaintoarvoina olivat 1., 2., 4. ja 5. mittauksista lasketut variaabeli- ja faktoripistemäärät.

Analyytit suoritettiin Winerin (1962, 302—318) esittämän mallin mukaan. Ne joissa esiintyy merkitseviä luokitusperusteen (ryhmän) tai kuormitustilanteen (mittauksen) omavaikutuksia tai edellisten yhdysvaikutuksia taikka mittauksen omavaikutuksia ryhmätasolla (simple main effect) on koottu Taulukkoon 12. Taulukkoon 13 on koottu yhdistelmä tärkeimmistä keskiarvomutoksista ja niiden suunnista toistetuissa mittauksissa.

5. 3. 1 Kuormituksen vaikutus

Tutkittavaa liikettä kuvaavissa faktoripistemäärissä (Taulukko 11) on merkitseviä eroja mittauskertojen välillä seuraavasti: *TEMPO (I)* välillä 1—4 suurenee, *KÄDEN LIIKKEET* kasvavat (*IV*) väleillä 1—4, 1—5, 2—4 ja 2—5, joista 2—4 on oleellisin, *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUS (V)* pienenee välillä 1—5 sekä *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS (VI)* välillä 4—5 lisääntyy.

Kokonaiskeskiarvojen muutosten *t*-testausten tulokset ovat yhdenmukaisia laskettujen varianssianalyysien tulosten kanssa, kun niitä vertaillaan kuormitustilanteen (mittauksen) omavaikutusten merkitsevyyksiin (Taulukot 12 ja 13). Pienet eroavuudet johtunevat siitä, että jälkimmäisessä ei ole mukana koehenkilöjoukon keskikolmanneksen tuloksia.¹

¹ Varianssianalyysija koskevat tietokoneliuskat ovat saatavilla Jyväskylän yliopiston pääkirjastossa.

TAULUKKO 10

Yhdistelmä multiregressioanalyysien tuloksista, 2. ja 4. mitaus, alkukoe. Analyysit joissa R on merkitsevä vähintään 5 % tasolla. Ks. Liite 15.

Merkki ± tai = : β-kerroin on merkitsevä vähintään 5 % tasolla. Merkki + tai - :Faktorin selvitysosuus on vähintään 5 %. Merkki (+) tai (-): Korkein β-kerroin; R ei ole merkitsevä.

TABLE 10

The multiregression analyses, 2nd and 4th measurement, initial experiment. Summary of the analyses with significant R at the 5 % level. See Appendix 15:

Sign ± or = : β-coefficient significant at the 5 % level. Sign + or - :The contribution of the factor to R exceeds 5 %. Sign (+) or (-) : The highest β-coefficient; R is not significant.

		Riippuvat variaabelit						Dependent variables									
		I				II		III		IV		V		VI			
selittävä faktori independent factors		I. TEMPO	1. Time of movement (H)	3. Mean velocity (H)	4. Variance of veloc.(H)	7. Maksiminopeus (P) Maximum velocity (H)	11. Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	14. Latency (H)	20. Liikeaika (J) Time of movement (L)	1. Liikeaika (P) Time of movement (H)	5. Radan laajuus (P) Width of path (H)	17. Radan laajuus (K) Width of path (A)	6. Phase of max. veloc.(H)	13. Tukivaihe (J) Supporting phase (L)	11. KÄDEN LIIKKEET ARM MOVEMENTS	16. Ajoitus (P) Timing (H)	17. Radan kaarevuus (K) Curvature of path (A) KÄDEN LIIKKEEN KAAREV. CURVATURE OF PATH (A)
	mittauskerta measurement	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.	2.4.
Tehokkuus	POW		+	=	=	=		(+)	+		+		(-)		-		
Pituus	HEI	++	+	++	++	++	++				+			+			
Kestävyys	END									(-)							
Käden näkösuun. ROA		++	-	++	++	++	+	=		-						-	
Spat.vis.tekijä SVI				+	+	+	+	+			++		+	++		++	
Jalan kuulosuun.ROL					=		-			=		++	++			++	
Reaktionopeus	PSP							1								++	
Neuroottisuus	NEU							+				+				(=)	
Ekstraversio	EXT	-	(+)	-			-			(+)						+	
100 x R ² (%)		27	37	26	57	41	37	29	33	22	26	29	30	10	35	23	

Faktoritasolla mittauksen omavaikutus on merkitsevä *KÄDEN LIIKKEET*-faktorin kaikissa analyyseissa. Muutos keskittyy välille 2—4. Variaabelitasolla käden liikkeiden lisääntyminen ilmenee erittäin yhtenäisesti 10., 11., 12., 17., 18. ja 19. muuttujassa. Muiden faktoreiden variaabelitason analyyseista vahvin mittauksen omavaikutus on 6. *Radan kaarevuuden (P)* vähentyminen. Tämän lisäksi vahvistuvat *TEMPOA* ja *LIIKELAAJUUTTA* koskevat tulokset 1. *Liikeajan (P)* ja 5. *Radan laajuuden (P)* osalta. Tarkastelun perusteella variaabelit on mahdollista jakaa kolmeen ryhmään sen perusteella, miten niiden pistemäärien muutoksissa näkyvät koetilanteen vaikutukset. *Ensimmäiseen* ryhmään, joka reagoi herkästi itse asiassa vain välillä 2—4, kuuluvat 5., 10., 11., 12., 17. ja 19. muuttuja eli yhtä lukuunottamatta kaikki *KÄDEN LIIKKEITÄ* painottavat ja toinen puoli *LIIKELAAJUUTTA* painottavista variaabeleista. *Toiseen* ryhmään, jonka pistemäärissä näkyy merkitseviä muutoksia välillä 4—5, kuuluvat 1., 3., 4., 6., 14., 16., 18. ja 20. eli miltei kaikki tärkeimmät *TEMPON* ja *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUDEN* muuttujat. *Kolmanteen* ryhmään jäävätkin loput eli 2., 7., 8., 9., 13. ja 15. muuttuja, joissa muutokset eivät yleensä yllä tilastollisen merkitsevyyden tasolle, mutta joissa ne tapahtuvat erittäin yhdenmukaista, aaltomaista kaavaa noudattamalla. Muutosta välillä 1—2 seuraa hieman suurempi vastakkainen muutos välillä 2—4, jonka jälkeen pistemäärät palaavat suunnilleen lähtötasolle välillä 4—5. Variaabelit kuuluvat ensisijaisesti faktoriin *AJOITUS* ja osittain faktoriin *LIIKELAAJUUS*. Kahden jälkimmäisen ryhmän variaabelit on mitattu käytännöllisesti katsoen vain pään ja jalan liikeradoista, ensimmäisen ryhmän variaabelit sen sijaan käden liikeradan perusteella.

5. 3. 2 Kuormituksen ja fyysisen kunnon yhdysvaikutukset

Selittävien tekijöiden modifioivaa vaikutusta pistemäärissä todettaviin muutoksiin tutkittiin tarkastelemalla varianssianalyysin yhdysvaikutuksia sekä vaikutuksia kussakin ryhmässä erikseen (Taulukot 12 ja 13).

Kunnon komponenttien ja kuormitustilanteen yhdysvaikutuksista faktoritasolla olivat merkitseviä ainoastaan *TEMPON* ja *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUDEN* analyysi *KESTÄVYYDEN (KE)* ollessa luokittavana tekijänä. *KE*-faktorin ylärhmä eli kestävyydeltään keskimääräistä parempi ryhmä osoittaa hienoisista suorituksen nopeutumista koko koetilanteen ajan ratojen kaarevuuden pysyessä väliä 4—5 lukuunottamatta lähes alku- tasolla. *KE*-faktorin alaryhmä käyttäytyy *TEMPON* osalta 4. mittaukseen asti samoin, mutta hidastaa tämän jälkeen suoritustaan päinvastoin kuin ylärhmä (yhdysvaikutus). *PÄÄN*

Faktori- ja z-pistemäärien keskiarvot (\bar{X}) ja keskihajonnat (s) alkukokeen eri mittauksissa. Keskiarvojen erojen merkitsevyydet testattuina riippuvien keskiarvojen t-testillä on osoitettu kunkin vertailtavan parin osalta viimeisessä sarakkeessa.¹

Means (\bar{X}) and standard deviations (s) of factor and z-scores in the repeated measurements of the initial experiment, and the levels of significance of the t-test.¹

	mittaukset measurements								Merkitsevyydet (t-testi) Level of significance (t-test)				
	1		2		4		5		1st/2nd	1st/4th	2nd/5th	2nd/4th	4th/5th
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s					
FAKTORIT FACTORS ¹													
1. TEMPO	-0.14	0.92	0.00	1.03	0.13	0.96	0.01	0.97	1.0				
2. LIIKELAAJUUS	0.08	1.02	-0.14	1.09	0.09	0.81	-0.02	0.96					
3. AJOITUS	-0.04	0.99	0.14	1.09	-0.07	0.86	-0.03	0.88					
4. KÄDEN LIIKKEET	-0.29	0.86	-0.23	0.99	-0.26	0.97	0.26	0.86	1.0	0.1	1.0	1.0	
5. PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUS	0.24	1.10	0.03	0.93	-0.13	0.64	-0.15	0.78		5.0			
6. KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS	0.01	0.81	-0.06	0.83	-0.06	0.82	0.14	0.80					5.0
Variabelit Variables													
1. Liikeaika (P)	0.19	0.99	-0.11	0.96	-0.06	0.99	-0.01	1.02	0.1	5.0			
2. Radan pituus (P)	0.18	1.05	-0.14	1.04	0.03	0.86	-0.07	1.01	1.0				
3. Keskinopeus (P)	-0.12	0.96	0.06	1.08	0.10	1.02	-0.03	0.92		5.0			
4. Nopeuden varianssi (P)	-0.07	0.95	0.04	0.94	0.04	1.03	0.00	1.07					
5. Radan laajuus (P)	-0.11	1.05	-0.20	1.16	0.16	0.80	0.15	0.89		5.0	5.0	5.0	
6. Radan kaarevuus (P)	0.38	0.99	0.03	1.00	-0.27	0.88	-0.14	0.99	1.0	0.1	0.1		
7. Maksiminopeus (P)	0.02	0.88	-0.10	1.12	0.10	1.04	-0.02	0.92					
8. Minimivaihe (P)	-0.01	1.05	0.17	1.05	-0.06	0.91	-0.09	0.96					
9. Maksimin vaihe (P)	0.00	1.04	0.12	1.11	-0.10	0.87	-0.01	0.94					
10. Radan pituus (K)	-0.09	0.77	-0.22	0.96	0.13	1.03	0.17	1.14			5.0	1.0	
11. Maksiminopeus (K)	-0.26	0.93	-0.17	1.06	0.31	0.82	0.14	1.05	0.1	1.0	1.0		
12. Maksimin vaihe (K)	0.24	0.94	0.17	1.02	-0.26	0.96	-0.15	0.98		5.0			
13. Tukivaihe (J)	-0.07	1.08	0.16	1.10	-0.08	0.92	-0.02	0.85					
14. Latenssi (P)	0.15	0.88	-0.07	0.86	-0.10	1.17	0.02	1.03	5.0				
15. Kallistuskulma (P)	-0.02	1.07	-0.08	0.96	0.15	0.94	-0.04	1.00					
16. Ajoitus (P)	-0.11	1.26	-0.02	1.08	0.04	0.71	0.09	0.84					
17. Radan laajuus (K)	-0.18	0.92	-0.25	1.09	0.21	0.96	0.22	0.93		5.0	5.0	5.0	5.0
18. Radan kaarevuus (K)	-0.01	0.90	-0.26	0.90	-0.02	0.95	0.30	1.15	1.0		5.0	5.0	5.0
19. Ajoitus (K)	-0.25	0.93	-0.18	0.98	0.20	1.02	0.23	0.97		1.0	1.0	1.0	
20. Liikeaika (J)	0.15	1.11	-0.01	0.96	-0.11	1.09	-0.03	0.78					

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

Kuviot keskiarvomuutoksista. Ks: Graphic illustration of changes. See: Kirjonen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sport, Physical Education and Health, 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

LIIKKEEN KAAREVUUDEN osalta *KE*-alaryhmässä loivakaa-
risuus lisääntyy selvästi mittauksesta toiseen, mikä yhdistetty-
nä havaittuun nopeuden alenemiseen 5. mittauksessa saattaa
olla osoitusta raskasliikkeisyyden lisääntymisestä ja kuormitus-
vaikutuksesta (vrt. Kirjonen 1970 a). Ääriryhmissä tapahtuvat
muutokset (simple main effects) näyttävät yleensä noudattavan
sitä käytäntöä, että *KESTÄVYYDEN* ja *PITUUDEN (PI)* ala-
ryhmässä muutokset, ratojen laajuuden ja käsien liikkeiden
kasvu ovat merkitseviä samoin kuin *TEHOKKUUDEN (TE)*
yläryhmässä pään radan kaarevuuden väheneminen ja käsien
liikkeiden kasvu.

Variaabelitasolla tämä näkyy erityisen selvästi *PÄÄN LIIK-
KEEN KAAREVUUDEN* kärkimuuttujien keskiarvoissa, joista
16. Ajoituksen (P) analyysissä yhdysvaikutus on merkitsevä
siten, että heikomman *KE*-ryhmän radan laajuus lisääntyy, kun
taas parhaan vähenee. Lisäksi heikomman ryhmän *6. Radan
kaarevuus (P)* vähenee enemmän kuin parhaalla ryhmällä.
Muutokset ovat selvimpiä 2. ja 5. mittauksen välillä. *TEMPON*
muuttujien analyyseissa ei merkitseviä yhdysvaikutuksia esiin-
ny. *KESTÄVYYDEN*-komponentin merkitys muutosilmiöitä seli-
tettäessä näkyy vielä 6. faktorin kärkimuuttujan *18. Radan
kaarevuus (K)* analyysissä, jossa yhdysvaikutus on merkitse-
vä, koska *KE*-yläryhmän käden radan kaarevuus lisääntyy voi-
mokkaasti 2. mittaukserran jälkeen alaryhmän pysyessä käy-
tännöllisesti katsoen alkutasollaan. Tämä on ilmeisesti suoritus-
nopeuden lisääntymisen kanssa rinnakkainen muutos. Käden
faktoreiden alueellahan yleensä *KESTÄVYYDELTAÄN* hei-
koimmat osoittavat voimakkaimmoin koetilanteen vaikutuk-
set. Edellisten lisäksi voidaan havaita vielä yksi merkitsevä
yhdysvaikutus, sillä *15. Kallistuskulman (P)* muutos näyttää
riippuvan jossain määrin *PITUUDESTA*. Välin 2—4 lievän ja
samanlaisen pistemäärien nousun jälkeen pitkien ja lyhyiden
ryhmät eroavat välillä 4—5 edellisten vähentäessä ja jälkim-
mäisten lisätessä kallistusta eteenpäin.

Yleiskuva fyysisen kunnon yhdysvaikutuksista liikkeen omi-
naispiirteiden muutoksiin kuormitustilanteessa on:

- että niitä esiintyy pääasiassa liikkeen *TEMPON* ja *PÄÄN
LIIKKEEN KAAREVUUDEN* pistemäärissä, jolloin vii-
meksi mainittuun liittyy myös radan laajuuden muutoksia,
- että yhdysvaikutuksia aiheuttaa ensi sijassa *KESTÄVYY-
DEN*, mutta osittain myös *PITUUDEN* komponentti,
- että *KE*-alaryhmällä suoritusnopeus pysyy lähes alkutasol-
la välillä 1—4 ja laskee lopuksi välillä 4—5; välillä
1—4 pään radan kaarevuus vähenee,

- että *KE*-yläryhmällä puolestaan tapahtuu suorituksen jatkuvaa nopeutumista,
- että *PI*-alaryhmällä ilmenee pään radan laajuuden, ylävartalon kallistuman sekä osittain näihin liittyen myös käden radan laajuuden lisääntymistä lähinnä välillä 2—4.

5. 3. 3 Kuormituksen ja muiden riippumattomien tekijöiden yhdysvaikutukset

Faktoritasolla on todettavissa vain yksi merkitsevä yhdysvaikutus (Taulukot 12 ja 13). *JALAN KUULOSUUNNISTUMISEN (JK)* yläryhmään kuuluvien eli keskimääräistä paremmin suoriutuneiden *AJOITUKSEN* pistemäärät laskevat välillä 2—4 samalla kun alaryhmään kuuluvien kohoavat mittausvälillä 1—4. Variaabelitasolta käy lähemmin ilmi, että kysymyksessä on *JK*-alaryhmässä 9. *Maksiminopeuden vaiheen (P)* siirtyminen myöhemmäksi ja yläryhmässä jyrkästi aikaisemmaksi. Voidaan lisäksi nähdä, että tämän komponentin muutoksia modifioiva vaikutus esiintyy yleensäkin ylä- eli 2. ryhmässä eri faktoreiden alueilla.

Merkitseviä yhdysvaikutuksia variaabelitasolla on *NEUROOT-TISUUDEEN (N)* komponentilla muutamissa *TEMPON* ja *AJOITUKSEN* variaabeleissa tapahtuviin muutoksiin. *N*-alaryhmän eli vähemmän neuroottisten 1. *Liikeaika (P)* pienenee mittauskerroittain muutoksen ollessa välillä 1—2 näkyvin. Yläryhmä pysyy lähes alkutasolla. 3. *Keskinopeus (P)* muuttuu vastaavalla tavalla, vaikka yhdysvaikutus ei olekaan merkitsevä. 8. *Miniminopeuden vaihe (P)* siirtyy myöhäisemmäksi *N*-alaryhmässä välillä 1—2 ja sen sijaan aikaisemmaksi yläryhmässä jatkuvasti mittauksesta toiseen yhdysvaikutuksen ollessa myös merkitsevä.

Myös *EKSTRAVERSION (E)* komponentilla on yhdessä analyysissä merkitsevä yhdysvaikutus. *E*-yläryhmässä eli enemmän ekstraverttien *KÄDEN LIIKKEIDEN* variaabelin 10. *Radan pituus (K)* lisääntyy erityisesti välillä 2—4, kun se alaryhmässä jonkin verran pienenee välillä 1—2. Käden liikkeiden lisääntyminen eri variaabeleissa yleisestikin ilmenee juuri *E*:n yläryhmässä selvimmin.

Muutamissa analyyseissa on lisäksi ilmennyt joitakin merkitseviä muutoksia vain toisessa ääriryhmässä. *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* alaryhmän keskiarvot muuttuvat merkitsevästi useiden variaabeleiden analyyseissa (käden liikeet ja kaarevuus lisääntyvät, pään liikeaika ja kaarevuus vähenevät enemmän kuin yläryhmässä). *JALAN KUULOSUUNNISTUMISEN* yläryhmässä voimakkaammin kuin alaryhmässä tapahtuu aikaisemmin mainittujen muutosten lisäksi ratojen laa-

TAULUKKO 12

Yhdistelmä varianssianalyysien vähintään 5 %:n tasolla merkittävistä F-suhteista. Alleviivattu luku on merkitsevä 1 %:n tasolla. Analyysit on laskettu kunkin luokittavan faktorin pistemäärien muodostamien ääriluokkien tuloksista aikukokeen neljässä toistetussa mittauksessa.¹

TABLE 12

The analyses of variance. Summary of the F-ratios significant at the 5 %-level, those underlined even at the 1 %-level. The analyses comprise the scores of four repeated measurements in the initial experiment. Groups 1 (low) and 2 (high), 10 subjects in each, are classified by independent factor score. Source of variation: g = group, m = measurement, g x m = interaction and simple main effect (group).¹

Riippuva faktori Dependent factor		Riippuva muuttuja Dependent variable																				
Independent classifying factor/ source of variation		TEMPO TEMPO	LEIKELAJUUS WIDTH	KÄDEN LIIKKEET ARM MOVEMENTS	PÄÄN L. KAAREVUUS CURVATURE OF PATH (H)	Liikeaika (P) Time of movement (H)	Radan laajuus (P) Width of path (H)	Radan kaarevuus (P) Curvature of path (H)	Maksiminopeus (P) Maximum velocity (H)	Radan pituus (K) Length of path (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	Maksiminopeus (K) Maximum velocity (A)	
		I	II	IV	V	1	5	6	7	10	11	12	15	16	17	18	19	20				
TEHOKKUUS POWER																						
ryhmät (g)		-	-	-	-	-	-	-	6.34	-	4.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.77
mittaukset (m)		-	-	<u>5.98</u>	-	3.00	-	<u>9.53</u>	-	-	<u>4.44</u>	-	-	-	-	3.20	<u>5.15</u>	<u>5.34</u>	-	-	-	-
yhdyksvaikutus (gxm)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)		-	-	<u>5.47</u>	<u>4.32</u>	3.50	-	<u>7.87</u>	-	-	-	-	-	-	-	3.19	3.29	4.28	-	-	-	-
				(2)	(2)	(2)		(2)								(2)	(2)	(2)				
PITUUS HEIGHT																						
ryhmät (g)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mittaukset (m)		-	-	3.47	-	-	-	<u>6.49</u>	-	-	<u>5.60</u>	-	-	-	-	-	-	3.09	-	-	-	-
yhdyksvaikutus (gxm)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.88	-	-	-	-	-	-	-	-
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)		-	2.95	3.45	-	-	3.62	<u>6.76</u>	-	-	<u>4.57</u>	-	-	-	-	3.49	-	-	-	-	-	-
			(1)	(1)			(1)	(1)			(1)					(1)						
KESTÄVYYS ENDURANCE																						
ryhmät (g)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mittaukset (m)		-	-	<u>6.02</u>	-	-	3.15	<u>4.55</u>	-	<u>4.75</u>	3.64	-	-	-	-	<u>4.56</u>	3.67	<u>6.58</u>	-	-	-	-
yhdyksvaikutus (gxm)		3.30	-	-	3.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)		-	-	3.79	<u>4.66</u>	-	-	3.48	-	3.91	-	4.14	-	<u>4.69</u>	-	<u>6.66</u>	4.13	-	-	-	-	-
				(1)	(1)			(1)		(1)		(1)		(1)		(2)	(1)					

kiippumaton luokitettava faktori/ variaatiolähde	Riippuva faktori Dependent factor						Riippuva variaabeli Dependent variable														
Independent classifying factor/ source of variation	I	II	III	IV	V	VI	1	2	3	5	6	8	9	10	11	12	14	17	18	19	
KÄDEN NÄKÖSUUN.																					
RESPONSE ORIENT. (ARM)																					
ryhmät (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
mittaukset (m)	-	-	-	<u>5.60</u>	-	2.84	-	2.88	-	3.30	<u>8.30</u>	-	-	-	<u>5.83</u>	-	-	-	-	4.15	
yhdysvaikutus (gxm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)	-	-	-	<u>5.16</u>	-	-	3.68	2.92	-	-	<u>7.78</u>	-	-	-	<u>4.68</u>	-	-	2.98	4.30	3.75	
				(1)			(1)	(1)			(1)				(1)			(1)	(1)	(1)	
JALAN KUULOSUUN.																					
RESPONSE ORIENT. (LEG)																					
ryhmät (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.82	-	-	-	-	-	-	-	
mittaukset (m)	-	-	-	<u>6.38</u>	3.00	3.21	-	3.01	-	<u>5.20</u>	<u>5.45</u>	-	-	2.90	3.74	3.02	-	<u>4.88</u>	-	<u>7.41</u>	
yhdysvaikutus (gxm)	-	-	2.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.74	-	-	-	-	-	-	-	
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)	-	3.06	-	3.73	3.54	3.46	-	-	-	<u>7.67</u>	<u>4.84</u>	-	3.09	-	-	-	-	2.89	-	<u>5.06</u>	
		(2)		(2)	(2)	(1)				(2)	(2)		(2)					(2)		(2)	
NEUROOTTISUUS																					
NEUROTICISM																					
ryhmät (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.38	-	-	-	
mittaukset (m)	-	-	-	<u>5.23</u>	-	-	-	-	-	-	<u>7.01</u>	-	-	-	<u>5.96</u>	3.23	-	3.19	-	-	
yhdysvaikutus (gxm)	-	-	-	-	-	2.92	-	-	-	-	-	-	<u>5.18</u>	-	-	-	-	-	-	-	
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)	3.48	-	-	3.91	-	-	<u>5.25</u>	-	3.24	-	-	-	-	-	-	4.10	-	-	-	3.04	
	(1)			(2)			(1)		(1)							(2)				(1)	
EKSTRAVERSIO																					
EXTRAVERSION																					
ryhmät (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
mittaukset (m)	-	-	-	3.62	-	-	-	-	-	-	<u>6.73</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.89	
yhdysvaikutus (gxm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	-	-	-	-	-	-	
mitt. eri ryhmissä (ryhmässä; in group)	-	-	-	3.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>4.63</u>	-	-	-	-	3.26	
				(2)											(2)					(2)	

¹ Kuviot keskiarvoprofiileista. Ks: Graphic illustration of mean profiles. See: Kirjonen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sports, Physical Education and Health, 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

juuden ja käden liikkeiden kasvua ja pään radan kaarevuuden alenemista. Voidaan lisäksi havaita, että *N*-yläryhmässä on taipumusta lisätä käden liikkeitä enemmän kuin alaryhmässä. *E*-yläryhmässä taas tapahtuu melko voimakasta käden radan kaarevuuden lisääntymistä.

Yleinen havainto on:

- että yhdysvaikutuksia esiintyy suhteellisesti eniten *AJOITUKSEN* alueella (vrt. Taulukko 11, kokonaiskeskiarvojen erot eivät ole merkitseviä) sekä jonkin verran *TEMPON* ja *KÄDEN LIIKKEIDEN* alueella,
- että yhdysvaikutuksia aiheuttavat *JALAN KUULOSUUNNISTUMISEN*, *NEUROOTTISUUDEN* ja *EKSTRAVERSION* komponentit,
- että *JK:n* ala- ja yläryhmän *AJOITUS* muuttuu välillä 2—4 vastakkaisiin suuntiin edellisen siirtyessä myöhemmäksi ja jälkimmäisen aikaisemmaksi,
- että muiden luokittavien tekijöiden (*N* ja *E*) alaryhmässä käden liikkeiden väheneminen sijoittuu välille 1—2 ja seuraa siten suoritusnopeuden lisääntymistä, kun niiden lisääntyminen yläryhmässä sijoittuu vaihdellen ensimmäisestä tai toisesta mittauskerrasta alkavaksi ja seuraa tällöin askeleen ajoituksen siirtymistä liikkeen kestoon nähden aikaisemmaksi ja
- että kuormitustilanteen vaikutukset ryhmätasolla kohdistuvat varsin yhtenäisesti *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* alaryhmään eri analyyseissa, vaikkakin ilman merkitseviä yhdysvaikutuksia.

TAULUKKO 13

Yhdistelmä niistä varianssianalyysien tuloksissa näkyvistä muutoksista, joissa esiintyy merkitsevä luokittavan tekijän ja mittauskerran yhdysvai-
kus ja joissa esiintyy yhtenäisesti toisessa ryhmässä merkitsevä muutos
mittauskerrasta toiseen. Merkitsevyytason alaraja: $P = 5\%$, $1 < 2$ jne. on,
mittausväli, jolla muutos pääasiassa ilmenee. Merkki $<$ tai $>$ osoittaa suu-
renevaa tai pienenvää pistemäärää.

TABLE 13

The analyses of variance. Summary of significant (at 5 % level) interactions
(group x measurement) and simple main effects (measurement) in dependent
factor and primary scores. The numbers (1 < 2 etc.) indicate the
measurement interval of the most essential change, and the signs $<$ or $>$
indicate the increase or decrease of the score.¹

		Luokittava faktori ja ryhmä															
		Classifying factor and group															
Riippuva faktori ja variaabeli		TEHOK- KUUS POW		PITUUS HEI		KESTÄ- VYYS END		KÄDEN NAKÖS. ROA		JALAN KUULOS. ROL		NEUROOT- TISUUS NEU		EKSTRA- VERSIO EXT			
Dependent factor and variable ¹		ryhmät		ryhmät		ryhmät		ryhmät		ryhmät		ryhmät		ryhmät			
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
I	TEMPO					4>5	1<5							1<2			
	TEMPO																
	1. Liikeaika (P)		1>2						1>2					1>2	2<4		
	3. Keskinopeus (P)													1<2			
II	LIKELAAJUUS			2<4									2<4				
	WIDTH																
	2. Radan pituus (P)								1>2								
	5. Radan laajuus (P)			2<4									2<4				
	15. Kallistuskulma (P)			2<4	4>5												
III	AJOITUS									1<4	2>4						
	TIMING																
	8. Minimivaihe (P)													1<2	1>4		
	9. Maksimivaihe (P)									1<4	2>4						
IV	KÄDEN LIIKKEET	2<4	2<4			2<4		2<4				2<4		2<4		2<4	
	ARM MOVEMENTS																
	17. Radan laajuus (K)	2<4	2<4					2<4				2<4					
	11. Maksiminopeus (K)		2<4					2<4									
	12. Maksimivaihe (K)					2>4								1>4			
	19. Ajoitus (K)	2<4				2<4		1<4				1<4	1>2				
V	PÄÄN L. KAAREVUUS			2>4									1>5				
	CURVATURE OF PATH(H)																
	16. Ajoitus (P)							2<5	2>5								
	6. Radan kaarevuus (P)	2>4	1>2			1>4	2>4					2>4					
VI	KÄDEN L. KAAREVUUS											4<5					
	CURVATURE OF PATH(A)																
	18. Radan kaarevuus (K)	2<5						2<5	2<5							2<5	
	10. Radan pituus (K)					2<4								1>2	2<5		

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

Graphic illustration of mean profiles. See: Kirjonen, J. (1971) On the
description of a human movement and its psychophysical correlates under
psychomotor loads. Studies in Sports, Physical Education and Health, 1.
Jyväskylä: University of Jyväskylä.

II Kymmenen viikon kestävyysharjoittelun vaikutuksista liikkeen ominaispiirteisiin sekä niiden muutoksiin kuormitustilanteessa

*Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko yhdessä
Pekka Sarviharjun kanssa¹*

1. JOHDANTO TUTKIMUKSEN TOISEEN OSAAN

Tutkimusohjelman tätä edeltäneissä osissa on mitattu henkilöiden kokonaismotoriikassa havaittavia muutoksia fyysisen ja psykomotorisen kuormitustilanteen kuluessa. Tällöin on pyritty kontrolloimaan tiettyjä yksilökohtaisia lähinnä fyysisen kuntoon liittyviä ominaispiirteitä sekä selvittämään viimeksimainittujen mahdollista vaikutusta suhteessa kuormitustilanteessa esiintyviin muutoksiin. Tällaisenaan koejärjestely on antanut mahdollisuuden monipuolistaa liikkeen kuvausta sekä tarjonnut joitakin lähtökohtia ilmiöiden selitysyrityksille.

Tämän tutkimuksen ensimmäisen osan ehkä tärkeimpään kysymykseen fyysisen kunnan motorisia toimintoja modifioivasta vaikutuksesta kuormitustilanteessa on ajateltu saatavan lisävalaistusta pyrkimällä saman koeasetelman avulla järjestelmällisesti vaikuttamaan myös koehenkilöiden kunnan tasoon. Selvästi osoitettavista kuntoharjoittelun vaikutuksista fyysisen toimintakykyisyyteen seuraa todennäköisesti myös liikkeiden suorituksellisia muutoksia sekä tätä laaja-alaisempaa esimerkiksi tavanomaisissa työ- tai harrastustehtävissä esiintyvien kuormitustilanteiden sietokyvyn paranemista.

Otaksumat ovat saaneet tukea mm. tämän tutkimusohjelman aikaisemmista tuloksista. Niiden mukaan erityisesti kestävyydellä (määriteltynä lähinnä työkokeessa mitatun työsykkeen avulla) on huomattavia vaikutusyhteyksiä psykomotorisissa kuormitustilanteissa mitattuihin motoristen toimintojen muutoksiin (Hammerton & Tickner 1968, Teichner 1968). Tämän tutkimuksen tuloksista on ilmennyt lisäksi, että liikkeen ominaispiirteiden eri dimensioista erityisesti liikkeen tempo, ratojen laajuus ja käsien liikkeet korreloivat eniten vaikkakaan eivät kovin voimakkaasti kunnan komponentteihin. Lisäksi on näyttänyt siltä, että kestävyuden ja mittauksen yhdysvaikutus ilmenee

¹ Avustajina ovat olleet: Erkki Mattila, Risto Nieminen ja Annikki Poutiainen.

kuormitustilanteessa todennäköisimmin pään ratojen kaarevuuden ja laajuuden, käsien liikkeiden sekä osittain myös tempon alueella (ks. I osa: 5. 3. 2. Kuormituksen ja fyysisen kunnon yhdysvaikutukset). Nämä ovat alemman kuntotason ryhmillä liittyneet keskimääräistä loivempiin ja laajempiin liikeratoihin sekä voimakkaampiin käsiliikkeisiin verrattaessa kuormitustilanteen jälkeen suoritettuja mittauksia alkumittauksiin.

Tutkimusta jatkettaessa onkin lähdetty siitä, että kestävyys on tietty toimintakykyisyyden komponentti, jolla on yhteyksiä kokonaismotorisiin liikkeen ominaispiirteisiin sekä modifioivia vaikutuksia kuormitustilanteessa todettavin muutoksiin. Rasittavuudeltaan porrastetun kestävyysharjoittelujakson jälkeen järjestetyssä kuormitustilanteessa arveltiin voitavan osoittaa mainittuja vaikutusyhteyksiä verrattuna tuloksia harjoittelua edeltäneisiin mittauksiin.

Harjoittelun rasittavuutta voidaan muuttaa muuttamalla yksityisten harjoituskertojen tiheyttä ja/tai kertakuormaa. Tutkimuksen edellyttämän melko pitkän aikajakson kuluessa vapaaehtoisten koehenkilöiden fyysisen kunnon tasoon vaikuttaminen tapahtunee parhaiten kertakuorman muutoksin tai yhdistämällä kumpaakin menettelyä sopivasti. Koska ei ole riittävästi tietoa harjoittelukuorman ja kuntomuutoksen välisen riippuvuuden laadusta, on turvauduttava viivallisuuden perusoletukseen huolimatta siitä että suhde voi olla myös käyräviivainen. Oletus on siten sopusoinnussa myös tulostulkittelyn kanssa, joka perustuu viivallisiin tilastomalleihin. Epävarmuus riippuvuuden laadusta ja vaikeus porrastaa kertakuormat tasavälisesti pitämällä samalla kiinni maksimaalisista ryhmäeroista aiheuttaa sen, että harjoitusvaikutuksia koskevissa oletuksissa ei voida jyrkästi puhua muutosten lineaarisuudesta suhteessa harjoittelun rasittavuuteen. Muutosten voidaan korkeintaan ajatella olevan monotonisesti riippuvuudessa harjoittelun rasittavuuteen.

Tutkimusasetelmassa, jossa mittaukset toistetaan samoilla koe- ja vertailuryhmillä on usein tarpeellista varsinaisten riippuvien muuttujien tarkastelun lisäksi tutkia, mihin muuhun esimerkikisi tietty tilannetekijä, harjoitus tms. on vaikuttanut. Erityisesti ihmistä tutkivien tieteiden piirissä tilanne on ongelmallinen pitkähkön aikavälin kattavien havaintosarjojen seuranta tutkimuksissa (esim. Underwood 1957). Kaikkia tekijöitä, jotka saattavat muuttaa yksilön ominaisuuksia tai käyttäytymistä ei voi vakioida eikä edes kontrolloida. Aiheellisinta olisi pyrkiä kontrolloimaan sellaiset yksilömuuttujat, jotka todennäköisesti voivat korreloida tutkimuksen varsinaisiin riippuviin muuttujiin. Tässä tutkimuksessa tällaisia ovat kuntomuuttujat ja kuormituksessa käytetyn CRT-kokeen muuttujat.

2. ONGELMAT JA HYPOTEESIT

Ongelma 5: *Mitä muutoksia liikkeen kinemaattisissa ominaispiirteissä voidaan todeta kestävyysharjoittelun jälkeen ja miten mahdollisesti havaittavat muutokset ovat yhteydessä harjoittelun rasittavuuteen harjoitustavan ja -ajan pysyessä vakiona?*

H 1₅ Henkilöiden välisten kestävyiden erojen todennäköisen suurenemisen johdosta merkitseviä muutoksia todetaan käsien liikkeitä, tempoa ja ratojen laajuutta mittaavissa variaabeleissa.

H 2₅ Pistemäärien muutokset ovat monotonisessa riippuvuudessa harjoittelun rasittavuuteen, ts. riippuvuuksien ei oleteta olevan käyräviivaisia. Vaikka ei olekaan voitu tehdä oletuksia muutoksien suunnista, harjoituksen mahdollisten vaikutusten oletetaan olevan verrannollisia sykkeenä mitattuun harjoituksen rasittavuuteen.

Ongelma 6: *Mitä muutoksia liikkeen kinemaattisissa ominaispiirteissä voidaan todeta toistettaessa mittaukset samanlaisessa psykomotorisessa kuormitusilanteessa ennen kestävyysharjoittelua ja sen jälkeen ja miten jälkimmäisessä kokeessa mahdollisesti havaittavat muutokset ovat yhteydessä edeltäneen harjoittelun rasittavuuteen?*

H 1₆ Loppukokeessa liikkeen ominaispiirteiden muutokset ovat vähäisempiä kuin alkukokeessa tilanteeseen tottumisen ja harjoittelun vaikutusten johdosta. Tutkimuksen aikaisempien tulosten perusteella muutoksia voi silti esiintyä ensi sijassa käsien liikkeiden ja pään liikeradan laajuuden variaabeleissa.

H 2₆ Loppukokeessa todettavat muutokset ovat monotonisessa riippuvuudessa harjoittelun rasittavuuteen, ts. riippuvuuksien ei oleteta olevan käyräviivaisia. Kuormituksen mahdollisten vaikutusten oletetaan olevan verrannollisia sykkeenä mitattuun harjoittelun rasittavuuteen.

3. MENETELMÄT

3.1 Koehenkilöt ja koeasetelma

Koeasetelman ja siihen liittyvän harjoittelun on suunnitellut ja toteuttanut P. Sarviharju lisensiaattityötään varten tarvitsemansa aineiston keräämiseksi. Eräiden alkuperäisen ryhmäjaon heikkouksien vuoksi sitä on jouduttu tätä tutkimusta varten jonkin verran muuttamaan, jolloin koehenkilöiden lukumäärää on ollut tarpeen pienentää alla esitetyn mukaisesti.

Koehenkilöinä olivat samat varusmiehet (30) kuin tutkimuksen I osassa. Kestävyysharjoittelua varten heidät jaettiin satunnaisesti kolmeen 10 henkilön ryhmään. Ryhmät harjoittelivat täysin samanlaisissa olosuhteissa ja harjoitustapa ja -aika oli kaikilla ryhmillä vakioinen. Harjoituksia ohjasi ja valvoi koko ajan sama henkilö. Koehenkilöille ei annettu tietoa kuulumisesta johonkin tiettyyn koeryhmään.

Ensimmäisellä koeryhmällä eli kontrolliryhmällä harjoittelu oli vain näennäistä, sillä harjoituskuorma oli hyvin pieni. Toinen ja kolmas koeryhmä osallistui varsinaiseen kestävyysharjoitteluun, jonka rasittavuus oli 2. ryhmällä luokiteltavissa raskaaksi ja 3. ryhmällä hyvin raskaaksi (Christensen 1953).

Tarkistettaessa myöhemmin ryhmäjako havaittiin, että yhteen ryhmään oli tullut kaksi kestävyydeltään jo ennestään erittäin hyväkuntoista koehenkilöä, jotka poikkesivat muista koehenkilöistä. Tällöin päätettiin alkukokeen yhteydessä mitatun työsykkeen ja rajatapauksissa myös sukkulaajuksuajan perusteella yrittää löytää toisiaan vastaavat koehenkilöt kustakin ryhmästä. Tällaisia samanlaistettuja vastinkolmikoita muodostui kahdeksan, joten kaksi koehenkilöä jäi pois kustakin koeryhmästä ennen jatkokäsittelyn aloittamista. Lopulliseksi koehenkilömääräksi tuli siten 24 eli kahdeksan henkilöä kuhunkin koeryhmään (Kirjonen & Nieminen 1970).

Alkukokeeseen liittynyt kuormitus ja sen yhteydessä tapahtuneet koeliikkeiden kuvaukset suoritettiin 22. 1. — 8. 2. 1968 ja fyysisen kunnan testaus 13. 2. 1968. Tämän jälkeen kukin koeryhmä harjoitteli oman ohjelmansa mukaan Kappaleessa 3. 2. mainitulla tavalla keskimäärin kymmenen viikon ajan, minkä jälkeen suoritettiin loppukoe ja siihen liittyvät koeliikkeiden kuvaukset 10. 4. — 26. 4. sekä fyysisen kunnan testaukset 26. 4. 1968. Psykomotorisena kuormituksena oli 54 minuuttia kestänyt valintareaktiokoe sekä alku- että loppukokeessa (ks. I osa: 3. 3. 4). Kaksi koeliikettä valokuvattiin ennen kuormitusta, kaksi sen aikana ja kaksi kuormituksen jälkeen (Taulukossa 14 koeasetelman kaavio). Koeliike ja valokuvaukset on esitetty yksityiskohtaisesti aikaisemmin (I osa: 3. 1. ja 3. 2.).

TAULUKKO 14

Koeasete'ma. Kuormitusjaksojen ja koeliikkæen suorituskertojen sijoitus.

TABLE 14

The experimental design. The schedule of successive tests.

KOEASETELMA DESIGN

	INSTRUKTIOT	INSTRUCTIONS																	
1. KOE- RYHMÄ (H ₉₀) GROUP	HARJOITUSLIIKE WARM-UP																		
	1. KOELLIKE KUVAUS 1st EXPOSURE																		
	2. KOELLIKE KUVAUS 2nd EXPOSURE																		
	CRT - TEST (2 MINUTES)																		
	TAUKO PAUSE (1 MINUTE)																		
	CRT - TEST (2 MINUTES)																		
2. KOE- RYHMÄ (H ₁₄₀) GROUP	3. KOELLIKE KUVAUS 3rd EXPOSURE																		
	CRT - TEST (25 MINUTES)																		
	4. KOELLIKE KUVAUS 4th EXPOSURE																		
	CRT - TEST (25 MINUTES)																		
	5. KOELLIKE KUVAUS 5th EXPOSURE																		
	6. KOELLIKE KUVAUS 6th EXPOSURE																		
3. KOE- RYHMÄ (H ₁₆₀) GROUP																			
A L K U K O E INITIAL EXPERIMENT										HARJOITTELU TRAINING 30 min 4x a week 10 weeks					L O P P U K O E FINAL EXPERIMENT				

3. 2 Kestävyysharjoittelu ja sen suorittaminen

Koehenkilöt harjoittelivat polkupyöräergometrilla polkien 30 minuuttia kerrallaan kolmena tai neljänä päivänä viikossa yhteensä noin kymmenen viikon ajan. Tänä aikana koehenkilöille järjestettiin keskimäärin 37 harjoitustilaisuutta (vaihteluväli 35—41) ja näihin harjoituksiin osallistuivat 1. ryhmän koehenkilöt keskimäärin 30,4 (25—34) 2. ryhmän koehenkilöt 31,0 kertaa (27—33) ja 3. ryhmän koehenkilöt keskimäärin 28,2 kertaa (24—32).

Harjoittelukauden aikana koehenkilöt pitivät harjoituspäiväkirjaa ylimääräisistä harjoituksistaan. Kontrolliryhmän eli 1. ryhmän koehenkilöt harjoittelivat ylimääräisesti keskimäärin 5,8 kertaa (4—9), 2. ryhmän henkilöt 6,1 kertaa (3—11) ja 3. ryhmän henkilöt keskimäärin 6,2 kertaa (3—12). Valvottujen ja ylimääräisten harjoituskertojen määrä ja sijoittuminen harjoituskaudelle on esitetty koehenkilöittäin Liitteessä 18.

Harjoitusten rasittavuutta säädeltiin harjoituskuormaa muuttamalla, jolloin rasittavuuden kriteerinä oli koehenkilön työsyke. Kontrolliryhmän eli 1. ryhmän koehenkilöille valittiin kuorma siten, että syke polkemisen aikana pysyi noin 90—100 lyöntiä minuutissa (kuorma 150—300 kpm/min). Toisen ryhmän koehenkilöiden työsyke pyrittiin polkemisen aikana pitämään noin 140 lyöntiä (kuorma keskimäärin 888 kpm/min) ja kolmannen ryhmän henkilöiden työsyke vastaavasti 160 lyöntiä minuutissa (kuorma 1161 kpm/min). Työsykkeen alenemisen takia kuormaa lisättiin harjoittelun aikana 2. ryhmällä keskimäärin 117 kpm/min ja 3. ryhmällä 81 kpm/min työsykkeen pysyttämiseksi edellä mainituissa arvoissa koko harjoittelun ajan. Työsykettä kontrolloitiin polkemisen aikana joko stetoskoopilla tai EKG:lla 2—3 kertaa kuukaudessa ja kuormaa lisättiin näiden kontrollointitulosten perusteella.

Koehenkilöiden fyysinen kunto mitattiin harjoitteluvaikutusten toteamiseksi ennen harjoittelukautta ja sen jälkeen. Kolmea koehenkilöä lukuunottamatta koko koehenkilöjoukko testattiin samoina päivinä. Kumpaakin testauskertaa edelsivät portaittaisesti psykomotoriset kuormituskokeet Liitteen 19 mukaisesti. Fyysisen kunnan osatesteinä olivat työsyke polkupyöräergometriyössä (kuorma 1200 kpm/min), vauhditon pituushyppy, käsinkohonta, sukkulajuoksu, makuulta nousu istumaan, puristuksen kesto, pituus, paino ja säären pituus. Niiden yksityiskohtainen kuvaus ja suoritusohjeet on esitetty Liitteessä 7 ja 8. Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta työsyke aleni 2. ryhmällä (11,0 lyöntiä/min) ja 3. ryhmällä (7,4 lyöntiä/min) merkitsevästi. Lisäksi vauhdittoman pituushypyn tulos parani 3. ryhmän koehenkilöillä merkitsevästi. Harjoittelun vaikutukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kappaleessa 5. 1. *Harjoittelun yleiset vaikutukset fyysiseen kuntoon ja CRT-pistemääriin*. Kuormitus- ja testauspäiviin ja niitä edeltäneisiin päiviin ei sisällynyt mitään fyysistä tai psyykkistä kuormittamista. Koehenkilöillä oli joitakin viikonloppuja ja koepäiviä lukuunottamatta samat olosuhteet, sama päiväohjelma ja ruokavalio sekä ruokailuajat. Koepäivinä aamiainen syötiin klo 6.30, lounas klo 11.15 ja päivällinen klo 17.00. Kahvin, teen, kaakaon, colan tms. nauttiminen oli kiellettyä, elleivät ne sisältyneet mainittuihin aterioihin. Nautitun ruoan määrää ei mitattu mutta ylensyömistä kehoitettiin välttämään. Tupakointi oli kielletty koepäivinä näyttöidenottojen välillä ja alkoholin nauttiminen oli kielletty kolmen vuorokauden ajan ennen kuormituspäiviä.

3. 3 Variaabelit

Tutkimuksen II osan muuttujat olivat samat, joita käytettiin I osassa. Valokuva-aineistoon perustuvat mittaukset suoritettiin kuitenkin uudelleen Vanguard-liikeanalyysilaitteella. Yksityiskohtaiset selitykset muuttujista on esitetty Liitteessä 7.

4. TIETOJENKÄSITTELY

Tutkimuksen II osan tulokset käsittelevä varten liikevalokuvat analysoitiin uudelleen erityisellä liikeanalyysiprojektorilla, jolla päästään verrattain hyvään mittaustarkkuuteen. Mittausmenettelyt on esitetty yksityiskohtaisesti Liitteessä 20 ja 21.

4.1 Mittausten luotellavuus

Riippuvien muuttujien eli liikemuuttujien mittausten luotettavuuden määrittämiseen (Taulukko 1) on ensimmäisessä osassa pyritty laskemalla toistettujen mittausten välisiä korrelaatioita ja varianssianalyysijä koko näytteellä ($n = 30$). Näin pienen tapausmäärän ja erityisesti muutosilmion tutkimiseen soveltuvan koeasetelman rajoitusten vuoksi eivät kaikki korjatutkaan kertoimet nousseet tyydyttäväksi. Eräät heikoimmista pidettiin mukana kuitenkin siitä syystä, että haluttiin selvittää niiden käyttäytymistä toistettaessa mittauksia aikaisempaa pidemmän aikavälin kuluttua (harjoitusjakso) ja että ne edustivat liikkeen uudentyypisiä suorituksellisia piirteitä.

Mittausten stabiiliutta tarkasteltiin uuden menetelmän ja koeasetelman avulla uudelleen. Winerin (1962) varianssianalyttisen korjausmenetelmän avulla laskettiin uudet reliabiliteettikertoimet ottamalla huomioon toistettujen mittausten eri ryhmittelyjä (Taulukko 15) ja käyttämällä koeryhmien samanlaistamisen jälkeen muodostunutta näytettä ($n = 24$). Kertoimet laskettiin alkukokeen kolmesta (A2—A5) ja loppukokeen kolmesta (L2—L5) mittauksesta, alku- ja loppukokeen 2. (A2, L2) sekä kaikista mukana olevista (A2—L5) mittauksista. Aikaisempien tulosten perusteella tietyt vaihtelut olivat odotettuja, mutta kuitenkin epävarmoissa muuttujissa 7. *Maksiminopeus (P)*, 9. *Maksiminopeuden vaihe (P)*, 13. *Tukivaihe (J)*, 14. *Latenssi (P)*, ja 18. *Radan kaarevuus (K)* kummankin koekerran 2. mittausten tulosten perusteella (A2, L2) varsin suuria.

Vain koekertojen tyydyttäväksi katsottavan sisäisen stabiilisuuden perusteella on mainittujen muuttujien mukana pitäminen oikeutettua. On kuitenkin todennäköistä, että alhainen stabiilius vaikuttaa tilastollisten analyysien tuloksiin erityisesti koekertojen välisiä eroja tutkittaessa.

Mikäli otetaan huomioon ensimmäisen osan jokaisen kuuden liikefaktorin kaksi korkeimman latauksen saanutta muuttujaa faktoreiden luotettavuusjärjestys muodostuu seuraavaksi: ensimmäisinä *LIIKELAAJUUS* ja *TEMPO* sekä viimeisinä *AJOITUS* ja *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS*. Tulkintaan palataan varsinaisten tulosten yhteydessä.

4.2 Tilastolliset analyysit

Koeasetelmaa ja mittausjärjestelyjä suunniteltaessa pidettiin silmällä varianssianalyttistä mallia, jossa on kolme variaation päälähdettä, joista kahden suunnassa toistetaan mittaukset samoilla henkilöillä (Winer 1962). Kussakin riippuvassa muuttujassa havaittavat muutokset analysoitiin tällä

TAULUKKO 15

Riippuvien variaabeleiden luotettavuus. Toistettujen mittausten (A = alkukoe, L = loppukoe, 2., 4. ja 5. mittaus) varianssianalyysillä korjatut reliabilitettikertoimet, $n = 24$.

TABLE 15

The reliability coefficients of dependent variables in different sets of repeated measurements. Coefficients obtained by means of analyses of variance. A = initial experiment, L = final experiment; 2nd, 4th and 5th measurement, $n = 24$.

Variaabeli Variable ¹	rel _{A2-A5}	rel _{L2-L5}	rel _{A2,L2}	rel _{A2-L5}
1. Liikeaika (P)	.96	.91	.83	.95
2. Radan pituus (P)	.93	.95	.86	.96
3. Keskinopeus (P)	.94	.90	.79	.93
4. Nopeuden varianssi (P)	.95	.92	.67	.94
5. Radan laajuus (P)	.92	.96	.83	.96
6. Radan kaarevuus (P)	.92	.92	.75	.93
7. Maksiminopeus (P)	.83	.81	.45	.85
8. Minimim vaihe (P)	.83	.70	.52	.77
9. Maksimin vaihe (P)	.76	.78	.42	.75
10. Radan pituus (K)	.95	.83	.64	.93
11. Maksiminopeus (K)	.84	.83	.69	.87
12. Maksimin vaihe (K)	.71	.73	.56	.80
13. Tukivaihe (J)	.55	.72	-.29	.45
14. Latenssi (P)	.75	.70	.28	.63
15. Kallistuskulma (P)	.91	.89	.78	.91
16. Ajoitus (P)	.71	.91	.58	.78
17. Radan laajuus (K)	.83	.89	.69	.88
18. Radan kaarevuus (K)	.60	.90	.11	.79
19. Ajoitus (K)	.85	.79	.59	.80
20. Liikeaika (J)	.88	.86	.53	.86

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

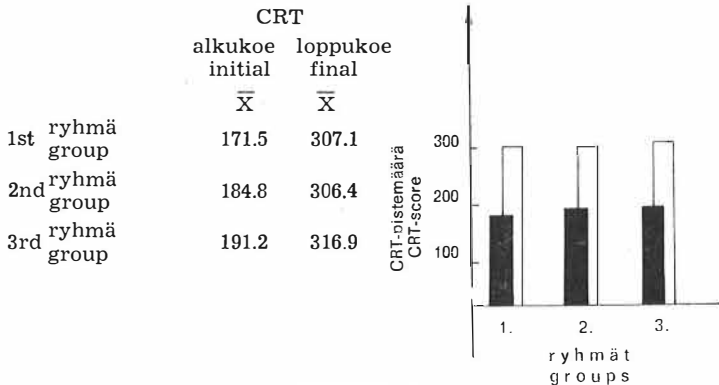
mallilla, jonka lisäksi laskettiin erikseen koekertojen sisäiset kahden tekijän varianssianalyysit. Jälkimmäisten analyysien yhteydessä tutkittiin vielä toistettujen mittausten suunnassa ryhmätason omavaikutuksia ja yksityisten keskiarvojen eroja Newman-Keulin metodilla (Winer, 1962), jossa suuruusjärjestykseen asetettujen keskiarvoerojen merkitsevyyttä testattiin "Studentized Range Statistic"-taulukosta saadun kertoimen ja virhevariانسsin tulon määrittämällä raja-arvolla. Tilastollisissa testauksissa käytettiin yhdenmukaisesti erojen merkitsevyyden alarajana 5 %:n riskitasoa. Niissä tapauksissa, joissa 1 %:n merkitsevyys haluttiin erikseen osoittaa, se merkittiin numeroin tai alleviivaamalla F-suhteen lukuarvo.

Varianssianalyysien lisäksi laskettiin kaikista mittauksista faktorianalyysseja pääakselifaktoroinnin menetelmällä. Tulokset rotatoitiin 5, 6 ja 7:llä faktorilla, minkä jälkeen parhaista ratkaisuista laskettiin symmetriset transformatioanalyysit (Harman 1967, Mustonen 1966). Kaikki muut mittauskerrat transformoitiin vuorollaan yksitellen alkukokeen toisen mittauskerran (A2) tulokseen, jota on siis pidetty perusratkaisuna. Analyysit katsottiin tarpeellisiksi tutkimuksen ensimmäisen osan tulosten tarkistamiseksi huolimatta siitä, että näytteen entisestäänkin pienentynyt koko jo sellaisenaan asetti tiettyjä varauksia menettelylle. Tällaisen detaljitiedon käytölle on kuitenkin asetettava varsin tiukkoja tulkinnallisia rajoituksia metodisten pohdintojen ulkopuolella.

5. TULOKSET

5.1 Harjoittelun yleinen vaikutus fyysiseen kuntoon ja CRT-pistemääriin

Tässä tutkimuksessa harjoittelujakson aikana mitatut muutokset tietyissä asetelman kannalta merkittäviksi katsottavissa muuttujissa on esitetty Kuvioissa 3 ja Taulukossa 16. Niitä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että kunnon muutokset eri ryhmissä vastaavat noin kymmenen viikon välein suoritettujen testausten pistemäärien eroja, mutta valintareaktiokokeen tulokset noin 12 viikon aikaväliä, jonka kuluessa edellä mainittu kestävyysharjoittelu on ollut osalta koehenkilöitä vielä kesken (ks. 3. 2. *Kestävyysharjoittelu ja sen suorittaminen* sekä Liite 19). Tulosten mukaan valintareaktiokokeen pistemäärät ovat kasvaneet merkitsevästi, mutta eivät eri ryhmillä toisistaan



KUVIO 3

Valintareaktio- eli CRT-kokeen keskiarvot ennen (musta pylväs) kestävyysharjoittelua ja sen jälkeen (valkea pylväs) ryhmittäin.

FIGURE 3

Means of the CRT-scores before (black column) and after (white column) the endurance conditioning. 1, 2 ja and 3 = experimental groups.

poikkeavalla tavalla. Ryhmien keskiarvot eivät myöskään eroa toisistaan mittausvälillä minkään CRT-kokeen yksityisen muutujan osalta. Viimeksi mainittuja pistemääriä ei ole katsottu tarpeellisiksi esittää, vaikka ne on laskettu.

Kuntomittausten tulokset osoittavat, että koko harjoittelujakson lopussa on merkitseviä toimintakykyisyyden muutoksia nähtävissä työsykkeessä (vähintään 1 %:n riskitasolla merkitsevä harjoitteluvaikutus 2. ja 3. koeryhmillä) ja vauhdittomassa pituushypyssä (1 %:n riskitasolla merkitsevä spesifi siirtovaikutus 3. ryhmällä). Voidaan lisäksi havaita, että raskaimman harjoittelun ryhmällä (3) viimeksi mainittu muutos on lähes yhtä suuri kuin sykkeenkin suhteellinen muutos. Toisella ryhmällä, jolla todetaan sykkeessä suurin ero, esiintyy muissa mittauksissa muutoksia, jotka ovat tulkittavissa harjoittelun negatiiviseksi transfervaikutukseksi. Puhtaan harjoitteluvaikutuksen osalta, joka tulosten perusteella on tällä ryhmällä suurin, on otettava huomioon, että koeryhmille järjestettyjen harjoitusten kertamäärät olivat tällä ryhmällä myös jonkin verran muita lukuisimmat (Liite 18). Eroavuudet eivät näytä olleen niin suuret, että sillä transfertulokinnan kannalta olisi merkitystä. Toisella ryhmällä negatiivisen transfervaikutuksen suuruusjärjestys on seuraava: sukkulajuoksu, makuulta nousu istumaan, vauhditon pituushyppy ja käsinkohonta. Kolmannella ryhmällä harjoitusvaikutusten järjestys on pienimmästä alkaen seuraava: makuulta nousu istumaan (negatiivinen), käsinkohonta, sukkulajuoksu, *työkoe*, *vauhditon pituushyppy* (huom. *TEHOKKUUS*-faktori). Näyttää siltä, että harjoituskuorman suuruudella on ollut oletettua suurempi merkitys lopputulokseen sekä määrällisesti että laadullisesti (Kirjonen & Nieminen 1970).

Edellä esitettyjen tulosten ja kestävyysharjoittelusta ennestään tiedossa olevien seikkojen perusteella voidaan päätellä, että CRT-kuormitustilanteisiin mennessä kunnan muutokset ovat olleet lähes lopputestin tasolla, vaikka loppukoe pidettiin keskimäärin viikkoa ennen kuntotestausta. Voidaan kuitenkin todeta, että kolmannen ryhmän keskimääräinen harjoitustilaisuuksien ja niihin osallistumisten lukumäärä sekä harjoitustiheys viimeisten viikkojen aikana oli muiden ryhmien keskiarvoja jonkin verran pienempi. Nämä voivat olla osaselityksiä työkokeen muutoksen jäämiseen toisen ryhmän muutosta pienemmäksi. Voitaneen päätellä, että kestävyysharjoittelun rasittavuuden asteella osoitetuista kunnan muutoksista huolimatta ei voida sanoa olleen järjestelmällisesti lisääntyvää tai vähenevää vaikutusta CRT-pistemääriin. Mm. tästä syystä jää avoimeksi kysymys harjoittelun spesifeistä ja alkukokeen kanssa yhteisistä vaikutuksista CRT-tuloksiin sekä vaikutuksen suunnasta.

TAULUKKO 16

Harjoitusjakson aikana tapahtuneet kuntovariaabeleiden keskiarvojen muutokset ryhmittäin z-pistemäärinä. Selitykset: Yleinen transfer, ryhmän 1 loppu- ja alkumittauksen keskiarvojen erotus. Yleinen + spesifinen transfer, ryhmillä 2 ja 3 vastaavat keskiarvojen erotukset. Spesifinen transfer, ryhmillä 2 ja 3 yleinen + spesifinen t. miinus ryhmän 1 yleinen transfer.¹

TABLE 16

The differences of means of the fitness test scores (z-transformed) during the endurance conditioning period. General transfer = The final — initial score of group 1; General + specific transfer = initial — final score of groups 2 and 3; Specific transfer (groups 1 and 2) = general + specific minus general transfer of group 1.¹

	Alku- testi First	Loppu- testi Final	Yleinen transfer General	Yleinen + spesifi Gen.+spec.	Spesifi t. Specific
1 Ryhmä Group					
21. Pituushyppy Standing (broad) jump	-0.243	-0.111	0.132		
22. Käsinkohonta Chin-ups	-0.455	-0.340	0.115		
23. Sukkula-juoksu Shuttle-run	-0.482	-0.263	0.219		
24. Makuulta istumaan Sit-ups	-0.214	0.460	0.674		
25. Työsyke Ergometer test	-0.448	-0.061	0.387		
2 Ryhmä Group					
21. Pituushyppy Standing (broad) jump	0.642	0.681		0.039	-0.093
22. Käsinkohonta Chin-ups	0.006	0.083		0.077	-0.038
23. Sukkula-juoksu Shuttle-run	0.609	0.336		-0.273	-0.492
24. Makuulta istumaan Sit-ups	-0.358	-0.071		0.287	-0.387
25. Työsyke Ergometer test	-0.434	0.778		1.212 [‡]	0.825
3 Ryhmä Group					
21. Pituushyppy Standing (broad) jump	-0.802	-0.165		0.632 ⁺	0.500
22. Käsinkohonta Chin-ups	0.237	0.468		0.231	0.116
23. Sukkula-juoksu Shuttle-run	-0.373	0.172		0.545	0.326
24. Makuulta istumaan Sit-ups	-0.010	0.194		0.204	-0.470
25. Työsyke Ergometer test	-0.323	0.489		0.812 ⁺	0.425

+) = merk. taso 1 %
level of significance 1 %

‡) = merk. taso 0.1 %
level of significance 0.1 %

¹ Graphic presentation of results: See Kirjonen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sports, Physical Education and Health 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

5. 2 *Kuormituksen ja harjoittelun vaikutus liikkeisiin*

Varianssianalyysien tuloksia käsitellään muuttuja-alueittain, jotka perustuvat tutkimuksen ensimmäisessä osassa esitetyle faktorijaolle. Kutakin aluetta eritellään vaiheittain tarkastelemalla ensin 3-tekijäisen mallin antamaa yleiskuvaa ja siirtymällä sitten 2-tekijäisen mallin avulla ryhmä- ja mittauskoh-taisiin muutoksiin.

5. 2. 1 *Kuormituksen ja harjoittelun omavaikutus*

Vähintään 5 %:n tasolla merkitsevien F-suhteiden yhdistelmä (Taulukko 17 ja Liite 23) osoittaa, että suurin osa muutoksista on tapahtunut käden liikkeiden ja liikkelaajuuden variaabeleissa. Muiden faktoreiden alueella ilmenevät muutokset ovat epäyh-tenäisiä tai liittyneinä yhdysvaikutuksiin.

Kolmen tekijän analyysistä käy ilmi, että pään kallistuma oli lisääntynyt ja käsien liikkeet olivat vähentyneet koekertojen välillä (harjoittelun omavaikutus, ks. Kuvio 4). Edelleen voidaan todeta, että kummallakin koekerralla käsien liikkeet olivat lisääntyneet yhdenmukaisesti ensin mittausvälillä 2—4, jonka jälkeen lisäys hidastui tai pysähtyi välillä 4—5 (kuormituksen samanlaisena kummassakin kokeessa ilmenevä omavaikutus).

Tämän lisäksi kahden tekijän analyysit osoittavat, että erityisesti ratojen laajuuden ja käsien liikkeiden lisäykset ovat useammin merkitseviä loppukokeessa kuin alkukokeessa. Tämä näyttää johtuvan pääasiassa siitä, että muutosvaikutus ulottuu tällöin myös mittausvälille 4—5 (kuormituksen omavaikutus loppukokeessa). Ainoastaan pään asennon muutos oli poikkeus ja siis merkitsevä vain alkukokeessa. Keskiarvoprofiiliin palautuminen mittausvälillä 4—5 oli kaikkein selvin juuri tässä variaabelissa.

Tutkimuksen ensimmäisen osan tulokset kuormituksen vaikutuksista ovat yhdenmukaiset nyt saatujen tulosten kanssa. Muutokset ovat selvimpiä käsien liikkeissä ja liikeratojen laajuudessa, suurempia mittausvälillä 2—4 kuin välillä 4—5 sekä lisäksi loppukokeessa pysyvämpiä kuin alkukokeessa.

5. 2. 2 *Kuormituksen ja harjoittelun yhdysvaikutus*

Varianssianalyysien tulosten yhdistelmistä käy ilmi, että harjoittelun rasittavuudella (ryhmä) on merkitseviä ensimmäisen asteen yhdysvaikutuksia koekerran kanssa yhdessä ja mittauksen kanssa yhdessä analyysissa käden liikkeiden alueella (Taulukko 17, Kuvio 4). Koekertojen sisäisiä yhdysvaikutuksia ei latenssin loppukokeen analyysia lukuunottamatta esiinny. Ensiksi mainittujen yhdysvaikutusten keskiarvoprofiileista on nähtä-

TAULUKKO 17

Yhdistelmä varianssianalyysien merkitsevästä F-suhteista. Analyysit on laskettu kunkin koeryhmän tuloksista alku- ja loppukokeen kolmessa toistetussa mittauksessa.

TABLE 17

Analyses of variance. Summary of the F-ratios. The analyses comprise the scores of three repeated measurements in the initial and final experiments.

Variabeili Variable		3-tekijän varianssianalyysit 3-factorial analyses of variance						2-tekijän varianssianalyysit 2-factorial analyses of variance						
								alkukoe initial experiment			loppukoe final experiment			
		g	e	m	gxe	gxm	exm	gxexm	g	m	gxm	g	m	gxm
2. Radan pituus (P)	II	-	-	-	-	-	<u>6.12</u>	-	-	-	-	-	<u>5.56</u>	-
5. Radan laajuus (P)	II	-	-	<u>9.42</u>	-	-	3.60	-	-	-	-	-	<u>14.93</u>	-
6. Radan kaarevuus (P)	V,I	4.36	-	-	-	-	-	-	-	-	4.27	-	-	-
8. Minimim vaihe (P)	III	<u>3.72</u>	-	-	-	-	-	4.95	-	-	-	-	-	-
10. Radan pituus (K)	VI,II	-	-	<u>5.31</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.23	-
11. Maksiminopeus (K)	IV,I	-	-	<u>9.76</u>	<u>9.86</u>	-	-	-	<u>7.75</u>	-	-	-	<u>5.26</u>	-
12. Maksimin vaihe (K)	IV	-	-	-	-	<u>4.26</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
14. Latenssi (P)	I	-	6.28	-	<u>4.57</u>	-	-	3.01	-	-	-	-	-	<u>3.90</u>
15. Kallistuskulma (P)	II	<u>7.21</u>	4.85	<u>6.17</u>	-	-	-	-	4.31	-	<u>10.33</u>	-	-	-
17. Radan laajuus (K)	IV,II	-	5.53	<u>7.84</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>8.71</u>	-
19. Ajoitus (K)	IV	-	<u>9.18</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Variaatiolähde: Source of variation:

g = ryhmien omavaikutukset
between groups

e = kokeiden omavaikutukset
between experiments

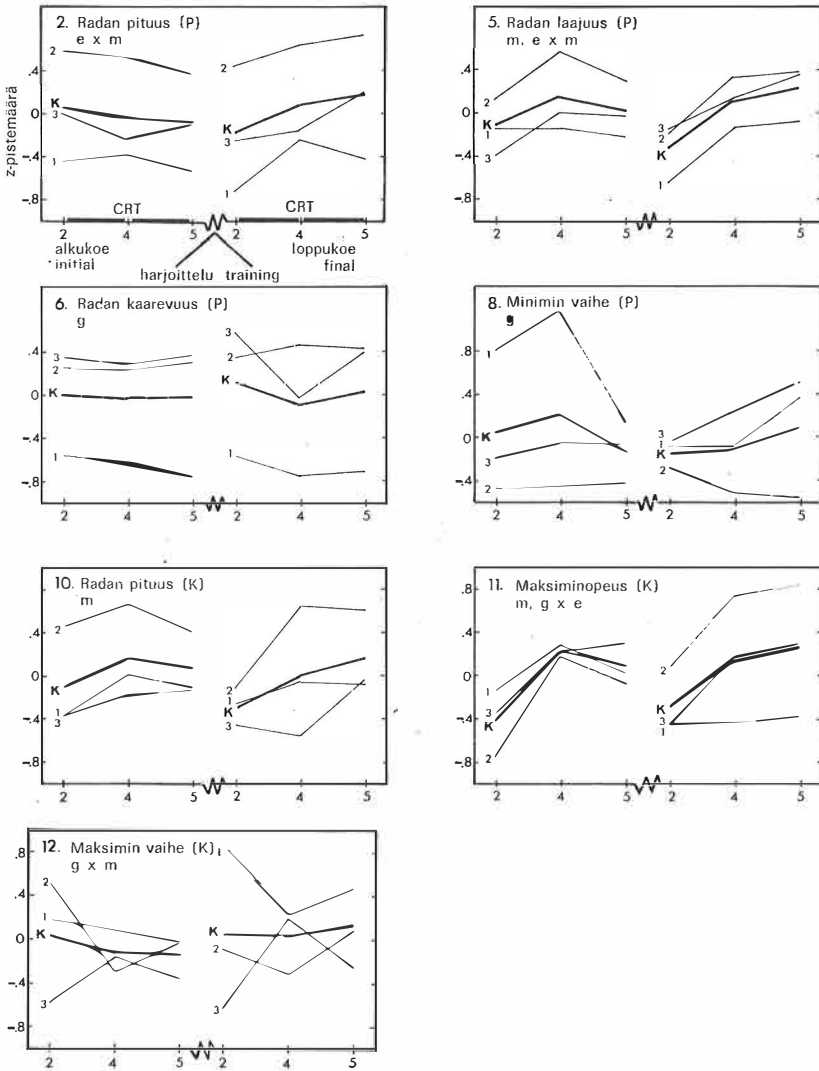
m = mittausten omavaikutukset
between measurements

gxe, gxm, exm, gxexm =

yhdyisvaikutukset
interactions

Merkitsevyytasot: 5 %; 1 % (alleviivattu)

Levels of significance: 5 %; underlining
indicates 1 % level of significance

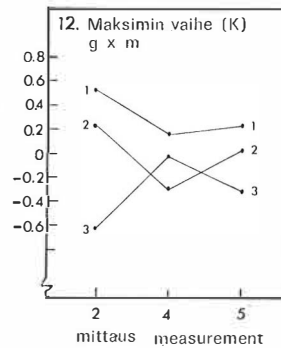
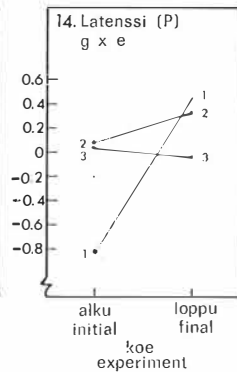
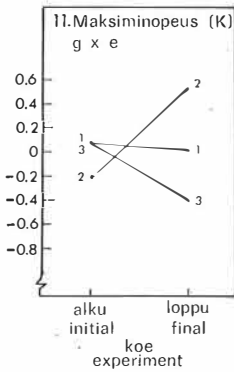
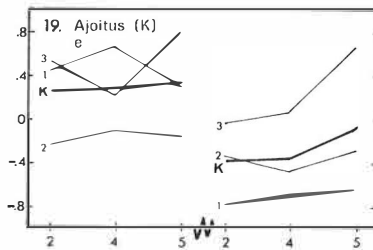
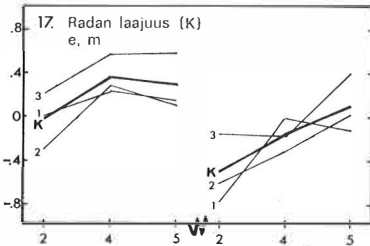
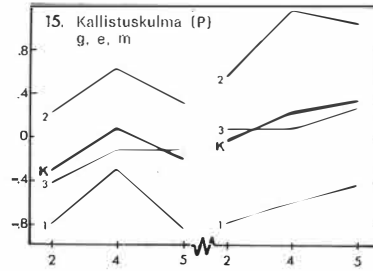
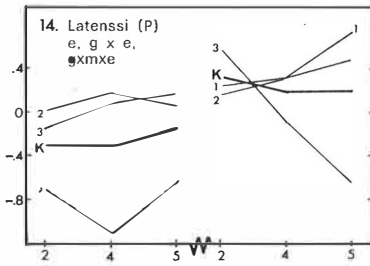


KUVIO 4

Varianssianalyysien tulokset. Merkitsevät (5 %:n tasolla) muutokset riippuvien variaabeleiden keskiarvojen avulla kuvattuina. Variaatiolähde: g = ryhmä, e = koe, m = mittaus sekä näiden ensimmäisen ja toisen asteen yhdysvaikutukset. 1, 2 ja 3 = koeryhmät, K = kaikki koehenkilöt (n = 24)

FIGURE 4

Analyses of variance. Significant (at the 5 %-level) changes in the group means of dependent variables. Source of variation: g = group, e = experiment, m = measurement and the first and second order interactions. 1, 2 and 3 = experimental groups, K = all subjects (n=24)



vissä, että raskaimman harjoittelun suorittaneessa ryhmässä käden liikkeillä oli taipumusta vähentyä koekertojen välillä ilman, että sillä kuitenkaan oli vaikutusta toiminnan ajoittumiseen. 12. Maksiminopeuden vaiheen (K) muutokset vastaavat toisiaan kussakin ryhmässä molemmilla koekerroilla (merkittävä yhdysvaikutus: g x m). Latenssin (P) analyysissa toisen asteen yhdysvaikutus (g x e x m) syntyy, koska loppukokeessa kolmas ryhmä poikkeaa muista jyrkästi siten, että sen keskiarvot 2. ja 5. mittauksissa eroavat merkittävästi toisistaan (yhdysvai-

kutus $g \times m$ on myöskin merkitsevä) samalla kun toiset ryhmät pysyvät lähes muuttumatta. Muutosten epäyhtenäisyys ei tämän muuttujan reliabiliuden alhaisuuteen nähden tunnu odottamatomalta. Satunnaistekijöiden osuus vaikuttaa kuitenkin liian todennäköiseltä, jotta tulkinta voisi olla perusteltu.

Selitystä voi etsiä myös yksittäisten ryhmäkeskiarvojen eroista (Taulukko 18). Niitä on lähes yksinomaan loppukokeessa ja silloin *LIKELAAJUUDEN* ja *KÄDEN LIKKEIDEN* muuttujissa. Yhteinen piirre on lisäksi se, että huolimatta mittauskeran merkitsevästi omavaikutuksesta, *missään muuttujassa kolmannen ryhmän keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan loppukokeen kriittisellä mittausvälillä 2—4. LIKELAAJUUDEN* variaabeleissa ensimmäisen ryhmän keskiarvot eroavat toisistaan tällä mittausvälillä kahdessa analyysissä (muuttujat 2 ja 5) ja toisen ryhmän yhdessä analyysissä (muuttuja 5). *KÄSIEN LIKKEIDEN* alueella ensimmäisen ryhmän keskiarvot eroavat merkitsevästi välillä 2—4 kahdessa analyysissä (muuttujat 11 ja 17) ja toisen ryhmän keskiarvot myös kahdessa analyysissä (muuttujat 10 ja 11). Jälkimmäisellä mittausvälillä 4—5 ryhmien keskiarvoeroista on merkitsevä vain yksi kolmannella ryhmällä muuttujassa 17. *Radan laajuus (K)*. Pisimmällä mittausvälillä 2—5 merkitseviä keskiarvoeroja on eri ryhmillä yhtä monta: ensimmäisellä ryhmällä muuttujissa 5, 11 ja 17, toisella ryhmällä muuttujissa 5, 10 ja 11 sekä kolmannella ryhmällä muuttujissa 5, 14 ja 17.

Alkukokeessa havaittavista ryhmäkeskiarvojen muutoksista 8. muuttujassa esiintyvä (1. ryhmä) on todennäköisesti satunnainen. Sen sijaan 11. *Maksiminopeudessa (K)* nähtävä merkitsevä yleinen lisäys alkukokeessa välillä 2—4 toistuu vastaavasti loppukokeessa kolmatta ryhmää lukuunottamatta muissa ryhmässä. 15. *Kallistuskulma (P)* lisääntyy kaikissa ryhmissä merkitsevästi alkukokeessa, mutta ei loppukokeessa, jossa kolmannen ryhmän taso ei muutu juuri lainkaan.

Ryhmäkeskiarvojen muutoksista käy ilmi kolmannen ryhmän eli raskaimman harjoittelun suorittaneen ryhmän keskiarvojen muutos *LIKELAAJUUDEN* ja *KÄSIEN LIKKEIDEN* ulottuvuuksilla toisten ryhmien keskiarvoihin verrattuna kaikkein vähäisimpänä loppukokeen kuormitustilanteessa. On myös nähtävissä, että muutokset ovat lukuisimpia ensimmäisellä ryhmällä, joka harjoitteli ns. vale- eli kontrollikuormituksella.

5. 2. 3 Keskihajontojen muutosten vertailu

Varianssianalyysien tulosten täydentämiseksi on tarkasteltu ryhmäkohtaisten keskihajontojen muutoksia alku- ja loppuko-

TAULUKKO 18

Ryhmäkeskiarvojen erojen merkitsevyydet alku- ja loppukokeen välillä KOERYHMITTAIN (1., 2. ja 3.) ja koko koehenkilöstöllä (kaikki). Alleviivaus merkitsee: pistemäärien ero *ei-merkitsevä* (5 % tasolla). Esimerkiksi 245 = vain 2. ja 5. mittauksen keskiarvojen ero merkitsevä.¹

TABLE 18

The significant differences (at the 5 %-level) of group means (1st, 2nd, 3rd and all subjects) between the initial and final measurements. Underlining indicates: difference non-significant. Thus e.g. 245 = the difference is significant only between the 2nd 5th measurements.¹

Variabeli Variable	Alkukoe		Loppukoe	
	Initial experiment		Final experiment	
	ryhmä group	mittaus measurement	ryhmä group	mittaus measurement
2. Radan pituus (P)			kaikki all 1	<u>245</u> <u>254</u>
5. Radan laajuus (P)			kaikki all 1 2 3	<u>245</u> <u>245</u> <u>245</u> <u>245</u>
8. Minim vaihe (P)	1	<u>245</u>		
10. Radan pituus (K)			kaikki all 2	<u>245</u> <u>245</u>
11. Maksiminopeus (K)	kaikki all 2	<u>245</u> <u>245</u>	kaikki all 1 2	<u>245</u> <u>245</u> <u>245</u> <u>245</u>
14. Latenssi (P)			3	<u>245</u>
15. Kallistuskulma (P)	kaikki all	<u>254</u>		
17. Radan laajuus (K)			kaikki all 1 3	<u>245</u> <u>245</u> <u>245</u> <u>245</u>

¹ Tulokset laskettu Newman-Keulin menetelmällä (Winer 1962).
Results are based on Newman-Keul's method (Winer 1962).

TAULUKKO 19

Kunakin mittauksen pienimmän keskihajonnan jakautuminen eri koeryhmiin loppukokeessa. Kaikki muuttujat (20).

TABLE 19

The distribution of the variables with smallest standard deviation (all the 20 dependent variables) in the repeated measurements of the final experiment.

	ryhmät			
	groups			
	1.	2.	3.	
2nd mittauksessa measurement	11	5	4	kertaa times
4th "	6	4	10	"
5th "	8	4	8	"

keen toistetuissa mittauksissa (Taulukot 19 ja 20 sekä Liitteet 24 ja 25). Tällöin loppukoe on pääasiallinen mielenkiinnon kohde.

Pienimmistä keskihajonnoista lähes puolet näyttää siirtyvän kolmannen ryhmän osalle kuormitustilanteessa 4. ja 5. mittauksen tulosten perusteella. Jos otetaan huomioon mittausvälit 2—4 ja 2—5 sekä lasketaan, kuinka monessa muuttujassa eri ryhmässä keskihajonta pienenee (—) tai kasvaa (+), saadaan Taulukossa 20 näkyvä yhdistelmä.

Tutkittaessa tarkemmin kriittisen mittausvälin 2—4 muutoksia todetaan seuraavat säännönmukaisuudet:

1. *ryhmä* Keskihajonnat ovat kasvaneet yleensä eri faktoreiden alueella paitsi tietyissä muuttujissa (1., 4., 6., 7., 10. ja 17.), jotka kuvaavat osaltaan pään liikkeen nopeuden vaihtelua ja käden liikeradan laajuutta. Ne liittyvät toisiinsa lähinnä liikkeen ballistisuus/kiinteys -ominaispiirteen välityksellä.

2. *ryhmä* Niiden muuttujien lukumäärä, joiden keskihajonnat eivät ole kasvaneet, on tässä ryhmässä hieman edellistä suurempi. Samalla myös muuttujat ovat osittain vaihtuneet. Mukaan on tullut osa pään liikeradan laajuuden ja ajoituksen muuttujista (2., 4., 5., 8., 9., 12., 17. ja 20.). Viimeksi mainittuja yhdistävänä piirteenä onkin niiden riippuvuus jalan toiminnan

TAULUKKO 20

Niiden muuttujien lukumäärien jakautuminen, joissa tapahtuu keskihajontojen pienenemistä ja suurenemista eri koeryhmissä loppukokeen mitausväleillä.

TABLE 20

The distribution of the variables, in which the standard deviation increases or decreases in different groups between the intervals 2—4 and 4—5 in the final experiment.

Keski- hajonta Standard deviation	väli 2-4 interval				väli 4-5 interval			
	ryhmät groups				ryhmät groups			
	1.	2.	3.		1.	2.	3.	
kasvaa increases	14	12	5	kertaa times	8	10	10	kertaa times
pienenee decreases	6	8	15	"	12	10	10	"
	20	20	20		20	20	20	

(askeleen) ajoittumisesta koko suoritukseen nähden. (Harjoitteluhan tapahtui jalkojen työn välityksellä).

3. *ryhmä* Muuttujat, joissa keskihajonnat pienenivät, kuvaavat tässä ryhmässä suurimmaksi osaksi liikkeen nopeuden ja ajoituksen aluetta sekä lisäksi ratojen kaarevuuden aluetta (1.—3., 6.—11., 13.—16., 18. ja 20.). Vain osa käden liikkeiden ja pään liikeradan laajuuden muuttujista jää ulkopuolelle.

5. 2. 4 Liikevariaabeleiden faktorirakenne (II)

Kunkin mittauksen kahdenkymmenen muuttujan korrelaatiot kaikilta ryhmiltä (yhteinen $n = 24$) on faktoroitu pääakselimenetelmällä erikseen mittauskerroittain. Näistä käytetään seuraavassa tunnuksia A2, A4, A5, L2, L4 ja L5, joissa A viittaa alkukokeeseen ja L loppukokeeseen. Kaikista kuudesta analyysistä on laskettu viiden, kuuden ja seitsemän faktorin varimax-rotatiot. Tulokset on esitetty lähinnä niiden metodisen kiintoisuuden vuoksi pyrkimättä tyhjentäviin tulkintoihin.

Tutkimuksen ensimmäisen osan tapaan vertailukohteena on pidetty alkukokeen toista mittausta (A2) ja sen interkorrelaatiomatriisia (Taulukko 21, rotatoimaton faktorimatriisi Liitteessä 26). Varimax-rotatiion eri ratkaisuisista valittiin tulkinnallisesti parhaimpana seitsemän faktorin tulos (Taulukko 22). Lisäksi

TAULUKKO 21

Riippuvien variaabeleiden interkorrelaatiot alkukokeen 2. mittauksessa,
n = 24.

TABLE 21

Intercorrelations of dependent variables. Initial experiment, 2nd
measurement, n = 24.

<u>1.</u>	Variaabelit Variables ¹																			
2. 63 <u>2.</u>	1. Liikeaika (P)	11. Maksiminopeus (K)																		
3. -81 -08 <u>3.</u>	2. Radan pituus (P)	12. Maksimin vaihe (K)																		
4. -64 00 83 <u>4.</u>	3. Keskinopeus (P)	13. Tukivaihe (J)																		
5. 17 71 31 30 <u>5.</u>	4. Nopeuden varianssi (P)	14. Latenssi (P)																		
6. 80 66 -56 -31 14 <u>6.</u>	5. Radan laajuus (P)	15. Kallistuskulma (P)																		
7. -56 -48 36 40 -36 <u>7.</u>	6. Radan kaarevuus (P)	16. Ajoitus (P)																		
8. -34 01 46 30 45 -28 -18 <u>8.</u>	7. Maksiminopeus (P)	17. Radan laajuus (K)																		
9. 23 19 -17 -25 04 25 -46 47 <u>9.</u>	8. Minimivaihe (P)	18. Radan kaarevuus (K)																		
10. 34 46 -16 -17 23 19 -22 -30 -17 <u>10.</u>	9. Maksimin vaihe (P)	19. Ajoitus (K)																		
11. -64 -22 63 52 12 -56 18 46 -08 10 <u>11.</u>	10. Radan pituus (K)	20. Liikeaika (J)																		
12. -15 21 34 42 36 01 20 18 -23 -03 -11 <u>12.</u>																				
13. -12 01 20 -02 22 -14 -22 48 42 -18 08 -40 <u>13.</u>																				
14. 46 41 -28 -08 09 52 11 -28 -13 37 -34 40 -47 <u>14.</u>																				
15. 42 78 01 -03 75 34 -37 00 -07 62 09 06 00 10 <u>15.</u>																				
16. -23 05 37 32 46 -32 -01 09 -39 01 15 -04 51 -33 26 <u>16.</u>																				
17. 29 49 -05 -02 54 32 -29 36 20 30 32 -26 12 00 60 -01 <u>17.</u>																				
18. 01 07 07 15 30 04 -08 42 21 -12 09 -03 18 15 -02 04 40 <u>18.</u>																				
19. 04 00 -08 -12 12 06 -25 37 35 -23 30 -51 30 -54 18 -01 67 <u>19.</u>																				
20. 62 32 -55 -42 07 41 -56 -17 32 35 -38 -33 13 21 19 -02 12 31 -03 <u>20.</u>																				

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

TAULUKKO 22

Rotatoitu faktorimatriisi (varimax). Riippuvat liikemuuttujat, alkukokeen 2. mittauskerta (A2).

TABLE 22

Rotated factor matrix: varimax solution. Dependent variables, 2nd measurement of the initial experiment, $n = 24$.

Variaabelit Variables ¹	F a k t o r i t F a c t o r s ¹							h ²
	I	II	III	IV	V	VIa	VII	
1. Liikeaika (P)	<u>-86</u>	<u>40</u>	10	01	-14	04	13	94
2. Radan pituus (P)	-30	<u>85</u>	14	-18	-03	10	04	88
3. Keskinopeus (P)	<u>88</u>	10	-02	-19	22	05	-17	89
4. Nopeuden varianssi (F)	<u>72</u>	14	-20	-27	11	26	-23	79
5. Radan laajuus (P)	17	<u>82</u>	18	-15	29	22	-05	88
6. Radan kaarevuus (P)	<u>-70</u>	<u>42</u>	-04	-03	-29	20	-20	83
7. Maksiminopeus (P)	35	-33	<u>-55</u>	-13	-16	04	-27	65
8. Minim vaihe (P)	<u>47</u>	14	<u>56</u>	11	12	30	-20	71
9. Maksim vaihe (P)	-19	-01	<u>72</u>	18	-08	18	-08	62
10. Radan pituus (K)	-11	<u>48</u>	-19	-05	-13	-08	<u>64</u>	71
11. Maksiminopeus (K)	<u>79</u>	08	01	33	-05	07	16	77
12. Maksimin vaihe (K)	24	22	-05	<u>-68</u>	-19	-01	-24	66
13. Tukivaihe (J)	06	-01	39	25	<u>62</u>	14	-05	62
14. Latenssi (P)	-32	21	-21	<u>-51</u>	<u>-43</u>	25	12	71
15. Kallistuskulma (P)	-06	<u>90</u>	-06	11	09	-08	22	89
16. Ajoitus (P)	23	20	-20	-01	<u>75</u>	01	03	69
17. Radan laajuus (K)	04	<u>62</u>	12	<u>53</u>	-14	35	05	83
18. Radan kaarevuus (K)	06	06	18	08	04	<u>69</u>	00	52
19. Ajoitus (K)	06	15	26	<u>81</u>	02	16	-21	82
20. Liikeaika (J)	<u>-60</u>	08	21	00	14	30	<u>45</u>	72
Ominaisarvot Eigenvalues	4.24	3.47	1.68	2.08	1.52	1.10	1.07	15.16
Prosentteina alkukommunaliteetista	33.1	27.0	13.1	16.2	11.9	8.6	8.4	118.3
Per cent of starting communality (12.83)								

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

laskettiin myös kongruenssikertoimet yhteisanalyysin ("kaikki") faktoreihin (Liite 27). Vastaavuus on faktorien I—IV osalta vahva, faktorien V ja VI osalta selkeä mutta heikohko. Muutenhan A2:n rakenne näyttää olevan — mahdollisesti seitsemästä faktorista johtuen — jäsentyneempi ja kattavampi kuin yhteisanalyysin rakenne. Selitysaste kokonaisvarianssista laskien kohoaa yli 75 %:n (Kuvio 5).

Tulkinnallisesti ratkaisussa A2 ei ole yhteisanalyysiin nähden suuria eroja. Faktori III pelkistyy ylävartalon liikkeen ajoituksen suuntaan, sillä 13. *Tukivaihe (J)* siirtyy V faktoriin. Tällöin viimeksi mainitussa korostuukin askeleen tukivaiheesta riippuvana pään radan yläkaaren laajuus ja eikä — kuten aikaisemmin — radan kaarevuus-loivuus, joten faktorin nimessäkin tämän tulisi näkyä (esim. *PÄÄN LIIKELAAJUUS*). V faktoriin nyt lisäksi tulevan 14. *Latenssin (P)* korkeahko painokerroin mainitun siirtymän kanssa yhdessä aiheuttanee kongruenssikertoimen alenemista. IV faktori säilyy osittain entisellään, mutta kapenee jossain määrin. Tämä johtunee käden liikkeiden yleisestä jäsentymisestä. Faktori VI hajoaa lisäksi kahtia, jolloin bipolaarisuus vähenee ja mukaan tulevat toisaalta suorituksen alkuun liittyvän laajan ja jyrkkäkaarisen heiton (17. ja 18. variaabeli) sekä toisaalta koko liikkeen pitkärataisuuden (10.) johtamat ryhmittymät. Huolimatta kongruenssikertoimien alhaisuudesta näyttää edellinen tulkinnallisesti paremmin vastaavan yhteisanalyysin (kaikki) faktoria VI, joten siitä käytetään tunnusta VIa ja jälkimmäisestä tunnusta VII. Variaabeliryhmittymät ovat ratkaisussa A2 siten seuraavat: *TEMPO (I)*, *LIKELAAJUUS (II)*, *AJOITUS (III)*, *KÄDEN LIIKELAAJUUS (IV)*, *PÄÄN LIIKELAAJUUS (V)*, *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS (VIa)* ja *KÄDEN RADAN PITUUS (VII)*.

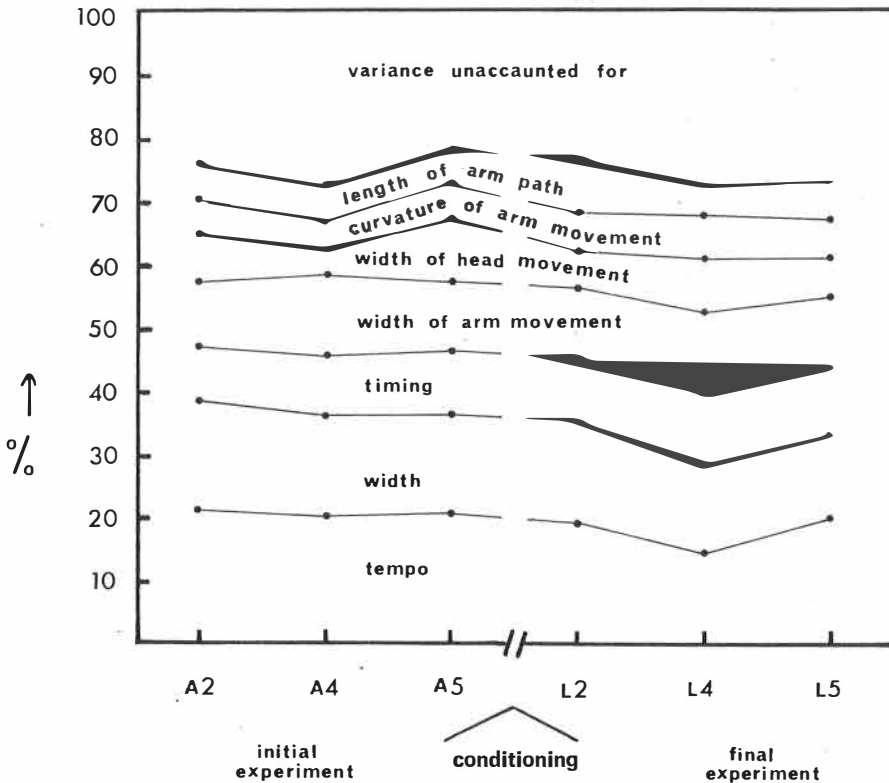
Muiden analyysien ratkaisuja ja tulkintoja ei ole katsottu aiheelliseksi esittää, koska seuraavassa kappaleessa tarkasteltavat transformaatioanalyysit antanevat riittävän kuvan mielenkiinnon pääkohteesta eli ratkaisujen rakenteellisista muutoksista. Samalla voidaan todeta, missä määrin rotaatioiden samantilaistamiseen yleensä ja eri koekerroilla erikseen näyttäisi olevan mahdollisuuksia. Kaikki matriisit ovat saatavilla Jyväskylän yliopiston pääkirjastossa.

5. 2. 5 Faktorirakenteen muutokset

Eri mittauksen faktorien samanlaisuuden tutkimiseksi sekä muuttujakohtaisten rakennepoikkeamien laskemiseksi on tutkimuksen edellisen osan tapaan laskettu symmetrisiä transformaatioanalyseja siten, että kutakin rotaatiota on erikseen verrattu perusratkaisuun A2. Koska useimmissa analyysissä seit-

semän faktorin ratkaisujen kaikki mukaantulevat faktorit selittävät vähintään 5 % yhteisestä varianssista, on tarkastelun selkeyttä ajatellen vertailuissa käytetty pelkästään tätä faktorilukua.

Erillisten varimax-rotatioiden kongruenssikertoimien (Liite 27) perusteella näyttää siltä, että faktorikohtaista hajanaisuutta esiintyy *TEMPOA* ja *LIKELAAJUUTTA* lukuunottamatta kaikissa muissa yhdistelmissä. Ratkaisujen tulkitseminen neljää useamman faktorin osalta tuntuu vaikealta (vrt. 5. 2. 4). Tarkis-



KUVIO 5

Faktorien prosenttiset selitysosuudet kokonaisvariانسista toistetuissa mittauksissa alku- ja loppukokeessa.

FIGURE 5

Percentages of the total variance represented by loadings on each factor in repeated measurements of the initial and final experiment.

tuksen vuoksi lasketut kuuden faktorin rotaatiot ja niiden transformaatioanalyysit eivät antaneet tästä poikkeavaa tulosta, eikä niitä katsottu aiheelliseksi tämän enempää käsitellä.

Transformaatioanalyysin tuloksena uudelleen rotatoimalla samanlaistettujen ratkaisujen ja perusanalyysin A2 välisistä kongruenssikertoimista (Liite 28) käy kuitenkin ilmi, että vari-max-tuloksissa nähtävät erot ovat pääasiassa rotaatioeroja. Tosin muutamia faktorikohtaisia erojakin on. Vertailussa *Rotatoitu A4—A2* alhaisin kerroin .58 esiintyy VIa faktorissa muiden kertoimien jakautuessa välille .93—.82. Tämän faktorin muista kertoimista ovat itseisarvoltaan seuraavina .44 ja .40 faktoreissa IV ja III. Vertailussa *Rotatoitu L2—A2* alhaisin diagonaalilla oleva kerroin .66 on VII faktorissa kertoimen .67 ollessa III faktorissa seuraavana. Edellisessä tapauksessa muista kertoimista on .32 seuraavaksi suurin I faktorissa, jälkimmäisessä taas .50 VIa:ssa. Muissa vertailuissa kongruenssikertoimet diagonaaleilla ylittävät suuruudeltaan .70. Tämä arvo sijoittuu nyt laskettujen kertoimien jakauman vastaavaan minimikohtaan, jota Pitkänen (1967) käyttää eräänlaisena raja-arvona faktoreiden samaistamiselle. Keskimäärin 85 % kaikista nyt lasketuista kertoimista jää arvon .50 alapuolelle.

Residuaalimatriisien yhdistelmät (Liite 29 ja 30) osoittavat, että rakennepoikkeamien summat vaihtelevat alueella 4.0—5.7, mikä merkitsee noin 20—28 %:n osuutta kokonaisvarianssista. Lisäksi näitä erikseen laskettujen transformaatioanalyysien L4—L2 ja L5—L2 vastaaviin summiin vertaamalla on käynyt ilmi, että kokonaispoikkeamien erot ovat loppukokeen sisällä keskimäärin hieman pienempiä kuin alkukokeessa. Kummankin kokeen vertailussa 4—2 ne ovat kuitenkin suurimmillaan.

Faktoreiden selitysosuuksien muutokset mittauksesta toiseen (Kuvio 5) eivät olennaisesti muuta edellä esitettyä tulkintaa. Voidaan kuitenkin todeta, että selitysosuuksien vaihtelu on loppukokeessa suurempaa kuin alkukokeessa ja että erityisesti *KADEN LIIKELAAJUUDEN* osuuden kasvaminen mittausvälillä 2—4 lähinnä tempon kustannuksella on selvin osoitus tästä. Tulos vastaa aikaisemmin tässä selosteessa esitettyjä havaintoja kuormituksen vaikutuksista liikkeen ominaispiirteisiin.

III Loppukatsaus ja pohdinta: liike, kunto ja kuormitus

Juhani Kirjonen ja Heikki Rusko

1. KOKOAVA KATSAUS TULOSSIIN

1. 1 *Liikkeen ominaispiirteiden kuvaus*

Liiketehtävän suorituksen mittaamiseksi valittujen kahdenkymmenen variaabelin interkorrelaatioiden perusteella laskettiin faktorianalyysija useiden toistettujen mittausten tiedoista. Tulokset pyrittiin varmistamaan vertaamalla eri mittausten ratkaisuja keskenään sekä yli mittauskertojen laskettuun yhteisanalyysin ratkaisuun. Kokonaisvarianssin selitysaste vaihteli noin 75 %:n tienoilla.

H₁ Suorakulmaisten rotaatioiden tuloksena saatiin kuusi tulkittua faktoria: *TEMPO*, *LIKELAAJUUS*, *KÄDEN LIIKKEET*, *AJOITUS*, *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUS* ja *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS*. Näistä tempon, liikelaajuuden ja -kaarevuuden sekä käden liikkeiden ryhmittymiä odotettiin ennakolta. *AJOITUS* on uusi faktori.

Tarkasteltaessa toistettujen mittausten erillisiä faktorirakenteita osoittautui myös jonkin verran pidemmälle eriytynyt, seitsemän faktorin ortogonaalinen ratkaisu mahdolliseksi. Tällöin eriytyminen kohdistui lähinnä käden liikkeen kuvaukseen.

1. 2 *Liikkeen ominaispiirteiden psykofyysiset selitysyhteydet*

Ongelman selvittämiseksi laskettiin usean selittävän muuttujan regressioanalyysija vapaasti valikoivalla mallilla. Kukin riippuva faktori ja variaabeli oli vuorollaan selitettävänä. Selittäjinä olivat samanaikaisesti riippumattomien muuttujien komponentit: *TEHOKKUUS*, *PITUUS*, *KESTÄVYYS*, *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMINEN*, *SPATIAALIS-VISUAALISUUS*, *JALAN KUULOSUUNNISTUMINEN*, *REAKTIONOPEUS*, *NEUROOTTISUUS* ja *EKSTRAVERSIO*.

H₂ Toisen mittauksen tuloksia koskevista analyyseista kävi ilmi, että *TEMPO*N alueella varianssin selvitys jakautui pää-

asiassa kahden komponentin — *PITUUDEN* ja *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* — positiivisten kertoimien osalle. Näitä täydensi *NEUROOTTISUUDEN* negatiivinen kerroin. Lisäksi *EKSTRAVERSIOLLA* oli positiivinen yhteys liikeaikaan. Selitysaste vaihteli 26—57 % ollen keskimäärin noin 32 %.

Olettamuksen saama tuki fyysisen kunnon keskeisestä asemasta selittäjänä rajoittui kokonaan *PITUUDEN* varaan. Vain yhdessä analyysissä *TEHOKKUUS* oli selittäjänä. Muissa analyysseissä mikään fyysisen kunnon komponentti ei selittänyt varianssia merkitsevästi.

H 2₂ *LIIKELAAJUUDEN* alueella todettiin vain joitakin yksittäisiä analyyseja, joissa yhteiskorrelaatio oli merkitsevä. Selitys ei ollut kuitenkaan yhtenäinen. Tulos ei tue olettamusta.

H 3₂ *KÄDEN LIIKKEIDEN* keskeinen selittäjä oli *SPATIAALIS-VISUAALISUUS* ja sitä tuki vähäisemmällä osuudella *PITUUS*. Kumpikin yhteys oli positiivinen. *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUDEN* selitys koostui *NEUROOTTISUUDEN* ja *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMISEN* negatiivisesta osuudesta. Yhdessä analyysissä mukaan tuli myös *EKSTRAVERSION* negatiivinen — tosin pienehkö — kerroin. Selitysaste oli keskimäärin 25 %. Tulokset tukevat osittain olettamusta, jonka mukaan kaikki komponenttiryhvät osallistuvat merkitsevästi selitykseen.

H 4₂ Verrattaessa toisen ja neljännen mittauksen analyysien tuloksia toisiinsa todettiin yhteiskorrelaatioiden olevan pienempiä jälkimmäisessä mittauksessa. Lisäksi todettiin fyysisen kunnon komponenttien (lähinnä *TEHOKKUUS*) osuuden suhteellisesti vahvistuvan persoonallisuuden tekijöiden kustannuksella. Olettamus kykyerojen merkityksen lisääntymisestä saa osittaita tukea tuloksista. Edellä lueteltujen selitysyhteyksien lisäksi *AJOITUKSEN* selityksen koostumus on maininnan arvoinen. *JALAN KUULOSUUNNISTUMINEN*, *SPATIAALIS-VISUAALISUUS* ja *NEUROOTTISUUS* osallistuivat siihen positiivisin ja *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMINEN* negatiivisin kertoimin selitysasteen ollessa 38 %. Tämä oli korkein faktoritasolla esiintyvä selitysaste.

1.3 Kuormituksen aiheuttamat muutokset liikkeen ominaispiirteisiin

Muutosten tutkimista varten testattiin tutkimuksen I osassa pistemäärien eroja sekä t-testillä (kaikki koehenkilöt) että varianssianalyysin avulla (selittävien tekijöiden perusteella jaetut ääriyhmät). Faktorirakenteiden muutoksia tutkittiin symmetrisen transformaatioanalyysin avulla I osassa alkukokeen

toistetuissa mittauksissa sekä II osassa myös harjoittelujakson jälkeisen eli loppukokeen mittauksissa. Eri analysointitapojen tuottamat tulokset vastasivat toisiaan yhdenmukaisesti.

H 1₃ ja H 2₃ Kuormitustilanteen aiheuttamat muutokset järjestyivät eräänlaiseksi ketjuksi. Mittausvälillä 1—2 (ennen kuormituskokeen aloittamista) liikkeen nopeus kasvoi merkittävästi samalla kun ratojen kaarevuus väheni. Välillä 2—4 (4. = välimittaus) tapahtui käsien liikkeiden yleistä lisääntymistä ja liikeratojen osittaista laajenemista samalla kun tempo tasaantui. Viimeisellä välillä 4—5 jatkui käden liikeratojen kaarevuuden lisääntyminen. Pään ratojen kaarevuus sen sijaan alkoi vähentyä kuten myös suoritusnopeus. Ensimmäinen olettaus saa tuloksista tukea osittain (käden liikkeiden muutoksia ei odotettu). Toinen olettaus ns. kriittisestä mittausvälistä 2—4 saa myös tukea tuloksista, joskin välillä 1—2 esiintyi useita merkitseviä muutoksia, jotka olivat odottamattomia.

Faktorirakenteiden vertailujen tulokset tukevat edellä lueteltuja tuloksia, sillä suurimmat muutokset näyttävät sijoittuvan IV ja VI faktorin osalle, (*KÄDEN LIIKKEET* ja *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS*). Poikkeava transferoituminen oli myös suurin mittausvälillä 2—4.

H 3₃ Alku- ja loppukokeen eri mittausten interkorrelaatiomatriiseista laskettuja faktoriratkaisuja vertailtiin rinnakkain II osan yhteydessä symmetrisellä transformaatioanalyysillä. Rotaatioiden samanlaistamisen jälkeen suoritettu selitysosuuksien vertailu osoitti, että *TEMPON* ja *LIKELAAJUUDEN* osuudet vähenivät 4. mittauksessa käden faktoreiden lisäyksen ansiosta. Tulos on olettamuksen vastainen.

1. 4 *Fyysinen kunto ja muut yksilöominaisuudet kuormitusvaikutusta modifioivina tekijöinä*

H 1₄ Toistettujen mittausten varianssianalyysien tulokset osoittivat, että yhdysvaikutuksia esiintyi pääasiassa *AJOITUKSEN*, *TEMPON* ja *PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUDEN* variaabeleiden analyysissä. Olettaus saa vain osittain tukea näistä tuloksista, sillä ratojen laajuuden muutokset olivat odottamattoman yhdenmukaisia eri henkilöillä lukuunottamatta lyhyiden ryhmää.

H 2₄ Fyysisen kunnan tekijöistä erityisesti *KESTÄVYYYS* modifioi kuormitusvaikutuksia siten, että kestävyydeltään heikoilla liikkeen nopeus pysytteli välillä 1—4 samalla tasolla ja laski lopuksi välillä 4—5. Pään radan kaarevuus väheni välillä 1—4. Samanaikaisesti kestävyydeltään hyvillä tapahtui suorituksen jatkuvaa nopeutumista. Tämän lisäksi keskimääräistä lyhyemmällä ilmeni ratojen laajuuden lisääntymistä mitta-

välillä 2—4. Olettamus, jonka mukaan kuormitusvaikutukset ovat vähäisimpiä hyväkuntoisilla, saa viitteellistä tukea mainituista tuloksista.

H₃ *JALAN KUULOSUUNNISTUMINEN* oli tärkein toiminnan ajoittumista modifioiva tekijä. Alaryhmällä askelvaihe siirtyi välillä 2—4 myöhemmäksi ja yläryhmällä aikaisemmaksi suhteessa liikkeen keston. *NEUROOTTISUUDEN* ja *EKSTRAVERSION* alaryhmissä käden liikkeet vähenivät välillä 1—2 samalla kun tempo lisääntyi. Yläryhmissä käden liikkeet päin vastoin lisääntyivät lähinnä välillä 2—4 samalla kun askeleen ajoittuminen siirtyi aikaisemmaksi.

1. 5 *Kestävyys*harjoittelu ja liikkeen ominaispiirteet

Ongelman tutkimiseksi laskettiin kolmen tekijän, toistettujen mittausten varianssianalyyseja, joissa variaatiolähteinä olivat kestävyysharjoitteluryhmät (3 ryhmää), toistetut mittaukset kuormituskokeissa (3 mittausta) ja toistetut kuormituskokeet (2 koekertaa) ennen kestävyysharjoittelua ja sen jälkeen.

H₁₅ Tulosten perusteella voitiin todeta, että koekertojen välillä olivat käden liikkeet yleensä vähentyneet ja pään kallistuma lisääntynyt. Tulokset tukevat näin ollen vain osittain oletamusta.

H₂₅ Näyttöä liikkeen muutosten ja harjoittelun rasittavuuden välisestä monotonisesta riippuvuudesta ei voitu esittää.

1. 6 *Kuormituksen vaikutus liikkeen ominaispiirteisiin ennen kestävyys*harjoittelua ja sen jälkeen

H₁₆ Varianssianalyysien tulokset osoittivat, että liikkeen muutokset olivat useammin merkitseviä loppukokeessa kuin alkukokeessa. Päinvastaista oletettiin. Toisaalta muutokset olivat näkyvimpiä ratojen laajuuden ja käsien liikkeiden muutamissa variaabeleissa, mikä oli olettamuksen mukaista.

H₂₆ Varianssianalyysin ryhmäkeskiarvojen testausten perusteella oli todettavissa, että kolmannen ryhmän eli raskaimman harjoittelun suorittaneen ryhmän pistemäärät eivät muuttuneet merkitsevästi loppukokeen kriittisellä mittausvälillä (2—4). Muissa ryhmissä oli useita muutoksia em. variaabeleissa. Koe-ryhmien keskihajontojen muutosten tarkastelu osoitti yhdenmukaisesti edellisen kanssa, että kun muilla ryhmillä keskihajonnat enimmäkseen suurenivat, ne kolmannella ryhmällä enimmäkseen pienenivät. Olettamuksen mukaista monotonista riippuvuutta harjoittelun rasittavuuden ja muutosten suuruuden välillä ei voitu yksiselitteisesti osoittaa olevan.

2. POHDINTA¹

Faktorianalyysien tulosten perusteella tutkitun liikesuorituksen kuvaukseen kuuluu neljä pysyvää ja kaksi vähemmän pysyvää komponenttia. Tätä edeltäneen tutkimuksen (Kirjonen 1970a) faktoreilla *LIIKKEEN TEMPO*, *RASKASLIIKKEISYYS* ja *KÄDEN AVUSTAVAT LIIKKEET* on vastineensa tämän tutkimuksen faktoriratkaisuissa. Raskasliikkeisyys on ilmeisesti yhdistelmä kahdesta eri piirteestä, pään radan laajuudesta ja kaarevuudesta. Kuuden faktorin rakenteella näyttää siten olevan yhteyksiä sekä liikkeen ilmaisullisiin (Rimoldi 1951, Takala & Partanen 1964) että psykomotorisiin piirteisiin. Tämän tutkimuksen II osan analyyseissa on kuitenkin osoitettu rakenteen voivan jäsentyä tätäkin enemmän, jolloin faktoriluku on kohonut seitsemään. Ainakin *PÄÄN LIIKELAAJUUS* ja *KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS* sekä mahdollisesti *KÄDEN RADAN PITUUS* näyttävät olevan tulkittavissa edellisten lisäksi. Ensimmäisten kolmen edellä mainituista faktoreista voi katsoa kuvaavan suorituksen yleisiä piirteitä ja muiden erillisiä pään ja raajojen liikeratojen piirteitä. Yleisfaktoreista teoreettisesti merkittävin on *AJOITUS*, jota lataavien muuttujien puutteellinen luotettavuus on kuitenkin tärkeänä varauksena otettava huomioon. Kehittämällä näitä muuttujia ja lisäämällä tiettyjä suorituksen jaksottelua ja nopeuden vaihtelua kuvaavia muuttujia on todennäköisesti jatkotutkimuksissa mahdollista parantaa kyseisen faktorin määrittelyä sekä lähestyä liiketehtävien ratkaisumenetelmien analyysejä (Crossman 1959). Oletettavasta ballistisuus/kiinteys -faktorista on tässäkin tutkimuksessa saatu joitakin viitteitä sekä regressioanalyyssien että transformaatioanalyyssien tulkinnan yhteydessä. Vinorotaatiota soveltamalla se olisi mahdollisesti saatu erilleen *TEMPON* ryhmittymästä.

Pyrittäessä etsimään liikkeen ominaispiirteiden selitysyhteyksiä tiettyihin kunnan, spatiaalis-visuaalisten ja psykomotoriikan kykyjen sekä persoonallisuuden muuttujiin tulokset ovat

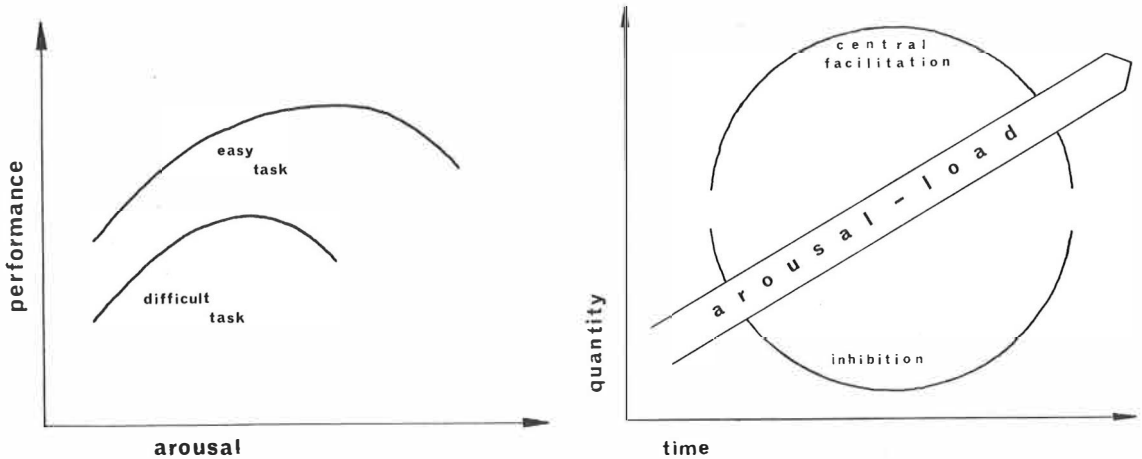
¹ Yhteydet yleiseen teoreettiseen viitekehykseen on esitetty toisaalla: Kirjonen, J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sport, Physical Education and Health, 1. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

TEMPON ja *KÄDEN LIIKKEIDEN* komponenttia lukuunottamatta niukat. Kehon rakenteen itsestään selvän osuuden lisäksi selittäjinä ei kunnan alueelta ole osoitettavissa muita. Sen sijaan liikenopeuden varsinaisia tulkittavia selittäjiä ovat toisaalta CRT-kokeen *KÄDEN NÄKÖSUUNNISTUMINEN* positiivisin ja toisaalta persoonallisuuden *NEUROOTTISUUS* ja *EKSTRAVERSIO* negatiivisin regressiokertoimin. Kahden ensiksi mainitun osalta on huomattava, että yhteys ei koske keskimääräistä vauhtia vaan faktorin ballistisia ominaisuuksia kuvaavia muuttujia, jotka liittyvät nopeuden vaihtelevuuteen suorituksen kuluessa. *EKSTRAVERSIO*-faktorin positiivinen yhteys liikeaikaan on samansuuntainen muutamien aikaisempien psykomotoriikkaa ja ilmaisuliikkeitä koskevien tutkimustulosten kanssa (esim. Eysenck 1956, Brengelmann 1957, Corcoran 1965), joiden mukaan ekstraverttien motoriset toiminnot ovat vähemmän suoriutumiskykyisten sävyttämiä kuin introverttien. Brengelmannin (1968) toisaalla esittämä tulkinta perustuu havaintoon, jonka mukaan ekstraverttien suoritukset ovat yleisluonteeltaan laaja-alaisia ja vaihtelevia, mistä taas saattavat johtua keskimääräistä pidemmät liikeajat. Negatiivinen yhteys N-faktoriin saattaa olla heijastusta koetilanteen kilpailullisuudesta ja vahvasta motivaatiolatauksesta, mikä yleensä näyttää vaikuttavan korkeita ahdistuneisuuspistemääriä saavien henkilöiden suorituksiin haitallisesti (esim. Ross et al. 1954, Wassenaar 1964). Tässä tapauksessa yhteys liikkeen ballistisuuteen on negatiivinen. Jatkotutkimuksissa voitaisiin pyrkiä tätä perusteellisemmin selvittämään nyt ilmenneiden psykomotoriikan ja persoonallisuuden lähinnä viitteellisinä (*AJOITUKSEN* korkea selvitysaste 4. mittauksessa) pidettävien selitysyhteyksien yleispätevyyttä erityyppisissä spontaneissa liikesuorituksissa kokonaismotoriikan alueella.

Kuormitustilanteessa toistettujen mittausten perusteella faktori- ja muuttujakohtaiset tarkastelut osoittivat tässä koeasetelmassa ns. kriittisen välin olevan juuri ennen kuormituksen alkua tehdystä mittauksesta kuormitustehtävän puolivälissä tehtyyn mittaukseen (2—4). Keskiarvojen muutosten testauksen lisäksi muutoksia modifioivia tekijöitä etsivissä varianssianalyysseissa ja faktorianalyysien vertailuissa osatuloksina on yhtäpitävästi todettu, että muutokset tällä välillä ilmenevät ensi sijassa *KÄDEN LIIKKEIDEN* ja *LIKELAAJUUDEN* lisäyksinä. Käsien liikkeiden lisääntyminen ja ratojen laajeneminen ovat ainakin jossain määrin toisistaan mekaanisesti riippuvia toimintoja ja viittaavat aikaisemmassa tutkimuksessa nimettyyn faktoriin *RASKASLIIKKEISYYS* (Kirjonen 1970 a). Saattaa olla, että kysymyksessä ovat viritettyneisyyden ja väsymyksen saman-

aikaiset vaikutukset, jotka esiintyvät eri henkilöillä voimakkuudeltaan eriasteisena, jopa erisuuntaisina (Deese 1962, Teichner 1968, Welford 1968). Näihin muutoksiin, jotka on tulkittu kuormitustilanteeseen sopeutumisen erityisreaktioina, liittyy lievästi myös suoritusnopeuden muutos. Tämä *TEMPON* muutos on kuitenkin aktivaatioteorian soveltamista ajatellen oireellisinta perusmittausten (1—2) ja kahden viimeisimmän mittauksen (4—5) välillä, jolloin se edellisessä tapauksessa lisääntyy ja jälkimmäisessä alenee. Myöhemmissä tutkimuksissa jää selvitettäväksi, saadaanko kuormitustilanteen virittyneisyyttä kohottavat ja sen jatkumisen mahdollisesti väsymystä lisäävät vaikutukset erilleen, jota Bartley (1947 ja 1965) on pohtinut tai voidaanko siinä soveltaa hedelmällisesti esimerkiksi sellaisia malleja, jotka koskevat suoritustason ja virittyneisyyden välisen suhteen käyräviivaisuutta (esim. Corcoran 1965, Duffy 1962, Grandjean 1968, Kirjonen 1970 a). Yleismallit on esitetty Kuviossa 6.

Tarkasteltaessa tutkimuksessa mukana olevien selittävien tekijöiden mahdollista modifioivaa vaikutusta kuormitustilanteessa havaittaviin muutoksiin on todettu, että tärkeimmät tällaiset tekijät ovat *KESTÄVYYS* sekä persoonallisuuden alueelta *NEUROOTTISUUS* ja *EKSTRAVERSIO*. Viimeksi mainittujen



KUVIO 6

Virittyneisyyden muutosten vaikutusta suoritustasoon kuvailevia malleja.

FIGURE 6

Descriptive models on differential effect of changes in arousal upon performance.

yhteydet noudattavat tulkinnaltaan malleja, joihin aikaisemmin viitattiin. Kestävyydeltään keskimääräistä paremmalla ryhmällä kuormitustilanteessa esiintyy suoritusnopeuden jatkuvaa mutta lievää lisääntymistä. Keskimääräistä heikommalla ryhmällä tapahtuu selvää liikeratojen yleistä laajenemista, niiden kaarevuuden vähenemistä sekä viimeisellä mittausvälillä 4—5 suoritusnopeuden alenemista. Heikkokuntoisuus on siis tässä tutkimusjoukossa liittynyt kuormitustilanteen aikana suorituksessa todettaviin liikeratojen muodon erityismuutoksiin sekä osittain myös suorituksen vauhdin mahdollisesti virittyneisyyden vaihtelua heijastaviin yleisiin muutoksiin. Muutokset ovat ehkä tulkittavissa ensin virittyneisyyden nousun ja sitten tilanteen päättymisen aiheuttaman laukeamisen tuottamina reaktioina (Germana 1969), jotka ovat riippuvia organismin fysiologisesta tilasta (Teichner 1968). Jatkotutkimusten asiana voisi olla selvittää nyt osoitettujen yhdysvaikutusten ja kunnon eri komponenttien välisten riippuvuuksien kuvausmallien käyräviivaisuuden laatua ja määrää.

Tutkimuksen toisen osan erityisongelmana on ollut kestävyysharjoittelun vaikutuksen selvittäminen kuormitustilanteessa esiintyviin liikkeen ominaispiirteiden muutoksiin. Tutkimuksen alku- ja loppukokeen välillä ei ole todettu oleellisia yleismuutoksia *KÄSIEN LIIKKEIDEN* osittaista vähenemistä lukuunottamatta. Kummankin kokeen kolmen mittauksen tulosten keskinäiset vertailut faktorianalyysin ja sitä täydentävän transformaatioanalyysin avulla osoittavat faktorirakenteiden pysyvän myös samanlaisina. Ainakin näin lyhyellä aikavälillä liikkeen kinemaattiset piirteet osoittavat varsin suurta reliabiliutta huolimatta siitä, että yksityisten variaabeleiden luotettavuudessa on parantamisen varaa.

Alku- ja loppukokeen sisäistä muutoksista voitiin todeta, että niitä esiintyi — vastoin olettamusta — pääasiassa vain loppukokeessa. Tulos viittaa muutosprofiilien muoto huomioon ottaen (ei palautumista välillä 4—5) jossain määrin siihen, että kuormitustilanne on motivaatiolataukseltaan ollut voimakkaampi kuin alkukokeessa. Aiemmin esitetty otaksuma tilanteen outouden ja siihen tottumattomuuden sekä muiden motivaatiota kohottavien tekijöiden vaikutuksesta erityisesti alkukokeessa lienee siten väärä. Rahapalkinnon mahdollisen voittamisen läheisyys loppukokeessa on voinut lisätä ponnisteluja ja yhdessä lopputulosta koskevan epävarmuuden kanssa ylläpitää korkeaa virittyneisyyden tasoa vielä kokeen loppumisen jälkeenkin. Sopi-
vin koejärjestelyin saattaisi olla tuotettavissa jonkinlainen aktivoitumisgradientti (Germana 1968, 1969). Kontrollimahdollisuu-
teen pyrittiin ennakoita jossain määrin varautumaan siten, että

osalle koehenkilöistä annettiin täytettäväksi mielialan muutoksia mittaamaan tarkoitettu adjektiiviluettelo ennen koetta ja kokeen jälkeen. Vaikka näitä tuloksia ei ole vielä lopullisesti analysoitu, on niissä nähtävissä suuntausta tason kohoamiseen väsymysasteikoilla ja alenemiseen tarmokkuusasteikolla koekertojen välillä. Tulos ei anna kuitenkaan aihetta tämän pitemmälle meneviin tulkintoihin.

Askeleen ajoituksesta riippuvissa muuttujissa ilmenevä keskiahajontojen pienentyminen selittyy jalkoihin kohdistuneen harjoitusvaikutuksen välityksellä. Tähän liittyvät sitä paitsi osittain 2. ryhmässä ja selvästi 3. ryhmässä ilmenevät vastaavat muutokset liikkeen nopeuden muuttujissa. Näitä tulkintoja täydentää vielä se, että käytännöllisesti katsoen vain käsien liikkeiden muuttujissa ei keskiahajontojen pienentymistä voitu todeta rasittavimman harjoittelun ryhmässä.

Tässä tutkimuksessa on pyritty kuvaamaan ja käyttämään selitettävänä ilmiöryhmänä liikesuoritusta, yhtä monista mahdollisista kuormituksen vaikutuksen ilmenemiskohteista ihmisessä. Samalla on ollut tarkoituksena tehdä selitysyrityksiä liikkeen kuvauksen pääulottuvuuksiin yleensä yhteydessä olevista taustatekijöistä ja näiden yhteyksien muuttumisesta kuormitus-tilanteen kuluessa. Lisäksi tutkimuksen II osassa on pyritty selvittämään, millä tavoin säännöllinen kestävyysharjoittelu on mahdollisesti yhteydessä liikkeen analyyttisen ja rakenteellisen kuvauksen osoittamiin vaihteluihin.

Liikkeen kinemaattinen analyysi on metodisesti nähty sopivimmaksi tarkasteltavan tehtävän kuvauksessa, koska sen käyttämät variaabelit viittaavat periaatteessa samoihin suorituslisiin piirteisiin, joita ulkopuolinen havainnoija voi välittömästi todeta. Nämä piirteet, kuten esimerkiksi liikkeiden nopeus, liikerojen muoto ja laajuus, raajojen yhteistoiminta ja ajoitus, saattavat olla sekä pedagogisesti että kliinisesti merkityksellisempiä käyttötutkimusta ja välittömiä sovellutuksia suunniteltaessa kuin kineettiset, fysikaalisesti puhtaaksiviljellyt mittavälineet, jotka luonnollisesti teorianmuodostuksen kannalta ovat tarpeellisia. On täysin mahdollista ja tutkimuksen käsitteellisen ekonomian kannalta ehkä toivottavaa pyrkiä pienentämään ihmisen liiketoimintojen kuvaus kuuden lukusarjan muutoksiksi ajan funktiona. Näistä kolme kuvaisi painopisteen suoraviivaista liikettä maan vetovoiman ja kahden siihen nähden kohtisuorassa olevan ulottuvuuden suunnassa (= maan pinnan suunnassa) sekä kolme kehon painopisteensä ympäri vastaavissa tasoissa tekemää pyörimisliikettä. On kuitenkin niin, että toimintaperiaatteiden selittämiseen ja mekanismien vuorovaikutusyhteyksien tulkintaan nekään eivät riitä. Tarvitaan usein runsaasti

lisätietoa liikekoneiston osien itsenäisistä toiminnoista, jotta lopputulosta olisi mahdollista arvioida (esim. Fischer 1906, Amar 1920) kuten jo varhaisista liikemekaanikkaa koskevista selvityksistä voi todeta.

Metodisesta ratkaisusta seuraakin itsestään pulma, ovatko tietyt kinemaattiset variaabelit riittävän luotettavasti mittaavia. Joudutaan lisäksi kysymään, miten luotettavuus on todettava. Riittääkö mittauksen toistaminen kerran vai tarvitaanko useampia kertoja. Mitä tapahtuu, jos toistetut mittaukset kattavat koetilanteen, jossa tietyt ulkoiset tekijät tarkoituksellisesti vaihdeltuina ovat suorituksen komponenttien keskinäisiä suhteita muuttava tekijä? Esitutkimusten perusteella on näyttänyt ilmeiseltä, että koeliike sisältää toisaalta yksilöiden välistä variaatiota ja samalla myös yksilöiden sisäistä stabiliutta mittauksia toistettaessa. Tästä johtuu, että luotettavuuskontrolli, jossa käytettiin varsinaisen koetilanteen toistettuja mittauksia, katsottiin perustelluksi ja riittäväksi. Riippuvien muuttujien reliabiliteettiä on tutkimuksen kummankin osan yhteydessä tutkittu laskemalla varianssianalyysia soveltaen luotettavuuskertoimet. Näitä korjattuja realibiteettikertoimia (Taulukot 1 ja 15) tarkasteltaessa voi todeta, että pääosa niistä on tyydyttäviä — osan ollessa jopa hyviä. Liikevaiheiden *AJOITUSTA* kuvaavissa muuttujissa ei ole näin etenkään verrattaessa alku- ja loppukoetta. Vaikka pidettäisiin jossain määrin mahdollisena kuormitus- ja harjoitusvaikutusten epätasaisuutta koehenkilöstössä, kertoimet ovat hyväksyttävän alarajoilla. Yhtenä syynä, joka näitä mittoja kehitettäessä tulisi välttämättä poistaa, on tietyn liikevaiheen liikeajasta riippuvan määrityksen epätarkkuus. Se johtune suurimmaksi osaksi liikeaikojen suuresta varianssista ja erityisesti nopeiden suoritusten kannalta liian harvoista havaintopisteistä (10 krt/s). Havaintojen taajuutta pitäisi ilmeisesti lisätä tai korvata lisähavainnot matemaattisilla estimaateilla.

Koeasetelma, joka sisältää useita toistettuja mittauksia, edellyttää pohdintaa myös mahdollisten oppimisvaikutusten esiintymisen osalta. Kuten alussa on todettu istumasta nousu seisomaan on luoteeltaan yliopittu ja automaattinen, jotta siinä olisi useiden toistojenkaan jälkeen nähtävissä suuria muutoksia (Jones & Hanson 1961, Jones 1965). Useiden perättäisten koesarjojen (Jones 1965) tulokset viittaavat lisäksi siihen, että pään ja niskan asennon korjauksilla ennen suorituksen alkua voidaan saada aikaan *tilapäisiä* muutoksia suorituksen nopeudessa, laajuudessa ja koetussa helppoudessa. Kerran opitut epätarkoituksenmukaiset asennot ja niitä seuraavat liikeradat pyrkivät kuitenkin säilymään, ellei suorituksissa toistuvasti keskitytä tarkkailemaan toimintasarjan koko toteutumista. Tämän tutkimuk-

sen koeliike vastaa Jonesin antamaa esikuvaa ja niitä muita jokapäiväisiä suorituksia, joilla kokeiluja on tehty (kävely kaltevaa tasoa ylös, liikkeessä esineen nosto lattialta jne.) Esikoikeista saatujen kokemusten perusteella liikkeen suoritustapa ei systemaattisesti muutu toistokerrasta toiseen. Tämän on katsottava korkean automaatioasteen lisäksi johtuvan myös siitä, että kokeenjohtaja ei anna koehenkilöille minkäänlaista tietoa suorituksen onnistumisesta tai epäonnistumisesta, sen hyvydestä tai huonoudesta. Jonesin (1965) mainitseman hyvän tai ohjatun suorituksen ominaispiirteet, jotka useiden hänen tutkimustulostensa mukaan korostuvat ja vähentävät henkilöiden välistä eroja ohjausmenettelyin avustetuissa suorituksissa ovat seuraavat: a) pään eteenkallistus vähenee, b) liikerata suppenee ja c) pään liikkeen alkuvaiheen nousuaika eli lähdön jälkeisen "alakoukkauksen" aika vähenee. Mikäli viimeksimainitun tilalla voidaan ajatella koko suoritukseen kuluva aika tämän tutkimuksen variaabeliluettelosta löytyvät vastineet kaikille mainituille indekseille. Taulukosta 11 voidaan todeta, että samassa mielessä oppimista kuin viitteenä olevissa tutkimuksissa on saatu osoitetuksi näkyy tilastollisesti merkitsevänä *Liikeajan (P)* keskiarvoissa välillä 1—2. Seuraavissa mittauksissa sekin yhtäläisyys heikkenee. Toisten variaabeleiden osalta tulokset eivät tue lainkaan oppimisvaikutuksen esiintymistä, sillä selvimmät keskiarvojen muutokset sijoittuvat välille 2—4 eivätkä klassisen oppimiskäyrän mukaisesti välille 1—2, jolloin pistemääriä mahdollisesti muuttava kuormitusvaikutus ei tässä asetelmassa vielä ole edes suurimmillaan.

Monelta kannalta tärkeässä asemassa on ollut koetilanne, kokeellinen kuormitus. On erityisesti otettava huomioon, että kuormitus on koostunut verrattain monimutkaisista elementeistä kuten koetilanteen aiheuttamasta alkujännityksestä, kokeenjohtajien läsnäolosta, koehenkilöiden välisestä luontaisesta kilpailutilanteesta (koulutusmenestys), keinotekoisesti luodusta suorituspyrkimyksestä instruktioon ja rahapalkintojen avulla tehtävän vaatimien vastausten epäonnistumisten ja turhautumisten aiheuttamasta aktivaation lisääntymisestä, tehtävän suorittamisen pitkittymiseen liittyvästä väsymisestä ja sen kompensointipyrkimyksestä, vieläpä epämukavan istuma-asennon aiheuttamasta raajojen ja nivelten jäykistymisestä. Toisin sanoen tilanteessa ilmeisesti ovat olleet vaikuttamassa aktivaatiota ja motivaatiota kohottavat, mutta samalla väsymystä ja epämukavuuden tuntemuksia lisäävät tekijät, joiden omia ja yhdysvaikutuksia ei ole mahdollista ryhtyä erittelemään saati, että niiden osuutta voisi erikseen mitata. Koetilanteessa todennäköisesti mukana olevien ulkoisten ja sisäisten vaikuttajaryhmien kokoel-

tyypillisissä laboratoriokeikeissa mahdollisimman puhtaina käymasta on käytetty nimitystä *kuormitus*. Se poikkeaa ensinnäkin tetyistä ja systemaattisen kontrolloinnin kohteina olevista vaikuttajista. Pyrkimyksenä on lisäksi ollut saada aikaan jokapäiväisen elämänkentän ärsykerunsaudesta ja -tiheydestä keskimäärin niin paljon eroava kokeellinen tilanne, että voitaisiin puhua kuormituksesta. On varsin vaikeaa sanoa, miten tässä on onnistuttu. Työhön liittyvistä jatkuvasti lähes samanlaisina toistuvista tilanteista esimerkiksi laitteiden ja koneiden tarkkailu ja säätö tai ajoneuvojen — esimerkiksi auton — kuljettaminen ovat käytetyn kuormituksen tosipohjaisia sukulaisia. Psykomotorinen kuormitus on pyritty saamaan aikaan pitämällä yllä jatkuvasti kummankin pääaistin alueella sensorista yliannostusta valintareaktiokokeen jatkettun ohjelman avulla. Saatujen pistemäärien (myös virheiden) likimain normaaliset jakumat tukevat käsitystä, että jonkintasoiseen yliannostukseen on päästy. Vasta virheiden kasautumisen tarkka analysointi osoittaisi kuormitusvaikutuksen etenemisen henkilöittäin. Virheanalyysi on tosin vain yksi tapa tarkastella kuormituksen etenemistä.

Alku- ja loppukokeen mittausten välisten muutosten vertailu antaa viitteitä vain tilanteiden keskinäisistä vaikutuseroista. Loppukokeen teho on sen perusteella ollut suurempi sekä jonkin verran kauemmin kestävä. Tätä ennakko-oletuksen vastaista tulosta on tulkittu siten, että loppukokeeseen liittyvä tulosten selviäminen ja rahapalkintojen ratkeamisen läheisyys ovat kohottaneet aktivaatiota yli optimitason muodostaen kohoavan gradientin. Tällä on ollut useimpien koehenkilöiden pistemääriä ja niiden variansseja voimakkaasti lisäävä vaikutus huolimatta edeltäneen kestävyysharjoittelun ja tilanteeseen tottumisen mahdollisesta vastakkaisesta vaikutuksesta. Kysymystä olisi mahdollista selvittää tarkemmin käyttämällä uutta koeasetelmaa, jossa eri motivaatiotekijöiden osuus olisi tätä tarkemmin kontrolloitava.

Toistettujen mittausten suunnassa kokeellisesti muutettaviksi ajateltavien tekijöiden, kuormittamisen ja harjoittelun, puhtaan vaikutuksen arvioimiseksi usean kontrolliryhmän käyttäminen olisi tarpeellista (esim. Underwood, 1957). Tutkimustalouden kannalta liikeanalyysin vielä nykyisin käyttämät menetelmät ovat niin hankalia ja hitaita, ettei suurten henkilömäärien tutkiminen toistaiseksi ole tarkoituksenmukaista. Tässä tutkimusasetelmassa on sovellettu kontrollimenettelyä, jossa yksi ryhmä (1. ryhmä) on harjoitettu täysin koeryhmiä vastaavissa olosuhteissa, mutta ns. valekuormalla. Tällöin kontrolliryhmän alku- ja loppukokeen keskimääräisiä eroja voidaan pitää yhdis-

telmänä koeasetelman ulkopuolisista ja niiden sekä alkukokeen (yleinen tottumus tilanteeseen) yhteisvaikutuksista, jotka siis muodostavat vertailutason, johon muiden ryhmien pistemäärissä todettavia muutoksia verrataan koekertojen välillä ja sisällä. Tulkinnessa ei siis ole mahdollista sanoa puhtaan harjoitteluvaikutuksen suunnasta tai suuruudesta mitään. Asettamalla harjoittelun vaikutuksen ja harjoittelun rasittavuuden väliselle suhteelle monotonisuuden perusolettamus, voidaan tuloksia tulkittaessa ryhmien välisten suhteiden muutoksista tehdä vain harjoittelun rasittavuuden lisäämisen yleistä vaikutusta koskevia alustavia johtopäätöksiä. Muutosten ja rasittavuuden suhteen monotonisuuden oletus ei luonnollisesti sulje pois mahdollisuutta, että myös muunlaisia yhteyksiä voi esiintyä. Ne vaativat oman selvityksensä.

Kestävyysharjoittelua ja siihen liittyneitä järjestelyjä ei suunniteltu tämän tutkimuksen nimenomaisia tarpeita ajatellen (vrt. Sarviharju 1970). Tästä johtui myös eräitä tulosten tulkintaa vaikeuttavia seikkoja. Ensinnäkin alkuperäisten koeryhmien ennakolta tapahtuneen arpomisen jälkeen niiden samanlaisuutta ei pystytty tarkistamaan tärkeiden yksilökohtaisten kunnan komponenttien osalta, joiden suunnassa kokeessa oli määrä aiheuttaa vaikutuksia. Tarkistuksen avulla olisi välttyttv ryhmien uudelleen samanlaitamiselta, mikä todettiin tarpeelliseksi harjoittelujakson jo alettua ja minkä yhteydessä poistettujen tapausten myötä on ehkä menetetty oleellista varianssia. Toiseksi voidaan Liitteestä 18 todeta, että 2. ryhmälle tarjoutuneet tilaisuudet harjoitella, harjoituksiin osallistumisen kokonaismäärät sekä osallistumismäärät 2—4 viikkoa ennen loppukoetta olivat järjestelmällisesti hieman korkeampia kuin 3. ryhmällä. Erot ovat verrattain pieniä, mutta ehkä riittäviä aiheuttamaan sen, että joissakin mittauksissa mainittujen ryhmien pistemäärissä ei ole voitu todeta loogista muutosten porrasteisuutta verrattuna kontrolliryhmään. On tosin niin, että harjoittelun vaikutuksen yleislinja osoittaa useimmiten vain 3. ryhmän poikkeavan merkittävästi kontrolliryhmästä. 2. ryhmän suorittaman harjoittelun rasittavuus ei näiden havaintojen perusteella ole ilmeisesti ollut edes riittävä, jotta se olisi tuottanut merkittävästi kontrolliryhmästä oletetun suuntaan poikkeavia muutoksia. Harjoittelutilanteiden erilaisen jakautumisen ryhmien osalle ei voine siten katsoa olleen syynä tähän tulokseen. Fyysisen kunnan laaja-alainen paraneminen 3. ryhmällä on sen sijaan osaselityksenä otettava huomioon.

3 ENGLISH SUMMARY¹

3. 1 *Background of the study*

The study reported here formed the second part of a project started in 1963, one of the initial objects of which was experiment with, and further development of, optic motion analysis methods suitable for the measurement of human gross motor behaviour. The main purpose has later been to explore, through laboratory experiments, how the effect — referred to as *loading* — of various experimentally produced environmental changes manifests itself in kinematic variables describing a movement pattern, and how an individual's physical fitness and other psychophysical characteristics are related to the qualitative and quantitative aspects of the loading effect. In the first part of the project the loading situation was of 6 to 7 minutes' duration and consisted of heavy ergometer work. In the second part, loading consisted of a series of psychomotor tasks lasting an hour. The chief problems included the following.

1. Which are the basic kinematic dimensions of the gross motor performance?

2. What alterations in the characteristics of a standardized movement are occasioned by a loading situation consisting of the performance of a (two-phase) choice reaction task of almost an hour's duration?

3. How are certain physical fitness, personality, spatial-visualization and psychomotor ability factors related to these kinematic characteristics of the movement, and how do they modify the changes in motor behaviour which can be observed in such a loading situation?

4. How do endurance conditioning and its degree of strenuousness affect the characteristics of the movement and, in particular, the changes observed in these characteristics in the loading situation?

¹ A general discussion on the present study can be found in Kirjonen J. (1971) On the description of a human movement and its psychophysical correlates under psychomotor loads. Studies in Sport, Physical Education and Health, 1. University of Jyväskylä.

Thirty conscripts participating in an air-force officer course were used as subjects. The subjects' age ranged from 19 to 22 years, their weight from 61.5 to 76.9 kg and their height from 168 to 184 cm. The data was obtained mainly during two experiments, separated by a ten-week muscular endurance conditioning period. During both experiments a number of measurements were made during the various phases of a similar psychomotor loading situation, which consisted of an audio-visual multiple-choice reaction task. To grade the strenuousness of the conditioning, the subjects were divided into three groups, by employing the heart rate as the criterion. The load of a bicycle ergometer was regulated, so as to keep the rate in a Control Group at about 90/min. on each occasion, in Experimental Group 2 at about 140/min. and Experimental Group 3 at about 160/min. The duration of the exercise was half an hour per period, and an average of four exercise periods a week were arranged throughout the ten-week period.

The standard movement studied consisted of rising from a sitting position and stepping up to stand erect on a platform. The movement was photographed by means of the stroboscopic technique. It was analysed into kinematic variables, which were measured on the basis of the paths traced by the head, arm and leg. The following four areas were represented by the independent variables considered: physical fitness, personality, spatial-visualization and psychomotor abilities. Interrelationships within and between the variable areas were investigated through regression and factor analysis, and the variable groupings thus found were utilized in the analysis of the loading and exercise effects. These effects were examined by means of analysis of variance (two- and three-factor models with repeated measurements). In addition, a number of other commonly used statistics were computed.

3. 2 Correlates for and factor structure of the characteristics of the movement

The results showed that a gross motor performance was characterizable in terms of six, or perhaps seven, mutually independent factor dimensions. Four of these were general factors of the model, i.e., factors determined by the loadings of several movement path variables. These factors, named *TEMPO*, *WIDTH*, *TIMING* and *ARM MOVEMENTS*, were also the clearest to interpret and, moreover, the most constant from one measurement to another. In addition, *CURVATURE OF PATH* (head) and *CURVATURE OF PATH* (arm) were

interpretable as separate factors. Instead of these two, three width-of-path factors corresponding to them were obtained in additional analyses.

The factor analyses of the independent variables: physical fitness, choice-reaction-time-test, discrimination-reaction-time-test, spatial-visualization tests, and Eysenck Personality Inventory questionnaire yielded the following orthogonal factors: *POWER*, *ENDURANCE* and *HEIGHT: RESPONSE ORIENTATION* (arm/visual stimuli) and *RESPONSE ORIENTATION* (leg/auditory stimuli); *PERCEPTUAL SPEED* and *SPATIAL VISUALIZATION*; *EXTRAVERSION* and *NEUROTICISM*.

The connections that the various dimensions and variables of the movement-characteristics had with the above explanatory factor groups were rather weak. In the present group on subjects, *TEMPO* correlated positively with the variables of *HEIGHT*, *RESPONSE ORIENTATION* (arm/visual stimuli) as well as the variables of *NEUROTICISM* and *EXTRAVERSION*. Analysis by variables revealed, moreover, that *RESPONSE ORIENTATION* (arm/visual stimuli) and *NEUROTICISM* had connections mainly with the variability-of-velocity variables or the ballistic properties of the movement, rather than with the velocity variables. In addition variables of arm movements correlated positively with *SPATIAL-VISUALIZATION* and *HEIGHT*, and negatively with *RESPONSE ORIENTATION* (arm) and *NEUROTICISM*.

3. 3 Psychomotor loading and the movement

Changes in the means and standard deviations of the dependent (movement-characteristics) variables were largest and most frequent from the measurement that immediately preceded the psychomotor loading task to the measurement performed between its two phases. These changes indicated, in the first place, that there was a tendency for *ARM MOVEMENTS* and *WIDTH OF PATH* to increase over the interval in question. By contrast, *TEMPO* increased particularly between the two measurements preceding the task but had partly returned to the the initial level by the measurement that took place after the task. Its behaviour was thus consistent with the general model of the impact of arousal on the speed of motor performances. The changes were not uniform in the whole group on subjects. *ENDURANCE*, *NEUROTICISM* and *EXTRAVERSION* seemed to be personality components that tended to spread the loading effect. During the loading situation the changes were most distinct for subjects scoring low on *EN-*

DURANCE (tempo and curvature of path decreased) and for those scoring high on *RESPONSE ORIENTATION* (leg), *NEUROTICISM* and *EXTRAVERSION* (timing of step took place earlier, arm movements increased).

3.4 *Endurance conditioning and the effect of psychomotor loading*

In the loading experiment carried out after the endurance conditioning period, changes similar, yet markedly greater to those found in the initial experiment were observed in the characteristics of the movement. However, in Experimental Group 3 (for which the training program was heaviest) the tendencies for *ARM MOVEMENTS* and *WIDTH OF PATH* (arm) to increase and the variances to grow generally larger were either absent or significantly weaker than in Group 1 and 2. This suggests that with young subjects whose physical fitness is likely to be good even initially, no clear indirect impact of conditioning on the motor reactions occurring in a loading situation will be demonstrable unless the exercises, even if they are arranged several times a week for a period of some ten weeks, are very strenuous on each occasion (working heart rate about 160/min.).

LÄHTEET

REFERENCES

- Alluisi, E. A.* (1969) Sustained performance; in Bilodeau, E. A. & Bilodeau, Ina McD. (Eds.) Principles of skill acquisition. New York: Academic Press.
- Amar, J.* (1920) The human motor: The scientific foundations of labor and industry. London: Routledge and Sons, Ltd.; in Krogman, W. M. & Johnston, F. E. (Eds. 1963) Human mechanics. Four monographs abridged. Technical documentary report N:o AMRL-TDR-123. Unclassified publ. Clearinghouse: U. S. Dept. of Commerce.
- Barnes, R. M.* (1963) Motion and time study. New York: J. Wiley & Sons, Inc.
- Bartley, S. H. & Chute, E.* (1947) Fatigue and impairment in man. New York/London: McGraw-Hill Co.
- Bartley, S. H.* (1965) Fatigue. Mechanism and management. Springfield Ill: Charles C. Thomas Publ.
- Bergendal, G. & Brinck, I.* (1964) Lineär algebra och geometri. Lund: Student Litteratur.
- Bernstein, N.* (1967) The co-ordination and regulation of movements. Oxford/London: Pergamon Press Ltd.
- Bregelmann, J. C.* (1967) Extraversion, neurotische Tendenz und Rigidität im Umkehrversuch. Z. f. exp. n. angew. Psychol. 4, 339—362.
- Bregelmann, J. C.* (1968) Expressive movements and abnormal behaviour. in Eysenck, H. J. (Ed.) Handbook of abnormal psychology. London: Pitman Medical Publ. Co. Ltd.
- Castaneda, A.* (1956) Reaction time and response amplitude as a function of anxiety and stimulus intensity. J. Abnorm. (Soc.) Psychol. 53, 225—228.
- Christensen, E. H.* (1953) Physiological evaluation of work in Nykroppa iron works; in Floyd, W. R. & Welford, A. T. (Eds.) Symposium of fatigue. London: H. K. Lewis & Co, Ltd.
- Corcoran, D. W. J.* (1965) Personality and the inverted-U relation. Brit. J. Psychol. 56, 267—273.
- Crossman, E. R. F. W.* (1959) A theory of the acquisition of speed-skill. Ergonomics, 2, 153—166.
- Darcus, H. D.* (1953) Some effects of prolonged muscular exertion; in Floyd, W. F. & Welford, A. T. (Eds.) Symposium of fatigue. London: H. K. Lewis & Co Ltd.
- Deese, J.* (1962) Skilled performance and conditions of stress; in Glaser, R. (Ed.) Training research and education. New York: J. Wiley & Sons, Inc.
- Duffy, E.* (1957) The psychological significance of the concept of "arousal" or "activation". Psychol. Rev. 64, 5, 265—275.
- Duffy, E.* (1962) Activation and behavior. New York: J. Wiley & Sons, Inc.
- Eysenck, H. J.* (1956) Reminiscence, drive and personality theory. J. Abnorm. (Soc.) Psychol. 53, 328—333.

- Fischer, O.* (1966) Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der Lebenden Körper mit Speziellen Anwendungen auf den Menschen, sowie auf einige Bewegungsvorgänge an Maschinen. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner; in Krogman, W. M. & Johnston, F. E. (Eds. 1963) Human mechanics. Four monographs abridged. Technical documentary report N:o AMRL-TDR-123. Unclassified publ. Clearinghouse: U. S. Dept. of Commerce.
- Fleishman, E. A.* (1958) Dimensional analysis of movement reactions. *J. exp. Psychol.* 55, 438—453.
- Fleishman, E. A.* (1964) The structure and measurement of psychical fitness. Englewood Cliffs, N. J: Prentice-Hall, Inc.
- Fleishman, E. A.* (1967) Development of a behavior taxonomy for describing human tasks: A correlational-experimental approach. *J. Appl. Psychol.* 51, 1, 1—10.
- Fleishman, E. A. & Hempel, W. E.* (1956) Factorial analysis of complex psychomotor performance and related skills. *J. Appl. Psychol.* 40, 96—104.
- French, J. W.* (1951) The description of aptitude and achievement tests in terms of rotated factors. *Psychom. Monogr.* 5.
- Gagne, R. M. & Fleishman, E. A.* (1959) Psychology and human performance. New York: H. Holt and Co.
- Gellhorn, E.* (1967) Autonomic-somatic integrations. Minneapolis: U. Minnesota Press.
- Germana, J.* (1968) The psychophysiological correlates of conditioned response formation. *Psychol. Bull.* 70, 105—114.
- Germana, J.* (1969) Central efferent processes and autonomic-behavioral integration. *Psychophysiology* 6, 1, 78—90.
- Grandjean, E.* (1968) Fatigue: Its physiological and psychological significance. *Ergonomics* 11, 5, 427—436.
- Hammerton, M. & Tickner, A. H.* (1963) Physical fitness and skilled work after exercise. *Ergonomics*, 11, 1, 41—45.
- Harman, H.* (1967) Modern factor analysis. Chicago: U. Chicago Press.
- Hasselqvist, O., Söderström, P. & Wiklund, A.* (1965) MTM-perusliikkeit. Helsinki: Suomen Metalliteollisuuden Työnantajaliitto.
- Hebb, D. O.* (1955) Drives and the C. N. S. (Conceptual Nervous System). *Psychol. Rev.* 62, 243—254.
- Hellebrandt, F. A. & Waterland, J. C.* (1962) Expansion of motor patterning under exercise stress. *Am. J. Phys. Med.* 41, 56—66.
- Howell, M. L. & Alderman, R. B.* (1967) Psychological determinants of fitness. *Canad. Med. Ass. J.* 96, 721—728.
- IBM* (1967) 1130 Statistical System (1130-CA-06X) User's Manual. White Plains, N. Y. 10601: IBM Tech. Publ. Dept.
- Jones, F. P.* (1965) Method for changing stereotyped response patterns by the initiation of certain postural sets. *Psychol. Rev.* 72, 3, 196—214.
- Jones, F. P. & O'Connell, D. N.* (1958 a) Color-coding of stroboscopic multiple-image photographs. *Science* 127, 3306, 1119.
- Jones, F. P. & O'Connell, D. N.* (1958 a) Color-coding of stroboscopic multiple-image photography for studying related rates of movement. *J. Psychol.* 45, 247—251.
- Jones, F. P. Gray, F. E., Hanson, J. A. & O'Connell, D. N.* (1959) An experimental study of the effect of head balance on patterns of posture and movement in man. *J. Psychol.* 47, 247—258.
- Jones, F. P. & Hanson, J. A.* (1961) Time space pattern in a gross body movement. *Percept. Mot. Skills* 12, 35—41.
- Kirjonen, J.* (1970 a) Eräät fyysisen toimintakykyisyyden osatekijät istumasta korokkeelle nousu -liikesuorituksen ja lihastyön siinä aiheutta-

- mien muutosten selittäjinä. Reports from the Institute for Educational Research 56 Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Kirjonen J.* (1970 b) The relationship between some components of physical fitness and the modification by muscular exercise of the movement pattern in rising from a sitting position and stepping up to a platform. Reports from the Department of Psychology 101. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Kirjonen, J. & Nieminen R.* (1970) Kestävyysharjoittelun vaikutus eräisiin motorisen kunnan perussuorituksiin. Stadion 1, 42—48.
- Konttinen, R.* (1968 a) EPI-lomakkeen (Eysenck Personality Inventory) suomenmoksen faktorirakenne. Reports from the Department of Psychology 77. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Konttinen, R.* (1968 b) Graafisen ekspansiivisuuden ja ekstraversioon suhtautumisen funktiona. Reports from the Department of Psychology 82. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Lindsley, D. B.* (1960) Attention, consciousness, sleep and wakefulness; in Field, J., Magoun, H. W. & Hall V. E. (Eds.) Handbook of physiology, Section Neurophysiology (Vol. I—III) Washington D. C.: American Physiological Society.
- Iuria, A. R.* (1932) The nature of human conflicts. New York: Liveright Publ.
- McCormick, E. J.* (1964) Human factors engineering. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Melton, A. W.* (ed. 1947) Apparatus tests. AAF Rep N:o 4. Washington D. C.: U. S. Govt. Printing Office.
- Michon, J. A.* (1966) Tapping regularity as a measure of perceptual motor load. Ergonomics. 9, 401—412.
- Morrey, C. B. Jr.* (1962) University calculus with analytic geometry. Mass, USA: Addison-Wesley.
- Mustonen, R.* (1966) Symmetrinen transformaatioanalyysi. Alkoholipoliittisen tutkimuslaitoksen tutkimusseloste 24. Helsinki.
- Mäkinen R.* (1968) Sosiaalisen ja impulsiivisen ekstraversion mittaaminen EPI-lomakkeilla. Uusi kyselykaavake EPI-C (NESI). Reports from the Department of Psychology 78. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Nicks, D. C. & Fleishman, E. A.* (1962) What do physical fitness tests measure? A review of factor analytic studies. Educ. Psychol. Measmt. 22, 77—96.
- Oeser, M.* (1936) Über den Speerwurf. Neue psychologische Studien. 9, 3. München.
- Petrie, A., Collins, W. & Solomon, P.* (1960) The tolerance for pain and for sensory deprivation. Am. J. Psychol. 73, 80—90.
- Pitkänen, P.* (1967) Ärsyke- ja reaktioanalyttisten faktoritulosten vastaavuudesta (On the congruence and coincidence between stimulus analytical and response analytical factor results). Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 13. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Pitkänen, L.* (1968) Aggressiivisuuspiirre käyttäytymisen kuvauksen kaksikulotteisessa viitekehyksessä. Reports from the Department of Psychology 84. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Ralston, A. & Wilf, H. S.* (1960) Mathematical methods for digital computers. New York: J. Wiley & Sons.
- Rey, P. & Rey, J.-P.* (1963) Les effets comparés de deux éclairages fluorescents sur une tâche visuelle et des tests de "fatigue". Ergonomics 6, 393—401.
- Rimoldi, H. J. A.* (1951) Personal tempo. J. Abnorm. (Soc.) Psychol. 46, 283—303.

- Ross, S., Hussman, T. A. & Andrews, T. G. (1954) Effects of fatigue and anxiety on certain psychomotor and visual functions. *J. Appl. Psychol.* 38, 119—125.
- Ryan, E. D. (1969) Perceptual characteristics of vigorous people. in Brown, R. C. & Cratty, B. J. (Eds.) *New perspectives of man in action.* Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc.
- Sarviharju, P. (1970) Kestävyysharjoittelun vaikutukset eräisiin biokemiallis-fysiologisiin muuttujiin tietyissä psykofyysisissä kuormitustilanteissa. (Effect of ten week's endurance training on biochemical and physiological variables during a psychophysical loading situation). Unpublished licentiate thesis. University of Jyväskylä.
- Smith, I. M. (1964) *Spatial ability.* London: U. London Press.
- Takala, M. & Partanen, N. (1964) Psychomotor expression and personality study III. The problem of "personal tempo". *Scand. J. Psychol.* 5, 161—170.
- Takala, M., Hagfors, C., Pitkänen, L. & Ruoppila, I. (1964) Physical fitness in relation to aggression, achievement motivation and some other motivational traits. Reports from the Department of Psychology 59, Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Teichner, W. H. (1968) Interaction of behavioral and physiological stress reactions. *Psychol. Rev.* 75, 4, 271—291.
- Underwood, B. J. (1957) *Psychological research.* New York: Appleton-Century-Cofts, Inc.
- Vahervuo, T. (1958) *Psykometriikan metodeja I—II.* Porvoo: WSOY.
- Vernon, P. E. (1964) *The structure of human abilities.* London: Methuen & Co, Ltd.
- Wassenaar, G. M. C. (1964) The effect of general anxiety as an index of lability on the performance of various psychomotor tasks. *J. General Psychol.* 71, 351—357.
- Weckroth, J. & Häkkinen, S. (1957) Trötthetssymptom vid psykomotoriska testprestationer efter ett ansträngande rallylopp. *Nordisk Psychol.* 9, 3, 128—136.
- Welford, A. T. (1968) *Fundamentals of skill.* London: Methuen & Co, Ltd.
- Wilkinson, R. (1969) Some factors influencing the effect of environmental stressors upon performance. *Psychol. Bull.* 72, 4, 260—272.
- Winer, B. J. (1962) *Statistical principles in experimental design.* New York: McGraw-Hill Book Co.

LITTEET

APPENDICES

LIITTEET

APPENDICES

Liite 1. Variaabeli- ja faktoriluettelo

Appendix 1. List of variables and factors

Riippuvat variaabelit:	Dependent variables:	Riippumattomat variaabelit:	Independent variables:
1. Liikeaika (P, = pää)	1. Time of movement (H, = head)	21. Vauhditon pituushyppy	21. Standing (broad) jump
2. Radan pituus (P)	2. Length of path (H)	22. Käsinkohonta	22. Chin-ups
3. Keskinopeus (P)	3. Mean velocity (H)	23. Sukkulajuoksu	23. Shuttle run
4. Nopeuden varianssi (P)	4. Variance of velocity (H)	24. Makuulta nousu istumaan	24. Sit-ups
5. Radan laajuus (P)	5. Width of path (H)	25. Työsyke	25. Working pulse
6. Radan kaarevuus (P)	6. Curvature of path (H)	26. Puristuksen kesto	26. Hold hand grip
7. Maksiminopeus (P)	7. Maximum velocity (H)	27. Pituus	27. Height
8. Minimin vaihe (P)	8. Phase of minimum velocity (H)	28. Paino	28. Weight
9. Maksimin vaihe (P)	9. Phase of maximum velocity (H)	29. Säären pituus	29. Height of leg
10. Radan pituus (K, = käsi)	10. Length of path (A, = arm)	30. Ekstraversio	30. Extraversion
11. Maksiminopeus (K)	11. Maximum velocity (A)	31. Neuroottisuus	31. Neuroticism
12. Maksimin vaihe (K)	12. Phase of maximum velocity (A)	32. Valheasteikko	32. Lie-scale
13. Tukivaihe (J, = jalka)	13. Supporting phase (L, = leg)	33. Tukikohdat	33. Bases
14. Latenssi (P)	14. Latency (H)	34. Käntelyt	34. Rotated figures
15. Kallistuskulma (P)	15. Angle of tilt (H)	35. Vaipat	35. Three-dimensional space
16. Ajoitus (P)	16. Timing (H)	36. Kieritys	36. Imaginary rolling
17. Radan laajuus (K)	17. Width of path (A)	37. Asteikot	37. Dial reading
18. Radan kaarevuus (K)	18. Curvature of path (A)	38. Mekanismit	38. Mechanical movements
19. Ajoitus (K)	19. Timing (A)	39. Tarkkailu	39. Complex attention
20. Liikeaika (J)	20. Time of movement (L)	40. Reaktioaika	40. Reaction time
		41. Pakkoaika	41. Reaction time (time-limited)
		42. Reaktiohäiriöt	42. Reaction errors
		43. Käden CRT-pistemäärä	43. CRT-score (arm)
		44. Jalan CRT-pistemäärä	44. CRT-score (leg)
		45. Käden CRT-aika	45. CRT, time (arm)
		46. Käden oikeat-väärät	46. CRT, corrected (right-wrong)
		47. Jalan CRT-aika	47. CRT, time (leg)
		48. Jalan oikeat-väärät	48. CRT, corrected (right-wrong)
Riippuvat faktorit:	Dependent factors:	Riippumattomat faktorit:	Independent factors:
I TEMPO	I TEMPO	TE TEHOKKUUS	POW POWER
II LIIKELAAJUUS	II WIDTH	PI PITUUS	HEI HEIGHT
III AJOITUS	III TIMING	KE KESTÄVIYS	END ENDURANCE
IV KÄDEN LIIKKEET	IV ARM MOVEMENTS	KH KÄDEN NÄKÖSUUNNISTU- MINEN	ROA RESPONSE ORIENTATION (arm to visual stimuli)
V PÄÄN LIIKKEEN KAARE- VUUS	V CURVATURE OF PATH (H)	S-V SPATIAALIS-VISUAALISUUS	SVI SPATIAL VISUALIZATION
VI KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS	VI CURVATURE OF PATH (A)	JK JALAN KUULOSUUNNIS- TUNNEN	ROL RESPONSE ORIENTATION (leg to auditory stimuli)
(IV) KÄDEN LIIKELAAJUUS	(IV) WIDTH OF PATH (A)	RN REAKTIONOPEUS	PSP PERCEPTUAL SPEED
(V) PÄÄN LIIKELAAJUUS	(V) WIDTH OF PATH (H)	N NEUROOTTISUUS	NEU NEUROTICISM
VII KÄDEN RADAN PITUUS	VII LENGTH OF PATH (A)	E EKSTRAVERSIO	EXT EXTRAVERSION

Liite 1. Variaabeli- ja faktoriluettelo
Appendix 1. List of variables and factors

Riippuvat variaabelit:	Dependent variables:	Riippumattomat variaabelit:	Independent variables:
1. Liikeaika (P, = pää)	1. Time of movement (H, = head)	21. Vauhditon pituushyppy	21. Standing (broad) jump
2. Radan pituus (P)	2. Length of path (H)	22. Käsinkohonta	22. Chin-ups
3. Keskinopeus (P)	3. Mean velocity (H)	23. Sukkulajuoksu	23. Shuttle run
4. Nopsuden varianssi (P)	4. Variance of velocity (H)	24. Makuulta nousu istumaan	24. Sit-ups
5. Radan laajuus (P)	5. Width of path (H)	25. Työsyke	25. Working pulse
6. Radan kaarevuus (P)	6. Curvature of path (H)	26. Puristukseen kesto	26. Hold hand grip
7. Maksiminopeus (P)	7. Maximum velocity (H)	27. Pituus	27. Height
8. Minimin vaihe (P)	8. Phase of minimum velocity (H)	28. Paino	28. Weight
9. Maksimin vaihe (P)	9. Phase of maximum velocity (H)	29. Säären pituus	29. Height of leg
10. Radan pituus (K, = käsi)	10. Length of path (A, = arm)	30. Ekstraversio	30. Extraversion
11. Maksiminopeus (K)	11. Maximum velocity (A)	31. Neuroottisuus	31. Neuroticism
12. Maksimin vaihe (K)	12. Phase of maximum velocity (A)	32. Valheasteikko	32. Lie-scale
13. Tukivaihe (J, = jalka)	13. Supporting phase (L, = leg)	33. Tukikohdat	33. Bases
14. Latenssi (P)	14. Latency (H)	34. Kääntelyt	34. Rotated figures
15. Kallistuskulma (P)	15. Angle of tilt (H)	35. Vaipat	35. Three-dimensional space
16. Ajoitus (P)	16. Timing (H)	36. Kieritys	36. Imaginary rolling
17. Radan laajuus (K)	17. Width of path (A)	37. Asteikot	37. Dial reading
18. Radan kaarevuus (K)	18. Curvature of path (A)	38. Mekanismit	38. Mechanical movements
19. Ajoitus (K)	19. Timing (A)	39. Tarkkailu	39. Complex attention
20. Liikeaika (J)	20. Time of movement (L)	40. Reaktioaika	40. Reaction time
		41. Pakko aika	41. Reaction time (time-limited)
		42. Reaktion häiriöt	42. Reaction errors
		43. Käden CRT-pistemäärä	43. CRT-score (arm)
		44. Jalan CRT-pistemäärä	44. CRT-score (leg)
		45. Käden CRT-aika	45. CRT, time (arm)
		46. Käden oikeat-väärät	46. CRT, corrected (right-wrong)
		47. Jalan CRT-aika	47. CRT, time (leg)
		48. Jalan oikeat-väärät	48. CRT, corrected (right-wrong)
Riippuvat faktorit:	Dependent factors:	Riippumattomat faktorit:	Independent factors:
I TEMPO	I TEMPO	TE TEHOKKUUS	POW POWER
II LIIKELAAJUUS	II WIDTH	PI PITUUS	HEI HEIGHT
III AJOITUS	III TIMING	KE KESTÄVYYS	END ENDURANCE
IV KÄDEN LIIKKEET	IV ARM MOVEMENTS	KN KÄDEN NÄKÖSUUNNISTU- MINEN	ROA RESPONSE ORIENTATION (arm to visual stimuli)
V PÄÄN LIIKKEEN KAARE- VUUS	V CURVATURE OF PATH (H)	S-V SPATIAALIS-VISUAALISUUS	SVI SPATIAL VISUALIZATION
VI KÄDEN LIIKKEEN KAAREVUUS	VI CURVATURE OF PATH (A)	JK JALAN KUULOSUUNNIS- TUMINEN	ROL RESPONSE ORIENTATION (leg to auditory stimuli)
(IV) KÄDEN LIIKELAAJUUS	(IV) WIDTH OF PATH (A)	RN REAKTIONOPEUS	PSP PERCEPTUAL SPEED
(V) PÄÄN LIIKELAAJUUS	(V) WIDTH OF PATH (H)	N NEUROOTTISUUS	NEU NEUROTICISM
VII KÄDEN RADAN PITUUS	VII LENGTH OF PATH (A)	E EKSTRAVERSIO	EXT EXTRAVERSION

Liite 2. Koeliikkeen instruktiot

Appendix 2. Instructions for the experimental movement

Asettukaa nyt istumaan oikea kylki huoneeseen päin. Siirtykää ohjeitten mukaan eteen tai taaksepäin (säären etureuna kohtisuoraan lattiaa vastaan). Istukaa jännittämättä ja antakaa käsien riippua vapaasti sivulla (asennon korjauksia ohjeiden mukaan).

Tarkoituksena on tästä asennosta nousta seisomaan edessä olevalle korokkeelle siten, että huoneen puoleinen jalka nousee ensin. Älkää työntäkö käsillä polvista, älkää hypätkö.

Nouskaa heti kun havaitsette salamavalon välähtelyn alkavan. Kysymyksessä ei ole minkäänlainen kilpailu tai arvostelu. Olemme kiinnostuneita vain jokaisen omasta luonnollisesta suorituksesta.

Oletteko valmis? (ensimmäiset kuvaukset).

Liite 3. Instruktiot Valintareaktio- eli CRT-kokeen ja koeliikkeen harjoittelua varten

Appendix 3. Instructions for the practising of the Choice Reaction Time-test and the experimental movement

Tässä on laite, jolla voidaan mitata henkilön kykyä keskittyä ja reagoida näkö- sekä kuulohavaintoihin nopeasti ja oikein käden sekä jalkojen liikkeinä. Tämän kaltaisia laitteita on käytetty mm. osaltaan testaamaan henkilön soveltuvuutta esim. lentokoneen ohjaajaksi.

Tällä kertaa te koehenkilönä saatte tilaisuuden tutustua laitteeseen ja harjoitella sillä. Tänään illalla joudutte ajamaan laitteella yhteensä tunnin ajan. Ajo tapahtuu koehenkilöiden välisenä kilpailuna, jossa lasketaan lopputulos tämänpäiväisen ajon sekä keväällä suoritettavan kokeen yhteistuloksen perusteella. Kilpailun parhaan yhteistuloksen ts. virheettömimmän tuloksen saanut saa palkinnoksi 1000:- summan. Lisäksi saa jokaisen koeryhmän paras 200:-. Pääpalkinnon voittaneen henkilön ryhmässä 200:- palkinnon saa ryhmän toiseksi paras.

Tässä kokeessa on suoritettava samanaikaisesti kahta eri tehtävää, valotehtävää (visuaalista reaktioaikakoetta) ja äänitehtävää (audiitiivista reaktiokoetta). Käymme ensiksi läpi valotehtävän.

2.5 sek ohjelma, Ärs ON, Ohj ON

Tähän (N = näytetään) syntyy erilaisia valoryhmiä, joko 6, 7 tai 8 valon ryhmä. Lisäksi jokaisen valoryhmän kanssa samaan aikaan syytty oikealle (N) tai vasempaan (N) osoittava nuoli.

Annetaan ohjelman mennä ja sanotaan, mitä valoryhmät ovat, esim. "Nyt tuli 6 valoa ja nuoli osoittaa oikealle" - kunnes kaikki valoryhmät ovat esiintyneet vähintään kerran.

Ottakaapa nyt sauvasta kiinni kämmenotteella - näin (N) - niin, että ranteenne voi saada tukea tästä kansilevystä. Ottakaa sauva käteenne! (korjataan, jos tarpeen).

Tehtävä on nyt seuraava: Kun syytty 7 valon ryhmä, Teidän tulee sammuttaa se mahdollisimman nopeasti kallistamalla sauvaa nuolen suuntaan. Jos sauvaa kallistaa väärään suuntaan, valoryhmä ei sammuu, vaan syytty tämä (N) virhelamppu ja samalla saatte yhden virhepisteiden. Jos syytty 6 tai 8 valon ryhmä, ette saa tehdä mitään,

muutoin syttyy taas tämä (N) virhelamppu ja Teille tulee varhepiste.
Näytän Teille, miten sauvaa käytetään.

Ärs EI, Ohj. EI

Sauvaa saa kallistaa vain sen verran, että kuuluu raksahdus. (Näytetään). Jos sauvaa kallistaa liikaa - näin tai näin (näytetään molempiin suuntiin), syttyy virhelamppu (N, vaikka pimeänä) ja saate virhepisteen. Kokeilkaapa nyt (selitetään vielä tarvittaessa).
-- Siis tehtävänä on kallistaa sauvaa seitsemälle valolle nuoen suuntaan ja muille ei mitään. - Onko kysyttävää? (Jos on, selitetään). - Kokeillaanpa sitten, miten tehtävä sujuu.

Nollataan kellot ja laskijat
Annetaan ohjelman raksuttua loppuun, ellei jo ole.

Ottakaa sauvasta kiinni. Valmiina -

Ärs ON & Ohj ON - ALKAA!
Kun lukumäärälaskijaan raksahuttaa no. 30, Virta EI
Merkitään iistään kellot ja laskijat
Sanotaan oikeat ja väärät kh:lle ja esitetään mahdolliset kommentit.
Nollataan kellot ja laskijat

Suoritetaan vielä samaa tehtävää, mutta nyt hieman nopeammassa tahdissa.

Valmiina -
1.25 sek ohjelma, Virta ON - ALKAA!
Kun lukumäärälaskijaan raksahuttaa no. 30, Virta EI
Merkitään iistään kellot ja laskijat
Sanotaan oikeat ja väärät kh:lle ja esitetään mahdolliset kommentit
Ohj EI, Virta ON

Tämä on siis valotehtävä ja tämä on päättehtävä, ts. Teidän on pidettävä huoli, että kerkiätte sammuttamaan valot oikein ja ajoissa.

Tämän tehtävän lisäksi Teidän on suoritettava samanaikaisesti myös toista tehtävää, äänitehtävää. Se on seuraavanlainen: Näihin kuulokkeisiin (vain N) tulee äänimerkkejä joko oikealle korvalle, vasemmalle korvalle tai molemmille korville yht'aikaa.

Sitten täällä on kaksi jalkakytkimintä (asetetaan kh:n jalat jalkakytkimille, jolleivät jo ole oikein). Jalkakytkimintä käytetään siten, että kytkin painetaan eteen alas ja palautetaan välittömästi. Kytkimien painallukset näkyvät myös näiden (N) vihreiden lampujen syttymisenä. Kokeillaanpa nyt jalkakytkimintä (Neuvotaan, jos tarpeen;

huomautetaan, jos ei palauta kytkintä takaisin). Tehtävä on nyt seuraava: Kun kuulette äänen vasemmanpuoleisella korvallanne, katkaiskaa ääni painamalla vasemmanpuoleista jalkakytkintä. Kun kuulette äänen oikeanpuoleisella korvallanne, katkaiskaa ääni painamalla oikeanpuoleista jalkakytkintä. Jos kuulette äänen molemmilla korvillanne, ette saa painaa kumpaakaan kytkintä, muutoin tulee virhepiste.

- Onko kysyttävää? (Selitetään, jos on) Pistetään kuulokkeet kh:lle. Nyt kokeillaan pelkästään tätä kuulotehtävää. Älkää siis välittäkö valoista tai sauvasta. Valmiina -

Laskijat ja kellot nollille
2.5 sek ohjelma, Ohj ON
Kun lukumäärälaskijaan raksahtaa no. 30, Virta EI
Merkitään listaan kellot ja laskijat
Sanotaan oikeat ja väärät kh:lle ja esitetään mahdolliset kommentit
Ärs EI, Ohj EI, Virta ON ja annetaan ohjelman raksuttaa pimeänä kierroksen loppuun
Nollataan laskijat ja kellot

Nyt suoritamme samanaikaisesti sekä valotehtävää että äänitehtävää.

- Onko epäselvää? - Valmiina -

Ärs ON, Ohj ON - ALKAA!
Kun lukumäärälaskija on jossakin 76 ja 99 välillä,
Ohj EI
Kun ohjelma pysähtyy, merkitään listaan kellot ja laskijat
Sanotaan kh:lle oikeat ja väärät ja kommentoidaan tarvittaessa, esim. laitaanlyönneistä.

Sitten suoritamme saman uudelleen, mutta nyt vähän nopeammassa tahdissa. - Valmiina

Nollataan kellot ja laskijat
1.25 sek ohjelma, Ärs ON, Ohj ON - ALKAA!
Kun lukumäärälaskija jossakin 76 ja 99 välillä,
Ohj EI
Kun ohjelma pysähtyy, merkitään listaan kellot ja laskijat
Sanotaan kh:lle oikeat ja väärät ja mahdolliset kommentit

Visuaalinen ja auditiivinen diskriminaatioreaktioaikakoe

INSTRUKTIOT VARSINAISIA KOKEITA VARTEN

Pyydetään kh istumaan ja ottamaan kämmenote sauvasta sekä pistämään jalat jalkakytkimille.

Chekkaukset laitteissa:

Vaikeustaso 2-3. Ohjelmakierros lopussa.

1.25 sek ohjelma. Ärs EI, Ohj EI, Virta ON

Kellot ja laskijat nollille.

Muistatteen tehtävän: 7 valon ryhmiin sauvaa nuolen suuntaan, muille valoille ei mitään ja oikean korvan ääni katkaistaan oikealla jalkakytkimellä, vasemman korvan ääni vasemmalla kytkimellä ja molempiin korviin yhtäaikaan tulevaan ääneen ei tehdä mitään.

Valmiina -

Ärs ON, Ohj ON - ALKAA!

Kun lukumäärälaskija 226 ja 243 välillä, Ohj EI

Kun ohjelma pysähtyy, merkitään istaan kellot ja laskijat. Kh saa mennä Kirjosen kuvauksiin.

Nollataan kellot ja laskijat

Lisäohjeet päivällä

Laiteajon yhteydessä illalla suoritetaan yksinkertaisen korokkeelle nousu -liikkeen valokuvaus ns. katkovalomenetelmällä (salamavalon välähdystiheys on 10 jaksoa). Tämä tapahtuu ennen ja jälkeen laiteajoa ja sen taukojen aikana. Sen suorittaminen ei vaikuta millään tavalla laiteajon tuloksen määrittämiseen.

Kuvauksen tarkoituksena on selvittää mm. millaisia yhteyksiä vallitsee erilaisten fysiologisten mittojen ja liikkeen suoritustavan välillä. Liike on tämä (näytetään):

Alkuasento (istutaan vapaasti, kädet riippuvat sivulla, säären etureunat kohtisuoraan lattiaa vastaan)

Nousu (huoneen puoleinen jalka, oikea, nousee ensin)

(Polvista ei työnnetä. Tarkoitus ei ole myöskään hypätä)

Aloitusmerkkinä tulee olemaan salamavalon välähtelyn alkaminen.

Kysymyksessä ei siis ole minkäänlainen kilpailu.

Liinnostuneita ollaan vain jokaisen omasta luonnollisesta suorituksesta.

Liite 4. Valintareaktio- eli CRT-kokeen instruktio

Appendix 4. Instructions for the Choice-Reaction-Time (CRT) test

Istuutukaa laitteen edessä olevalle tuolille, asettakaa jalat jalkakytkimille ja ottakaa kämmenote sauvasta.

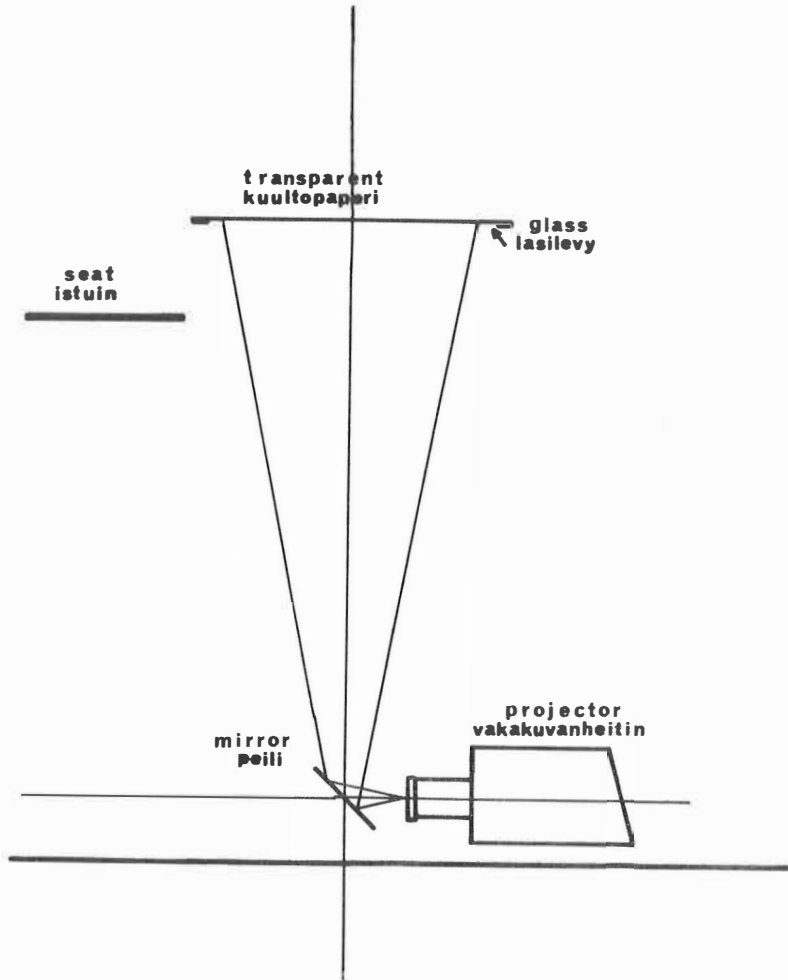
Pian aikaa ankara kilpailu suurista rahapalkinnoista. Voittaja saa 1000:- ja jokaisen koeryhmän paras 200:-. Keskittymällä ankarasti tähän tehtävään voitte juuri Te olla voittaja. Muistakaa, että jokainen piste on Teille kallis. Keskittykää ajattelemaan vain tätä tehtävää. Jos uuvutte suorituksen aikana ja virheet alkavat kasaantua, keskittykää entistä ankarammin tehtävän suoritukseen. Älkää antako hetkeksikään periksi. Muistakaa - jokainen piste on arvokas.

Toistan lyhyesti, miten pitää menetellä. Jokaiseen 7 valon ryhmään sauvaa käännetään nuolen suuntaan, muille valoryhmille ei saa tehdä mitään. Jokaisen oikeaan korvaan tullut ääni katkaistaan oikealla jalkakytkimellä, vasempaan korvaan tullut ääni vasemmalla jalkakytkimellä. Jos ääni tulee yht'ikaa molempiin korviin ei tehdä mitään jalkapokkimilla. Ainoastaan surisevaan ääneen toimitaan. Älkää välittäkö häiriöäänistä. Kytkimet pitää käytön jälkeen heti palauttaa alkuasentoonsa. Kaikki liikkeet tulee tehdä mahdollisimman nopeasti. Sauvaa ei saa viedä laitaan saakka.

Vielä kerran - keskittykää perusteellisesti. Valmistautukaa aloittamaan.

Liite 5. Valokuvien mittausjärjestelyjen periaatepiirros.

Appendix 5. Schematic drawing of the constructions for the analysis of photographs.



Liite 6. Variaabeleiden kuvaus

Appendix 6. Description of variables

Riippuvat muuttujat

1. Liikeaika (P)

Muuttujan arvo saatiin laskemalla päähän kiinnitetyn heijastimen jättämien merkkien määrä kuvaukselta. Ensimmäiseksi merkiksi otettiin se, joka oli selvästi identifioitavissa alkuasentoa osoittavasta kirkkaasta merkkijäljestä. Tätä edeltävä merkki oli koko liikkeen alkumerkki (= aikamerkki 0 = nolla). Viimeinen merkki oli pään radan korkeinta kohtaa osoittava merkki, vaikka asennon tasapainotusta osoittavia merkkejä olisi kuvaksella vielä ollutkin, tai loppuasentoa osoittava kirkas merkkijälki (= liikkeen loppumerkki).

2. Radan pituus (P)

Päähän kiinnitetyn heijastimen jättämien merkkien välimatkojen summa. Ensimmäinen välimatka oli liikkeen alkumerkin ja ensimmäisen erottuvan merkin väli ja viimeinen välimatka liikkeen loppumerkin ja sitä edeltävän identifioitavissa ja erotettavissa olevan merkin väli.

3. Keskinopeus (P)

Muuttujan arvo määrättiin laskemalla edellä mainittujen merkkien välimatkojen aritmeettinen keskiarvo. Välimatkat osoittavat samalla pään liikkeen osanopeudet eri liikevaiheissa.

4. Nopeuden varianssi (P)

Muuttujan arvo saatiin laskemalla edellisissä muuttujissa mainittujen välimatkojen (=osanopeuksien) varianssi.

5. Radan laajuus (P)

Pään radan ala- ja yläkaarta sivuamaan piirrettyä yhteistä tangenttia ja sen kanssa yhdensuuntaisesti keskikaarelle piirrettyä tangenttia vastaan kohtisuorasti sivuamispisteistä piirrettiin janat pään liikkeen alku- ja loppumerkin yhdyssuoralle. Muuttujan arvo saatiin laskemalla näiden kolmen janan pituudet yhteen.

6. Radan kaarevuus (P)

Määrättiin pään liikkeen alku- ja loppumerkin yhdyssuorasta alakaaren kauimpana oleva ja keskikaaren yhdyssuoraa lähimpänä oleva piste ja näistä pisteistä 7 mm:n päässä olevat kaarien pisteet. Kaarevuus saatiin laskemalla näin muodostuneiden kaarikulmien asteluvut yhteen ja vaihtamalla z-transformaation yhteydessä lukuarvojen etumerkit.

7. Maksiminopeus (P)

Mitattiin pään radalta suurin osanopeus eli suurin kahden peräkkäisen merkin välimatka radan keskiosan hidastumisvaiheen jälkeiseltä puoliskolta.

8. Miniminopeuden vaihe (P)

Suorituksen keskiosassa esiintyvän miniminopeuden järjestyssija prosentteina merkkien kokonaismäärästä (Liikeajasta (P)).

9. Maksiminopeuden vaihe (P)

Maksiminopeuden järjestyssija prosentteina merkkien kokonaismäärästä (Liikeajasta (P)).

10. Radan pituus (K)

Oikeaan ranteeseen kiinnitetyn heijastimen jättämien merkkien välimatkojen summa. Ensimmäinen ja viimeinen välimatka määrättiin samoin kuin Radan pituuden (P) yhteydessä on mainittu. Käden liikkeen alku- ja loppumerkki määrättiin myös samoin kuin Liikeajan (P) yhteydessä on mainittu.

11. Maksiminopeus (K)

Käden radan alapuoliskolta määrättiin suurin osanopeus l. suurin kahden peräkkäisen merkin välimatka.

12. Maksiminopeuden vaihe (K)

Määrättiin maksiminopeutta (K) vastaavan pään radan merkkien välin järjestyssija prosentteina pään osanopeuksien kokonaismäärästä (Liikeajasta (P)).

13. Tukivaihe (J)

Määrättiin pään radalta jalan tukivaihetta vastaavan merkin järjestyssija prosentteina Liikeajasta (P).

14. Latenssi (P)

Muuttujan arvo määrättiin laskemalla liikkeen alkumerkkiä edeltäneiden merkkien (välähdysten) lukumäärä "värikellon" avulla.

15. Kallistuskulma (P)

Mitattiin pään liikkeen alkumerkin alareunan ja eniten eteenkallistuneen merkin alareunan suuntaisten suorien välinen kulma.

16. Ajoitus (P)

Määrättiin pään radalta Tukivaihetta (J) vastaavan merkin kohtisuora etäisyys nilkan liikkeen loppumerkin kautta piirretystä pystysuorasta.

17. Radan laajuus (K)

Käden liikkeen loppumerkistä radan alakaarelle piirrettyä tangenttia kohtisuoraan sivuamispisteestä piirrettiin jana käden liikkeen alku- ja loppumerkin yhdyssuoralle. Janan pituus ilmaisi muuttujan arvon.

18. Radan kaarevuus (K)

Määrättiin käden liikkeen alku- ja loppumerkin yhdyssuorasta radan alakaaren kauimpana oleva piste ja siitä 7 mm:n päässä olevat kaaren pisteet. Muuttujan arvoksi otettiin näin muodostuneen kaarikulman aste-luku, joka z-transformaatiossa samalla muutettiin vastakkaismerkkiseksi:

19. Ajoitus (K)

Määrättiin pään radan alakaarelta ensimmäinen merkki, joka oli korkeammalla kuin sitä edeltävä merkki. Muuttujan arvo saatiin mittaamalla käden radalta tätä vastaavan merkin pienin etäisyys nilkan liikkeen alkumerkin kautta piirretystä pystysuorasta.

20. Liikeaika (J)

Muuttujan arvo saatiin laskemalla oikeaan nilkkaan kiinnitetyn heijastimen jättämien merkkien määrä. Ensimmäinen merkki ja nilkan liikkeen alkumerkki määrättiin samoin kuin pään liikeajan yhteydessä. Viimeinen merkki l. nilkan liikkeen loppumerkki oli viimeistä erotettavissa ja identifioitavissa olevaa (merkkiä) seuraava merkki.

Liite 7.

Appendix 7.

Riippumattomat muuttujat

21. Vauhditon pituushyppy

22. Käsinkohonta

23. Sukkulajuoksu

24. Selinmakuulta nousu istumaan

25. Työsyke

Koehenkilöt polkivat kuusi minuuttia polkupyöraergometrillä kuormituksen ollessa 1200 kpm/min. Työsykkeeksi otettiin kuuden minuutin aikana mitattu sykearvo (Åstrand 1961).

26. Puristuksen kesto

Paremmen käden puristusvoimakkuus mitattiin dynamometrillä ja koehenkilöä käskettiin ylläpitämään $\frac{1}{2}$ tästä voimasta niin kauan kuin mahdollista. Tulos oli kesto aika sekunteina.

27. Pituus

Koehenkilöiden pituus mitattiin esikokeiden yhteydessä ja ennen liikesuoritusten tallennusta 1 cm:n tarkkuudella.

28. Paino

Paino mitattiin 1 kg:n tarkkuudella.

29. Säären pituus

Projektitasolle heijastetusta koeliikkeen kuvauksesta mitattiin nilkkaan ja polveen kiinnitettyjen heijastinmerkkien väli millimetreinä.

Persoonallisuuden muuttujat

Persoonallisuuden yleiskuvaajana käytettiin Eysenckin laatimaa persoonallisuuden kyselylomaketta, jonka suomenkielisen käännöksen kaksi versiota on laadittu Jyväskylän yliopiston Psykologian laitoksella (Konttinen 1968).

Käytetyt asteikot olivat

30. Ekstraversio

31. Neuroottisuus ja

32. Valheasteikko

Spatiaalis-visuaalisuuden ja reaktionopeuden muuttujat

SV-kykyjen ja niihin liittyneet reaktiokoemuuttujat on mitattu ilma-voimien psykofysiologisten kokeiden yhteydessä. Tarkemmat selitykset muuttujista ovat saatavissa puolustusvoimien pääesikunnasta.

¹ Testit muodostavat osan koesarjoista, joita on käytetty mm. koulutuslinjan valinnassa.

Todennäköinen faktori

33. Tukikohdat	Visual memory VM
34. Kääntelyt	Spatial orientation SO
35. Vaipat	Spatial visualization SV
36. Kieritys	" "
37. Asteikot	Number N, Space S
38. Mekanismit	Mechanical experience ME
39. Tarkkailu	Attention A, Perceptual speed P
40. Reaktioaika	Reaction time RT
41. Pakkoaika	" "
42. Reaktion häiriöt	

Valintareaktiokokeen (CRT)muuttujat

Psikomotoristen kykyjen muuttujat koostuvat kuormituksena olleen valintareaktiokokeen tuloksista. Sähköiset laskijat rekisteröivät erikseen näkö- ja kuuloärsykkeisiin tapahtuneet reaktiot.

43. Käden valintareaktiopistemäärä (käden CRT- eli choice reaction time -kokeen pistemäärä)

Muuttujan arvo määräytyi siten, että käden oikeista reaktioista (46) vähennettiin käden reaktioaika sekunteina (45), virheliikkeiden määrä (käsivipu osui reunaan) ja reagoimatta jätettyjen valomerkkien määrä.

44. Jalan valintareaktiopistemäärä (jalan CRT-pistemäärä)

Muuttujan arvo määräytyi siten, että jalan oikeista reaktioista (48) vähennettiin jalan reaktioaika sekunteina (47) ja reagoimatta jätettyjen äänimerkkien määrä.

45. Käden valintareaktioaika (käden CRT-aika)

Muuttujan arvo oli kaikkiin reagoitaviin valomerkkeihin vastaamisen kumulatiivinen käden reaktioaika.

46. Käden oikeat reaktiot

Muuttujan arvo saatiin vähentämällä käden oikeiden reaktioiden lukumäärästä väärin reaktioiden määrä.

47. Jalan valintareaktioaika

Muuttujan arvo oli kaikkiin reagoitaviin äänimerkkeihin vastaamisen kumulatiivinen jalan reaktioaika.

48 Jalan oikeat reaktiot

Muuttujan arvo saatiin vähentämällä jalkojen oikeiden reaktioiden lukumäärästä väärin reaktioiden määrä.

Liite 8. Kuntotestien instruktiot (1 - 4)

Appendix 8. Instructions for the physical fitness tests (1-4)

Tarkoituksemme on suorittaa nyt joitakin motorisen toimintavalmiuden eli kunnan mittauksia, jotta saisimme riittävän monipuolista tietoa nyt alkavan harjoittelujakson vaikutuksista suorituksiinne. Tätä varten olemme valinneet neljä koetta jotka ovat: 1. vauhditon pituushyppy, 2. käsinkohonta, 3. sukulajuoksu ja 4. selinmakuulta istumaan nousu. Testit suoritetaan tässä järjestyksessä. Näytän suoritukset vuorotellen. Koko tutkimuksen kannalta on erittäin tärkeää, että jokainen pyrkii parhaimpaan mahdolliseen suoritukseensa ja noudattaa tarkoin annettavia ohjeita.

Testien kuvaus ja ohjeet:

1. vauhditon pituushyppy

Ponnistuslautana on joustamaton 4-7 cm korkea ponnistuslauta. Hyppy suoritetaan paljain jaloin ja tasaponnistuksella. Alkuasennossa varpaat ovat ponnistuslautan reunan yli (tuen saamiseksi). Ponnistusta saa auttaa käsien ja vartalon heilautuksilla, edellyttäen, että jalat pysyvät paikoillaan. Jokaisella on kaksi suoritusta, jotka molemmat merkitään ylös 1 cm:n tarkkuudella.

2. käsinkohonta

Suorittaja tarttuu riipuntakorkeudella olevaan rekkiin vastaotteella ja suorittaa tästä asennosta lähtien yhtäjaksoisesti mahdollisimman monta käsinkohontaa. Suoritusta ei saa auttaa vartalon taivutuksilla tai heiluttamisella. Otteensa varmistamiseksi suorittaja käyttää käsissään magnesiumjauhetta. Kustakin suorituksesta, jossa leuka kohoaa rekin tasolle annetaan yksi piste ja jossa käsivarsi koukistuu yli 90° puoli pistettä. Kullakin on yksi suorituskerta.

3. sukulajuoksu

Komennolla "valmiit" suorittaja asettuu lähtöviivan taakse. Lähtömerkin saatuaan hän juoksee koskettamaan kädeillään 9 m etäisyydellä olevan viivantakaista aluetta sekä palaa jälleen koskettamaan lähtöviivan ulkopuolella olevaa aluetta. Tämän koehenkilö toistaa yhtäjaksoisena suorituksena 5 kertaa (5x2x9m). Suorituspaikaksi käy esimerkiksi lentopallokenttä rajoineen. Tulos on suoritukseen käytetty aika 0.5 sekunnin tarkkuudella. Yksi suorituskerta.

4. makuulta nousu istumaan

Alkuasennossa suorittaja on selinmakuulla polvet koukussa, sääret voimistelupenkillä ja kädet niskan takana sormilomassa. Avustaja asetuu penkille istumaan ja tarttuu käsillä suorittajaa säärystä, pitäen jalvoja tukevasti penkkiä vasten painettuina. Tästä asennosta suoritetaan ylävartalon nostoja siten, että istuma-asennossa suorittajan ylävartalo käy pystysuorassa. Koko suorituksen ajan käsien on oltava niskan takana kyynärpäät edessä ja jalkojen on pysyttävä samassa asennossa. Suorituksen tulee olla jatkuvaa ilman pysähdystä. Tulos on oikein suoritettujen nousujen summa yhdessä minuutissa. Yksi suorituskerta.

¹ Jalat voidaan pujottaa myös penkin korkeudella olevaan puolapuuväliin, jolloin avustajaa ei tarvita pitämisessä.

Liite 9. Rotatoimattomat faktorilataukset

Appendix 9. Unrotated factor loadings

Kaikki mittaukset All measurements						1st mittaus (n=30) measurement						2nd mittaus (n=30) measurement						4th mittaus (n=30) measurement						5th mittaus (n=30) measurement						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
1.	-96	08	14	00-10-08		-94	-16	-05	16-07	16		-93	13	-17	-01	02	20	-91	-25	-08	09-14	15		-97	-08	04	00-08	03		
2.	-69	-56	05	-38	04	06	-58	-70	03	-24	08	01	-65	-61	19	40	-05	-07	-66	-37	54	16	04	08	-72	34	54	-13	00	-07
3.	79	-43	-17	-29	11	08	79	-21	16	-41	19	-15	70	-48	32	27	-04	-21	80	17	43	02	15	-16	83	31	33	-17	06	-10
4.	46	-52	27	-04	20	-06	48	-52	-37	14	22	03	51	-46	-29	23	-24	-02	60	-43	47	-13	-01	-04	51	17	66	14	03	04
5.	-31	-78	05	-39	-11	-21	-17	-86	19	-24	14	21	-29	-80	19	38	-14	18	-24	-56	58	29	-32	-08	-33	31	77	-36	-19	05
6.	64	-14	03	23	-42	04	73	-08	14	04	-36	23	64	-27	-11	-21	45	16	66	08	-23	-22	-04	02	67	-26	-07	05	-52	-12
7.	46	-23	08	18	33	04	50	-20	-27	36	-03	-42	23	-18	-47	06	-38	-19	71	23	33	-26	04	08	63	26	18	24	26	07
8.	21	00	-75	-28	-02	-13	-06	14	86	-04	08	-04	31	01	87	-01	-13	10	08	75	29	27	-18	00	46	66	-08	-35	-10	02
9.	-09	37	-79	-28	08	13	-23	44	70	00	15	-36	-11	52	77	01	-09	-12	-21	77	14	50	18	-10	03	69	-54	-24	-09	-24
10.	-43	-35	03	11	-04	44	-29	-62	00	-01	-41	-43	-57	-43	08	-09	22	-36	-53	-07	34	-15	29	48	-36	-09	24	47	02	-55
11.	38	-57	-36	31	05	17	64	-42	29	20	02	-02	47	-62	23	-40	10	-16	04	27	59	-44	22	-11	52	54	18	39	09	-11
12.	42	-03	05	-60	12	-07	00	-10	15	-78	10	-09	49	11	30	53	-17	-04	66	-21	32	38	-06	06	59	-10	28	-42	24	10
13.	16	28	-73	-31	-22	15	17	41	66	-26	-27	-14	04	42	82	05	14	12	06	77	18	46	-02	18	28	66	-46	-26	-19	-20
14.	-35	05	-10	-13	-09	01	-20	-11	28	-03	-34	24	-38	15	20	03	04	-32	-34	-21	-13	18	20	-60	-42	27	-11	-40	11	-17
15.	-47	-53	07	-27	06	22	-33	-63	-08	-32	-12	-31	-53	-56	12	34	20	-06	-43	-40	52	06	19	-17	-50	38	53	-05	01	-16
16.	33	-34	16	-08	-67	-11	55	-20	14	-28	-36	50	20	-58	09	16	37	41	50	-33	-10	04	-45	07	20	-38	33	00	-72	08
17.	-45	-60	-52	22	-05	-10	-13	-68	56	30	05	01	-42	-65	34	-40	-22	02	-74	28	34	-17	-30	01	-30	81	23	18	-12	08
18.	29	12	37	-16	-18	43	35	02	-32	-13	-50	-33	11	12	-07	21	72	-28	50	-42	00	19	41	22	21	-59	01	-15	02	-44
19.	-12	-36	-57	61	00	-01	16	-35	50	70	-07	-03	-10	-44	23	-80	-04	-02	-47	49	19	-59	-08	-11	10	71	-20	53	-15	10
20.	-60	29	-02	03	-08	07	-68	22	-09	11	-38	06	-68	19	00	07	06	10	-53	-03	-40	08	28	04	-66	23	-39	05	-10	16

Liite 10. Riippuvien muuttujien faktorianalyysin (kaikki mittaukset, $n = 4 \times 30$) faktoripistemäärien sisäiset korrelaatiot toistettujen mittausten välillä.

Appendix 10. Internal correlations of dependent factor scores between repeated measurements. The factor scores are based on a factor analysis comprising all measurements ($n = 4 \times 30$).

Mittaukset Measurements	f a k t o r i t f a c t o r s						Keski- arvot Means
	I	II	III	IV	V	VI	
1. / 2.	82	82	42	85	69	75	72.2
1. / 4.	86	70	57	57	34	75	63.2
1. / 5.	78	76	50	58	48	56	61.0
2. / 4.	82	75	39	70	35	81	63.7
2. / 5.	85	83	46	64	57	72	67.8
4. / 5.	85	89	60	69	52	80	72.5
Keskiarvot Means	83.0	79.2	49.0	66.8	49.2	73.2	

Liite 11. Kaikkien mittausten (n = 4 x 30) sekä 2. ja 5. mittauksen ortogonaalisten faktorirakenteiden vertailu symmetrisellä transformaatioanalyysillä.

Appendix 11. The symmetric transformation analyses. The comparison of factor structures based on all measurements (All) and 2nd and 5th measurement.

T r a n s f o r m a a t i o m a t r i i s i t (L)															
T r a n s f o r m a t i o n m a t r i c e s (L)															
2nd mittaus measurement							5th mittaus measurement								
	I	II	III	IV	V	VI		I	II	III	IV	V	VII		
	I	95	-05	-29	09	02	-08	I	99	-09	-09	05	02	-02	
	II	05	99	-02	-02	-09	-07	II	09	98	-01	-02	-06	18	
kaikki	III	28	-01	94	04	-16	-04	kaikki	III	09	03	98	-02	-06	-18
all	IV	-11	01	-01	98	-01	-14	all	IV	-04	-04	10	91	06	39
	V	05	10	15	05	95	24		V	00	07	05	-05	99	-04
	VI	07	04	-03	14	-25	95		VI	04	-17	16	-40	02	88

Transformoidun ja vertailumatriisin faktorien kongruenssikertoimet
Coefficients of congruence between factors of transformed and comparison matrices

T r a n s f o r m o i d u n j a v e r t a i l u m a t r i i s i n f a k t o r i e n k o n g r u e n s s i k e r t o i m e t															
C o e f f i c i e n t s o f c o n g r u e n c e b e t w e e n f a c t o r s o f t r a n s f o r m e d a n d c o m p a r i s o n m a t r i c e s															
2nd mittaus measurement							5th mittaus measurement								
	I	II	III	IV	V	VI		I	II	III	IV	V	VII		
	I	98	-17	-01	-04	48	00	I	98	-21	10	-06	43	-25	
	II	-18	98	-08	25	-05	-16	II	-20	98	-09	23	-19	25	
kaikki	III	-01	-08	98	02	-27	-13	kaikki	III	10	-09	95	31	-13	-24
all	IV	-04	23	02	91	05	-21	all	IV	-05	22	30	94	-19	26
	V	50	-04	-25	05	93	18		V	40	-19	-13	-20	94	-10
	VI	00	-18	-14	-25	20	94		VI	-24	24	-24	27	-10	91

Liite 12. Riippuvien muuttujien faktorianalyysien ortogonaalisten
 (varimax) ratkaisujen faktorien väliset kongruenssikertoimet
 Appendix 12. Coefficients of congruence between orthogonal factors of
 1st, 2nd, 4th and 5th measurements

		2nd mittaus measurement						5th mittaus measurement									
		I	II	III	IV	V	VI			I	II	III	IV	V	VI		
mittaus measurement	1st measurement	I	95	-12	-13	10	58	02	mittaus measurement	4th measurement	I	97	-24	10	-12	42	-28
		II	-12	94	-06	25	-12	-13			II	-26	94	-14	20	-34	36
		III	04	-14	96	04	-30	-10			III	14	-11	90	33	-25	-29
		IV	08	15	-11	90	08	-96			IV	-21	22	29	88	-34	27
		V	42	13	08	22	72	30			VIII	33	-23	-18	07	40	24
		VI	16	-22	-24	-09	08	74			VII	-18	06	22	46	-60	69
		1st mittaus measurement						2nd mittaus measurement									
		I	II	III	IV	V	VI			I	II	III	IV	V	VI		
mittaus measurement	4th measurement	I	94	-12	-13	06	33	36	mittaus measurement	4th measurement	I	94	-14	-17	-08	48	02
		II	-29	93	-13	10	-16	-37			II	-30	90	-03	20	-23	-19
		III	05	-14	92	09	-14	-18			III	15	-16	86	03	-33	-28
		IV	-23	17	23	76	-17	-46			IV	-27	17	12	81	-20	-52
		VIII	28	01	-10	16	03	29			VIII	22	-02	-14	16	37	-02
		VII	-27	21	13	42	-42	26			VII	-28	14	08	50	-55	18
		1st mittaus measurement						2nd mittaus measurement									
		I	II	III	IV	V	VI			I	II	III	IV	V	VI		
mittaus measurement	5th measurement	I	94	-08	-04	18	27	26	mittaus measurement	5th measurement	I	95	-14	-11	04	42	-11
		II	-23	90	-11	10	-03	-47			II	-23	93	-02	16	-14	-30
		III	13	-12	88	26	10	-12			III	22	-10	84	19	-23	-16
		IV	-04	18	21	79	-12	-33			IV	-07	22	12	75	-11	-58
		V	50	-19	-18	-01	76	21			V	44	-06	-14	02	91	28
		VII	-22	38	-28	38	-11	41			VII	-35	36	-28	52	-16	43

Liite 13. Symmetrisen transformaatioanalyysin päätulokset vertailuissa 4-2 ja 5-2

Appendix 13. The main results of the symmetric transformation analyses (comparisons 4-2 and 5-2)

Transformaatiomatriisi (4-2) Transformation matrix							Kongruenssikertoimet Coefficients of congruence						
							2nd mittaus measurement						
	I	II	III	IV	V	VI	transformed matrix (4) transformoitu matriisi (4)	I	II	III	IV	V	VI
I	97	06	-18	10	10	-06		93	-21	-03	-16	41	04
II	-05	99	04	-01	-07	-09		-23	90	-09	18	-18	-15
III	19	-05	95	-04	-18	-13		-04	-09	86	05	-38	-27
IV	-12	-05	-03	78	00	-61		-16	16	04	85	-21	-32
VIII	-05	08	23	35	79	43		44	-17	-36	-23	72	-02
VII	04	02	00	51	-57	64		04	-15	-27	-36	-02	70

Residuaalimatriisi (E _{4, 2}) Matrix of residuals							
	I	II	III	IV	V/VIII	VI/VII	t ²
1.	10	16	10	15	07	-02	08
2.	-10	-08	04	09	-05	07	03
3.	-01	-32	-05	-12	-12	04	13
4.	08	16	05	-08	04	28	12
5.	-09	-04	-05	-27	-10	-01	10
6.	07	27	08	32	33	23	35
7.	50	-16	56	22	38	35	90
8.	-12	-13	-06	10	-03	-03	04
9.	12	04	02	15	-03	-03	04
10.	-04	-08	17	07	21	14	11
11.	-11	09	-04	-04	-43	-06	21
12.	04	15	-20	00	30	22	20
13.	21	-04	-04	16	03	-06	08
14.	-02	-05	-39	-28	-19	-42	45
15.	12	-11	-14	01	-34	-16	19
16.	-06	-47	-25	-46	-16	-27	60
17.	27	13	-18	10	03	05	14
18.	24	04	-25	-29	01	-21	25
19.	-09	-06	-01	-07	-22	-15	09
20.	02	-28	-07	10	-17	17	15
Neliö- summat	0.53	0.66	0.76	0.75	0.87	0.70	4.27
%	12.4	15.4	17.8	17.5	20.4	16.5	

Transformaatiomatriisi (5-2) Transformation matrix							Kongruenssikertoimet Coefficients of congruence						
							2nd mittaus measurement						
	I	II	III	IV	V	VI	transformed matrix (5) transformoitu matriisi (5)	I	II	III	IV	V	VI
I	97	02	-21	08	-01	-07		96	-19	02	00	40	-08
II	-02	98	05	-09	-01	-18		-22	95	-07	20	-10	-22
III	20	-01	95	15	-15	12		03	-07	89	10	-26	-18
IV	-11	-04	-01	78	08	-60		00	19	09	85	-06	-27
V	04	06	10	10	96	24		43	-09	-23	-06	93	16
VII	-05	19	-21	58	-23	72		-08	-20	-15	-24	15	87

Residuaalimatriisi (E _{5, 2}) Matrix of residuals							
	I	II	III	IV	V	VI/VII	t ²
1.	06	13	-04	-02	02	07	03
2.	-15	-08	-01	01	-06	-09	04
3.	01	-18	06	02	-04	-09	05
4.	13	16	16	24	-01	04	13
5.	-06	02	09	-19	-06	02	06
6.	03	10	-22	16	-03	-01	09
7.	42	-10	42	30	05	01	47
8.	09	00	-14	00	-03	-07	03
9.	08	04	00	35	12	00	15
10.	02	-25	-26	-01	07	23	19
11.	01	-07	01	-06	-32	-21	15
12.	09	-06	-30	02	07	-01	11
13.	24	-04	-08	35	-05	-10	20
14.	-04	14	20	-19	-07	-17	13
15.	04	-05	01	08	-19	-24	10
16.	-18	-28	-12	-14	15	08	17
17.	-03	01	-16	15	08	09	06
18.	08	-13	-18	-20	00	-15	12
19.	08	-12	16	-10	-11	-19	10
20.	-06	-18	14	27	-01	-23	18
Neliö- summat	0.36	0.35	0.61	0.67	0.22	0.35	2.57
%	14.1	13.4	23.9	26.2	8.8	13.6	

Liite 14. Symmetrisen transformaatioanalyysin perusteella laskettujen residuaalikovarianssikertoimien pääkomponenttianalyysit.

Appendix 14. The component analyses of residual covariances. The residual covariances are based on the symmetric transformation analyses.

Suoritettujen pääkomponenttianalyysien perusteella (ks. taulukko) voidaan nähdä, että variaabelikohtaiset muutokset on mahdollista kuvata vertailussa 4-2 PÄÄN LIIKKEEN KAAREVUUDEKSI (II residuaalifaktori) identifioitavalla faktorilla, jota hyväksytyssä ratkaisussa ei muodostunut ja joka siten painottaa residuaaleja. Toista faktoria painottavat osittain samat muuttujat, mutta esim. 6. Radan kaarevuus (P) ja 16. Ajoitus (P) vastakkaismerkkisinä 20. Liikeajan (J) jäädessä kokonaan pois. Useat KÄDEN LIIKKEIDEN muuttujat sijoittuvat myös tähän faktoriin. Nimeämättä tätä bipolaarista faktoria voidaan todeta, että kysymys lienee lähinnä suorituksen jaksojen erillisyys / yhtenäisyys -piirteestä. Faktorin kummassakin ulottuvuudessa, sekä yksi- että kaksijakoisessa tapauksessa nousurata on silti pysty. Kolmas pääkomponentti muodostuu puhtaasti KÄSIEN LIIKKEIDEN muuttujista, joista 18. Radan kaarevuus (K) on kärkimuuttujana. Käytännössä nämä havainnot viittanevat siihen, että koehenkilöiden suoritukset ovat alttiita reagoimaan variaabeleiden riippuvuussuhteiden muutoksiin, jotka näkyvät KÄSIEN LIIKKEISSÄ ja osittain myös liikeratojen muodoissa ja nopeuden vaihtelussa 4. mittaukseen tultaessa (vrt. kpl 5.3.2. Kuormituksen ja fyysisen kunnon yhdysvaikutukset)

Vertailun 5-2 residuaalien faktoroinnin tulos on edellistä niukempi. (ks. taulukko). Toinen tulkittavissa oleva faktori koostuu kahdesta TEMPON ja kahdesta AJOITUKSEN variaabelista, joita liittävänä piirteenä voidaan pitää yhteyttä päänsä liikkeenopeuden ja -laajuuden vaihteluun. Ryhmittymä viittaa aikaisemmin mainittuun eroon ballistisen ja kiinteän suorituksen välillä. Analyysin toisen faktorin painoker-toimista suurimmat ovat 10. Radan pituudella (K), 14. Latenssilla (P), 19. Ajoituksella (K), 12. Maksiminopeuden vaiheella (K) ja 17. Radan laajuudella (K), jotka viittaavat KÄDEN LIIKKEIDEN muutoksiin. Kolmas pääkomponentti viittaa käsiliikkeisiin, joskaan ei niin selvästi kuin edellä kuvattu.

Liite 14 (jatkuu)

Appendix 14 (cont.)

Symmetrisen transformaatioanalyysin perusteella laskettujen residuaaliko-
varianssikertoimien pääkomponenttianalyysit mittausten välisissä ver-
tailuissa 4-2 ja 5-2.

The component analyses of residual covariances (comparisons 4-2 and 5-2).
The residual covariances are based on the symmetric transformation
analyses.

Variaabeli Variable	4 - 2			5 - 2		
	Pääkomponentit Components			Pääkomponentit Components		
	I	II	III	I	II	III
1. Liikeaika (P)	20	-12	00	-01	05	-11
2. Radan pituus (P)	03	08	-14	-05	-07	12
3. Keskinopeus (P)	-19	28	01	06	-08	16
4. Nopeuden varianssi (P)	19	-05	03	31	05	-14
5. Radan laajuus (P)	-24	05	01	-12	-18	-07
6. Radan kaarevuus (P)	54	-22	01	03	21	06
7. Maksiminopeus (P)	79	44	22	61	-03	-06
8. Minimivaihe (P)	-08	06	-10	-02	06	11
9. Maksimivaihe (P)	08	-04	00	28	23	-02
10. Radan pituus (K)	25	13	-02	-19	30	11
11. Maksiminopeus (K)	-28	-08	-27	02	-22	26
12. Maksimivaihe (K)	21	-20	20	-10	24	14
13. Tukivaihe (J)	08	01	11	34	21	19
14. Latenssi (P)	-62	-14	19	-02	-29	-13
15. Kallistuskulma (P)	-31	05	-02	13	-12	24
16. Ajoitus (P)	-66	32	22	-29	07	09
17. Radan laajuus (K)	10	-16	20	00	24	-01
18. Radan kaarevuus (K)	-28	-11	38	-17	-04	21
19. Ajoitus (K)	-26	04	-12	08	-26	15
20. Liikeaika (J)	-05	25	-09	26	-06	22
Ominaisarvot Eigenvalues	2.36	0.64	0.50	0.93	0.62	0.43
Prosentteina residuaalien summasta	55.3	15.0	11.7	36.3	24.2	16.8
Per cent of the sum (4.27) of residuals		82.0		(2.56)	77.3	

Liite 15. Riippuvien variaabeleiden (1-20) ja faktoreiden korrelaatiot riippumattomiin variaabeleihin (21-48) ja faktoreihin 2. ja 4. mittauksessa; n = 30.
Appendix 15. Correlations between dependent (1-20) and independent (21-48) variables and factors, 2nd and 4th measurement; n = 30.

2nd mittaus measurement																				4th mittaus measurement																																
Time of movement (H)	Length of path (H)	Mean velocity (H)	Variance of velocity (H)	Width of path (H)	Curvature of path (H)	Maximum velocity (H)	Phase of minimum velocity (H)	Phase of maximum velocity (H)	Length of path (A)	Maximum velocity (A)	Phase of maximum velocity (A)	Supporting phase (I)	Latency (H)	Angle of tilt (H)	Timing (H)	Width of path (A)	Curvature of path (A)	Timing (A)	Time of movement (I)	I	II	III	IV	V	VI	Tempo	Width	Timing	Arm movements	Curvature of path (H)	Curvature of path (A)																					
04	22	05-06	15	11-36	12	08	15	16-07	07	31	01	21	04	32-06	04	21	07	21	04-05	21.	Standing jump	04	21	07	21	04-05	21.	Standing jump	04	21	07	21	04-05	21.	Standing jump	04	21	07	21	04-05	21.	Standing jump										
14	01-19	28-06	25-17	17	30-11	24-02	32	37	02	06-01	00	01	03	-28	-04	28-07	-02	03	22.	Chins	-28	-04	28-07	-02	03	22.	Chins	-28	-04	28-07	-02	03	22.	Chins	-28	-04	28-07	-02	03	22.	Chins											
12	06-09	23	09-09	00	06	09	19-01	-11	13	-11	07	07	17	23	04	24	-16	06	11	11-14	02	23.	Shuttle run	-16	06	11	11-14	02	23.	Shuttle run	-16	06	11	11-14	02	23.	Shuttle run	-16	06	11	11-14	02	23.	Shuttle run								
-29	16	37	22	14	10	24	15-04	22	45	15	01	18	00	22	34	-23	22-05	38	23	10	23-05	-17	24.	Sit ups	38	23	10	23-05	-17	24.	Sit ups	38	23	10	23-05	-17	24.	Sit ups	38	23	10	23-05	-17	24.	Sit ups							
-21	10	26	16	13-08	18-04	01	01	09	15-02	15-04	08-04	07-03	06	28	13	10	04-10	08-04	25.	Working pulse	28	13	10	04-10	08-04	25.	Working pulse	28	13	10	04-10	08-04	25.	Working pulse	28	13	10	04-10	08-04	25.	Working pulse											
-16	-33	-03	-02	-33-01	00-06	01	-18	-02	-12	-14	08-25	-14	-16	-14	-12	17	05	-33	-08	-02	-16	06	26.	Hold hand grip	05	-33	-08	-02	-16	06	26.	Hold hand grip	05	-33	-08	-02	-16	06	26.	Hold hand grip	05	-33	-08	-02	-16	06	26.	Hold hand grip				
-18	18	32	27	20-23	-19	30	03	27	39-08	10-02	14	20	35	03	26	03	-24	18	28	-22	-12	27.	Height	-24	18	28	-22	-12	27.	Height	-24	18	28	-22	-12	27.	Height	-24	18	28	-22	-12	27.	Height								
13	04-18	-19	-30	32-40	02	26	06	-12	-12	24	19-03	-23	-09	-25	03	28	-24	-11	18	-01	26	-34	28.	Weight	-24	-11	18	-01	26	-34	28.	Weight	-24	-11	18	-01	26	-34	28.	Weight	-24	-11	18	-01	26	-34	28.	Weight				
-18	04	26	27	08-21	03	13	07	24	29-18	06-06	25	17	-19	10-07	-19	11	12	16	-20	-24	29.	Height of leg	-19	11	12	16	-20	-24	29.	Height of leg	-19	11	12	16	-20	-24	29.	Height of leg	-19	11	12	16	-20	-24	29.	Height of leg						
15	08	-11	-12	15-03	09	04	-03	07-06	09	15	07	10	08	00	-19	00	12	-17	08	04	-02	-19	-04	30.	Extraversion	-17	08	04	-02	-19	-04	30.	Extraversion	-17	08	04	-02	-19	-04	30.	Extraversion	-17	08	04	-02	-19	-04	30.	Extraversion			
-12	20	-07	-39	13-14	-31	-01	02	14	-10	-24	-09	37	28	-03	08	-16	21	07	-15	16	00	12	-09	-17	31.	Neuroticism	-15	16	00	12	-09	-17	31.	Neuroticism	-15	16	00	12	-09	-17	31.	Neuroticism	-15	16	00	12	-09	-17	31.	Neuroticism		
-12	-13	04	39-08	10	39-33	-17	-12	00	14	-38	-15	-13	-22	-04	34	-15	02	26	-11	-31	-05	34	26	32.	Lie-scale	26	-11	-31	-05	34	26	32.	Lie-scale	26	-11	-31	-05	34	26	32.	Lie-scale	26	-11	-31	-05	34	26	32.	Lie-scale			
07	-12	-17	-22	-26	09	-06	-11	21	17	03	-10	15	18	-03	-27	04	-11	20	-04	-14	-16	09	20	24	-28	33.	Bases	-14	-16	09	20	24	-28	33.	Bases	-14	-16	09	20	24	-28	33.	Bases	-14	-16	09	20	24	-28	33.	Bases	
04	-13	-12	-27	-23	-08	-39	08	18	22	-22	-40	26	06	-08	-07	20	-12	38	16	-20	-16	19	41	11	36	34.	Rotated figures	-20	-16	19	41	11	36	34.	Rotated figures	-20	-16	19	41	11	36	34.	Rotated figures	-20	-16	19	41	11	36	34.	Rotated figures	
40	33	-28	-23	23	-19	-02	17	21	-11	-31	12	37	36	-09	30	14	23	36	32	16	10	20	07	02	35.	3-dimensional space	32	16	10	20	07	02	35.	3-dimensional space	32	16	10	20	07	02	35.	3-dimensional space	32	16	10	20	07	02	35.	3-dimensional space		
12	08	-09	03	06	-04	-07	-03	14	21	-38	16	27	01	15	36	01	27	07	-12	08	11	37	-15	-13	36.	Imaginary rolling	-12	08	11	37	-15	-13	36.	Imaginary rolling	-12	08	11	37	-15	-13	36.	Imaginary rolling	-12	08	11	37	-15	-13	36.	Imaginary rolling		
08	18	04	-17	08	09	-33	25	34	19	22	-15	30	33	16	-02	31	01	28	12	-09	18	35	25	-00	-16	37.	Dial reading	-09	18	35	25	-00	-16	37.	Dial reading	-09	18	35	25	-00	-16	37.	Dial reading	-09	18	35	25	-00	-16	37.	Dial reading	
21	17	-14	-20	14	30	-33	48	-08	02	44	23	14	-03	33	12	24	13	-26	15	40	16	00	18	38.	Mechanical movements	-26	15	40	16	00	18	38.	Mechanical movements	-26	15	40	16	00	18	38.	Mechanical movements	-26	15	40	16	00	18	38.	Mechanical movements			
08	11	01	-07	06	21	01	12	11	26	22	-18	11	-07	12	00	44	24	45	00	01	12	12	44	06	04	39.	Complex attention	01	12	12	44	06	04	39.	Complex attention	01	12	12	44	06	04	39.	Complex attention	01	12	12	44	06	04	39.	Complex attention	
-20	-14	10	04	-21	-04	17	-06	-03	-08	05	22	-14	16	-29	-17	-30	-15	-21	09	17	-15	-07	-20	-22	-14	40.	RT	17	-15	-07	-20	-22	-14	40.	RT	17	-15	-07	-20	-22	-14	40.	RT	17	-15	-07	-20	-22	-14	40.	RT	
09	-01	-13	15	-06	04	17	-15	-04	08	-02	-12	17	20	-21	-24	00	15	-05	23	-02	-06	-16	04	23	07	41.	RT (time-limited)	-02	-06	-16	04	23	07	41.	RT (time-limited)	-02	-06	-16	04	23	07	41.	RT (time-limited)	-02	-06	-16	04	23	07	41.	RT (time-limited)	
09	-16	-13	-30	-17	15	06	09	14	-12	-07	-02	05	12	-38	-12	06	-02	15	06	-14	-19	17	12	12	16	42.	Reaction errors	-14	-19	17	12	12	16	42.	Reaction errors	-14	-19	17	12	12	16	42.	Reaction errors	-14	-19	17	12	12	16	42.	Reaction errors	
-17	03	19	33	06	-12	21	-12	-09	23	33	-06	15	16	15	02	02	-13	15	-44	28	09	-11	04	12	16	43.	CRT-score (arm)	28	09	-11	04	12	16	43.	CRT-score (arm)	28	09	-11	04	12	16	43.	CRT-score (arm)	28	09	-11	04	12	16	43.	CRT-score (arm)	
-02	-29	-09	-40	-36	-03	-09	29	40	13	-01	10	37	14	-15	-29	-14	-02	-05	-05	-18	-28	34	-02	19	21	44.	CRT-score (leg)	-18	-28	34	-02	19	21	44.	CRT-score (leg)	-18	-28	34	-02	19	21	44.	CRT-score (leg)	-18	-28	34	-02	19	21	44.	CRT-score (leg)	
08	-13	-15	-34	-13	11	-08	15	05	-28	-28	13	12	-20	-21	-11	-08	23	-15	33	-19	-17	08	-14	05	29	45.	CRT, time (arm)	-19	-17	08	-14	05	29	45.	CRT, time (arm)	-19	-17	08	-14	05	29	45.	CRT, time (arm)	-19	-17	08	-14	05	29	45.	CRT, time (arm)	
-19	-08	16	24	-07	-18	19	-08	-10	29	39	-19	-16	13	10	-03	07	-12	23	-40	27	-02	-12	28	06	-30	46.	CRT (right-wrong)	27	-02	-12	28	06	-30	46.	CRT (right-wrong)	27	-02	-12	28	06	-30	46.	CRT (right-wrong)	27	-02	-12	28	06	-30	46.	CRT (right-wrong)	
18	38	-04	34	43	11	03	-33	-44	-09	-08	-13	-43	-08	19	28	17	-08	-01	14	04	34	-41	00	-20	28	47.	CRT, time (leg)	04	34	-41	00	-20	28	47.	CRT, time (leg)	04	34	-41	00	-20	28	47.	CRT, time (leg)	04	34	-41	00	-20	28	47.	CRT, time (leg)	
09	-14	-14	-41	-30	09	-14	27	39	32	08	00	31	21	-07	-26	-01	-04	15	02	-21	-17	31	14	22	-29	48.	CRT (right-wrong)	-21	-17	31	14	22	-29	48.	CRT (right-wrong)	-21	-17	31	14	22	-29	48.	CRT (right-wrong)	-21	-17	31	14	22	-29	48.	CRT (right-wrong)	
09	07	-08	-09	-07	-20	-39	07	11	00	-01	-05	02	17	14	-11	03	-05	16	02	-08	02	07	07	14	-08	Power	28	15	-29	-07	02	21	-35	-23	-10	03	-05	-14	-19	24	02	-01	01	04	20	23	-25	06	-19	21	02	06
-20	12	32	29	14	-24	-08	22	01	27	39	-11	06	-07	08	19	29	-06	20	03	28	09	13	24	-19	-18	Height	-13	02	23	35	05	-28	12	14	06	23	45	20	07	-18	-01	02	13	-15	12	03	22	11	10	14	-04	-20
05	-15	-14	-12	-21	11	-18	06	-10	-03	-03	-17	04	21	-04	02	01	-09	03	11	-15	-17	08	08	02	-08	Endurance	08	-20	-20	-03	20	-12	-01	06	-16	-03	-02	06	16	-09	05	14	03	04	-18	-24	00	08	-03	17		
-18	04	21	39	08	-14	23	-17	-15	23	35	-09	12	14	16	05	04	-14	16	-44	32	10	-17	16	02	-83	Response orientation (A)	-21	14	30	38	05	-22	36	-2																		

Liite 16. Regressioanalyysin tulokset 2. ja 4. mittaus, alkukoe. Liikemuuttujien ja riippumattomien komponenttien (faktorien väliset β -kertoimet ja yhteiskorrelaatiot. Kunkin hyväksytyn komponentin selitysosuus on vähintään 5 %.

Appendix 16. Results of the regression analyses 2nd and 4th measurement, initial experiment. β -coefficients, multiple correlations between movement variables and independent components (factors). Each single component makes at least a 5 % contribution to the prediction of the criterium, (Dependent variable).¹

Riippumaton komponentti Independent component	I TEMPO						III AJOITUS						IV KÄDEN LIIKKEET						VI KÄDEN LIIK. KAAREV.						1. Liikeaika (P)											
	2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus								
	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p						
Tehokkuus				-.27																											.33		-			
Pituus	.31			.32	2.09	.05							.30																							
Kestävyys																																				
Käden näkösuunnistuminen	.27			.44	2.82	.01	-.26			-.23									-.22			-.31												-.24		
Spatiaalis-visuaalinen t.							.26						.36	2.12	.05																					
Jalan kuulosuunnistuminen							.44	2.77	.05																											
Reaktionopeus																.32																				
Neuroottisuus							.23																													
Ekstraversio	-.32																		-.42	2.51	.05										.34			-.29		
Vakio	0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			0.000			-0.064		
Regressiofunktion R	.52			.61			.62		2)				.46			.48			.48															.51		
Selvitysaste	27 %			37 %			38 %		5 %				22 %		10 %	23 %		10 %	23 %		10 %				12 %									26 %		
R:n merkitsevyys F/P	3.27 / .05			5.10 / .01			3.81 / .05						3.74 / .05			4.02 / .05			4.02 / .05													2.99 / .05				

Riippumaton komponentti Independent component	3. Keskinopeus (P)						4. Nopeuden varianssi (P)						5. Radan laajuus (P)						7. Maksiminopeus (P)						9. Maksimin vaihe (P)											
	2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus			2. mittaus			4. mittaus								
	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p	β	t	p			
Tehokkuus				-.32	2.06	.05													-.34	2.16	.05	-.42	2.76	.05												
Pituus	.36	2.11	.05	.26			.28	2.13	.05	.35	2.30	.05																								
Kestävyys																-.23																				
Käden näkösuunnistuminen	.22			-.34	2.15	.05	.40	3.08	.05	.40	2.63	.05							.26			.40	2.59	.05										-.23		
Spatiaalis-visuaalinen t.				-.23						-.36	2.40	.05							-.23			-.25						.27								
Jalan kuulosuunnistuminen							-.48	3.66	.01				-.41	2.44	.05													.46	2.87	.01						
Reaktionopeus																																				
Neuroottisuus							-.33	2.50	.05										-.38	2.45	.05															
Ekstraversio	-.28												.23																							
Vakio	0.055			0.096			0.039			0.036			-0.205			-0.102			-0.102			0.115			0.115			0.115			0.115					
Regressiofunktion R	.51			.65			.76			.64			.47			.62			.62			.54			.54			.54			.54					
Selvitysaste	26 %			42 %			57 %			41 %			22 %		5 %	38 %			38 %			29 %			29 %			29 %			29 %					
R:n merkitsevyys F/P	3.02 / .05			3.46 / .05			8.41 / .01			5.98 / .01			3.92 / .05			3.89 / .05			3.89 / .05				5.52 / .01			5.52 / .01										

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

² Silloin kun R ei ole merkitsevä on ilmoitettu vain suurin β -kerroin.
In the cases where R is not significant, the highest β -coefficient is indicated.

Liite 17. Pistemäärien keskiarvot (\bar{X}) ja standardipoikkeamat (s) eri mittauksissa alkukokeessa. Riippuvat variaabelit.

Appendix 17. Means (\bar{X}) and standard deviations (s) of primary scores in the initial experiment. Dependent variables. ¹

	m i t t a u k s e t				m e a s u r e m e n t s				
	1st		2nd		4th		5th		
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	
<u>Muuttujat</u>									
1. Liikeaika (P)	30.53	4.65	29.10	4.53	29.33	4.67	29.57	4.81	
2. Radan pituus (P)	345.77	30.56	336.63	30.26	341.60	24.92	338.63	29.41	
3. Keskinopeus (P)	11.48	1.55	11.76	1.76	11.83	1.65	11.62	1.49	
4. Nopeuden varianssi (P)	36.58	9.33	37.63	9.20	37.60	10.04	37.20	10.45	
5. Radan laajuus (P)	160.23	28.97	157.63	32.25	167.83	22.14	167.50	24.72	
6. Radan kaarevuus (P)	-250.30	29.43	-260.50	29.80	-269.70	26.20	-265.87	29.44	
7. Maksiminopeus (P)	21.23	2.16	20.93	2.74	21.43	2.55	21.13	2.26	
8. Minim. vaihe (P)	52.83	4.80	53.67	4.80	52.60	4.13	52.50	4.36	
9. Maksim. vaihe (P)	70.19	4.90	70.75	5.22	69.73	4.07	70.15	4.40	
10. Radan pituus (K)	321.87	30.34	316.93	37.75	330.70	40.38	332.20	44.70	
11. Maksiminopeus (K)	21.00	3.53	21.43	4.05	23.27	3.10	22.63	3.99	
12. Maksim. vaihe (K)	28.31	7.44	27.72	8.09	24.36	7.58	25.25	7.76	
13. Tukivaihe (J)	61.95	4.99	63.03	5.06	61.92	4.22	62.17	3.89	
14. Latenssi (P)	4.23	0.92	4.00	0.89	3.97	1.22	4.10	1.08	
15. Kallistuskulma (P)	18.07	10.70	17.50	9.58	19.80	9.33	17.93	10.01	
16. Ajoitus (P)	-9.77	13.02	-8.83	11.17	-8.30	7.31	-7.77	8.68	
17. Radan laajuus (K)	59.17	14.19	58.13	16.92	65.33	14.82	65.47	14.36	
18. Radan kaarevuus (K)	-142.87	19.44	-148.27	19.36	-143.20	20.58	-136.23	24.90	
19. Ajoitus (K)	13.20	14.75	14.43	15.41	20.30	16.10	20.90	15.36	
20. Liikeaika (J)	8.73	1.46	8.53	1.26	8.40	1.43	8.50	1.02	

List of variables and factors. See Appendix 1.

Liite 18. Harjoituskertojen määrät ja sijoittuminen harjoituskaudelle.
Alkuperäisten ryhmien (n = 10) ja uudelleen samanlaistettujen ryhmien (n = 8) keskiarvot.

Appendix 18. The amount and schedule of endurance exercises during the training period. Means for the original groups (m = 10) and matched groups (m = 8) are included.

Osallistumiskertojen määrät
Participation in exercises

Kh	Järjestetyt harj.	Säännöl. ja vapaaeht.	2 vk ennen loppukoetta	4 vk ennen loppukoetta	Viim.harj. - loppukoe (vrk)	Huomautuksia				
Subject	Organized exercises	Regular and voluntary	2 weeks before final exp.	4 weeks before final exp.	Last exer. - final exp.(days)	Observations				
1st koeryhmä (H ₉₀) group	1.	41	30 + 6 = 36	4 + 1	9 + 1	1				
	2.	39	33 + 6 = 39	4	9	4				
	3.	38	25 + 9 = 34	5 + 1	11 + 3	3				
	4.	39	28 + 4 = 32	2	6	1				
	5.	39	34 + 7 = 41	3 + 1	9 + 2	1				
	6.1)	36	26 + 5 = 31	1	6	14				
	7.	35	29 + 5 = 34	6 + 1	12 + 1	1				
	8.	36	32 + 4 = 36	4	9	1				
	9.	40	32 + 5 = 37	3	6	1				
	10.1)	37	33 + 3 = 36	4	10	1				
Keskiarvot	38.4	30.4	5.8	36.1	3.9	0.5	8.9	0.9	1.6	n = 8
Means	38.0	29.2	5.4	35.6	3.6	0.5	8.7	0.9	2.8	n = 10
2nd koeryhmä (H ₁₄₀) group	11.	38	33 + 8 = 41	4 + 2	10 + 2	3				
	12.	36	32 + 6 = 38	3	8	1				
	13.1)	36	28 + 7 = 35	3 + 1	9 + 1	4				
	14.	35	27 + 6 = 33	4	8 + 1	7				
	15.	39	32 + 3 = 35	2	7	6				
	16.1)	39	32 + 6 = 38	4	10	2				
	17.	35	30 + 6 = 36	6 + 1	12 + 1	1				
	18.	40	31 + 11 = 42	5 + 4	8 + 4	1				
	19.	39	32 + 4 = 36	3 + 2	9 + 2	2				
	20.	37	31 + 5 = 36	4 + 1	9 + 2	1				
Keskiarvot	37.4	31.0	6.1	37.1	3.9	1.2	8.9	1.5	2.8	n = 8
Means	37.4	30.8	6.2	37.0	3.8	1.2	9.0	1.3	2.8	n = 10
3rd koeryhmä (H ₁₆₀) group	21.	36	26 + 4 = 30	4 + 1	9 + 2	2				
	22.	35	26 + 3 = 29	4 + 1	8 + 1	7				
	23.	35	24 + 5 = 29	6	11 + 1	1				
	24.	35	30 + 8 = 38	3 + 1	9 + 2	5				
	25.	39	32 + 7 = 39	4 + 1	9 + 1	1				
	26.	36	31 + 6 = 37	4	8	2				
	27.	38	30 + 12 = 42	4 + 1	9 + 1	3				
	28.	35	27 + 5 = 32	3	6	7				
	29.1)	36	26 + 6 = 32	2	7	1				
	30.1)	37	31 + 16 = 47	4 + 1	10 + 2	1				
Keskiarvot	36.1	28.2	6.2	34.5	4.0	0.6	8.6	1.0	3.5	n = 8
Means	36.2	28.3	7.2	35.5	3.8	0.6	8.6	1.0	3.0	n = 10

12-19.4 sairana sick
CRT-test 23.4.

Vain tutkimuksen ensimmäisessä osassa.
Only in the first part of the study.

Liite 19. Kuormituskokeiden ja harjoitteluajakson aikataulu koehenkilöittäin eri ryhmissä
 Appendix 19. The individual schedule of the experiments and the training period

		TAMMIKUU JANUARY										HELMIKUU FEBRUARY										kunto- testit fitness tests					
		CRT-kuormitustilanteet (Alkukoe) CRT-loading (Initial experiment)										harjoittelu alkaa training period starts															
	pvm. date	3	9	12	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ryhmä group	1:				3	2	7	5	4				9	8	6	10				1							
"	2:				11	18	17	19	15				14	12	20					13							
"	3:				16								28	29	21	25						24					
																26											

		HUHTIKUU APRIL															kunto- testit fitness tests		
		CRT-kuormitustilanteet (Loppukoe) CRT-loading (Final experiment)																	
	pvm. date	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
ryhmä group	1:			7						8	6	10			3	2	5	4	1
- " -	2:			17						14	12	20			11	13	19	15	9
- " -	3:			23						22	29	21	30		27	24	25	16	18
										28		26							

Liite 20. Riippuvien muuttujien mittaaminen

Appendix 20. Quantification of the dependent variables

Tutkimusta varten kerätty valokuva-aineisto analysoitiin uudelleen tämän osan ongelmien selvittämistä varten. Pyrkimyksenä oli parantaa tiettyjen muuttujien luotettavuutta, mikä tämän selosteen ensimmäisessä osassa esitettyjen tulosten (Taulukko 1) perusteella oli näyttänyt tarpeelliselta. Mittaukset suoritettiin liikeanalyysilaitteen avulla käyttäen 1/100 tuuman lukematarkkuutta. Tarkistusten helpottamiseksi sovellettiin seuraavaa menettelyä. Mittalaitteen projektiolasille kiinnitettiin kuultopaperi, jolle heitettävään kuvaan piirrettiin käsin pään ja käden liikeradat, tarvittavat tangentit, kaarikulmien kärki- ja leikkauspisteet sekä pään kallistusta osoittavat apusuorat (Liite 21). Mittaukset eri suorituksista aloitettiin täsmämällä kuvaustaustan ja mittalaitteen kiintopisteet keskenään. Mittausten suorittaja luki havaintopisteiden X- ja Y-koordinaatit sekä muut tarvittavat tiedot tietyissä standardijärjestyksessä ääninauhalle, jolta ne lävistettiin reikäkortteille. Tämä perustieto kvantifioitiin kinemaattisiksi muuttujiksi käyttämällä erikseen laadittua tietokoneohjelmaa, johon liitettiin myös muuttujien siirto uusille kortteille a) sellaisenaan, b) z-pisteiksi transformoituna ja c) lävistettyinä koeryhmittäin varianssianalyysia varten. Tietokoneohjelma laski pisteiden X- ja Y-koordinaattien avulla havaintopisteiden välimatkat, liikeradan laajuuden määrittämisessä tarvittavien janojen pituudet, kaarikulmat ja kallistusta osoittavien apusuorien välisen kulman.

$$\text{Kahden pisteen välimatka } r = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2},$$

jossa (X_1, Y_1) ja (X_2, Y_2) ovat pisteiden koordinaatit (Morrey 1962).

Pään ja käden liikeratojen pituudet määrättiin summaamalla nämä janat.

Pään radan laajuuden laskemista varten saatiin alku- ja loppupisteiden kautta kulkevan suoran (= perussuoran) yhtälö kaavan

$$y - Y_1 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (x - X_1)$$

mukaan. Kaavassa ovat (X_1, Y_1) ja (X_2, Y_2) radan alku- ja loppupisteen koordinaatit (Morrey 1962). Yhtälöä apuna käyttäen laskettiin pään liikeradan ala- ja yläkaarelle piirretyn tangentin ja keskikaarelle piirretyn samansuuntaisen tangentin sivuamispisteiden kohtisuorat etäisyydet perussuorasta kaavasta

$$\text{etäisyys} = \frac{|a_1 X_3 + a_2 Y_3 + a_3|}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}}$$

Kaavan osoittajassa on suoran yhtälö yleisessä muodossa. X_3 ja Y_3 ovat sivuamispisteen koordinaatit (Bergendal - Brinck 1964). Tangenttia vastaan kohtisuoraan sivuamispisteen kautta kulkevalta suoralta perussuoran ja tangentin väliin jäävän janan pituus saatiin jakamalla edellä laskettu etäisyys suorien välisen kulman kosinilla

$$\text{kosini} = \frac{x_1 x_2 + y_1 y_2}{\sqrt{(x_1^2 + y_1^2)(x_2^2 + y_2^2)}}$$

jossa x_i ja y_i ($i = 1, 2$) ovat tangentin ($i = 1$) ja perussuoran ($i = 2$) suuntavektorit (Bergendal - Brinck 1964). Pään radan laajuus oli laskettujen kolmen janan summa.

Käden radan laajuus laskettiin samaa menettelyä käyttämällä. Tällöin määrättiin tangentin yhtälö liikeradan loppupisteen ja kaaren sivuamispisteen mukaan. Laajuuden ilmaisee tässä tapauksessa sivuamispisteen kautta tangenttia vastaan piirretyllä kohtisuoralla tangentin ja perussuoran väliin jäävä osa.

Pään ja käden kaarevuutta¹ sekä pään kallistuskulmaa laskettaessa käytettiin edellistä kaavaa. Koska tietokoneessa ei voitu käyttää kosinin arcusfunktiota, muutettiin kosini tangentiksi kaavan

$$\tan a = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 a}{\cos^2 a}}$$

mukaan ja määrättiin vastaavan kulman asteluku. Jos kosini oli pienempi kuin nolla, oli kulma 180 astetta miinus saatu kulma (Morrey 1962). Pään radan kaarevuus oli kaarien kulmien summan vastaluku ja käden radan kaarevuus kaaren kulman vastaluku.

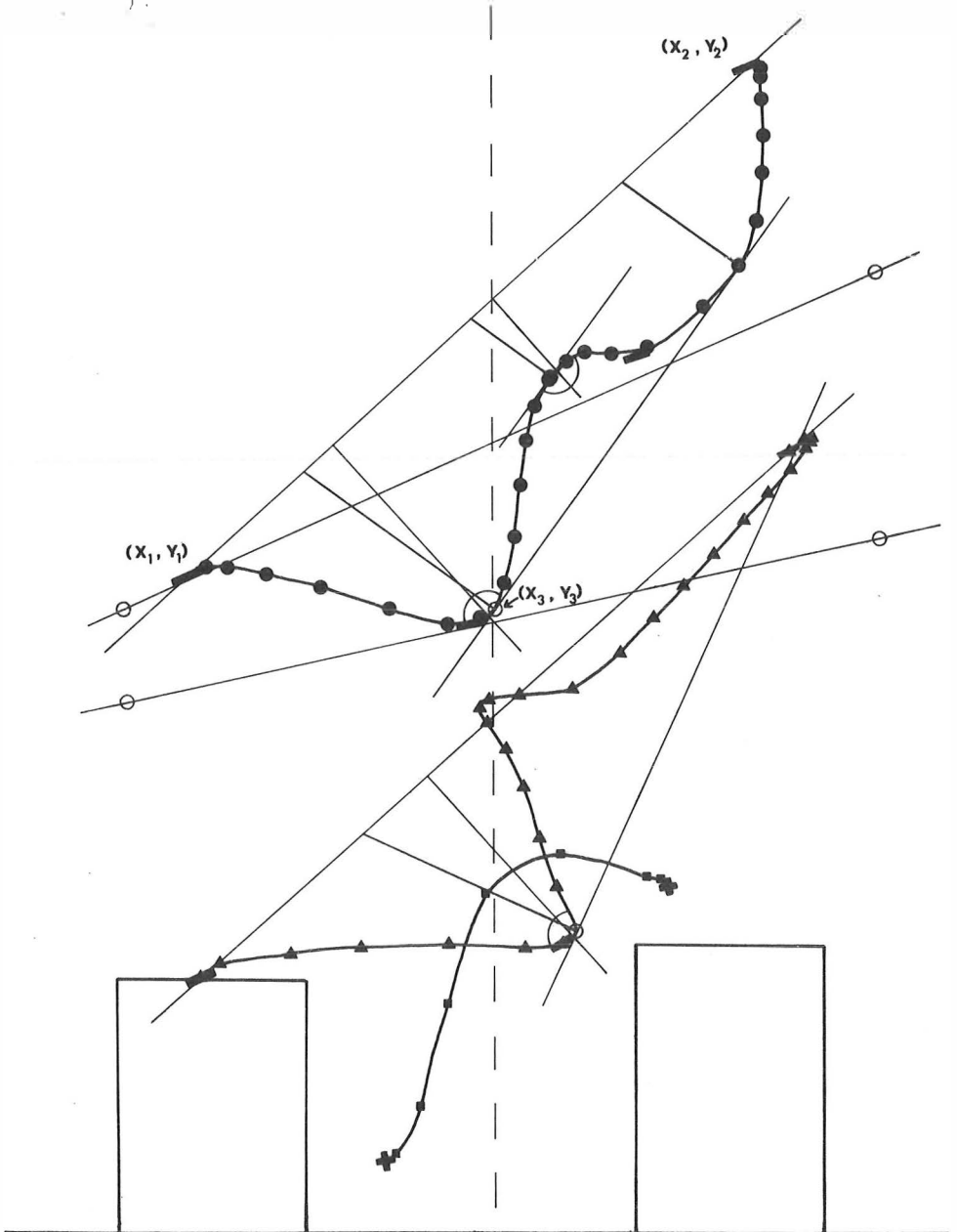
Tämän tutkimuksen analyysiin on ensimmäisen osan tulosten perusteella valittu alku- ja loppukokeen 2., 4. ja 5. mittaus, joista ensimmäisen on katsottu kuvaavan parhaiten kuormitustilanteen perustasoa, toisen kriittistä muutosvaihetta ja kolmannen heti tilanteen loputtua alkavaa palautumista. On kuitenkin todettava, että 2. mittausta ei voida pitää henkilön lepo- tai normaalitilana.

Syystä tai toisesta valokuvauksessa ja koejärjestelyissä esiintyi teknisiä puutteita, joiden vuoksi muutamien kuvien tilalle jouduttiin ottamaan lähinnä viereinen onnistunut kuva (Liitteessä 22 mukana olevat mittaukset).

¹ Kaarevuuden tässä esitetty yksinkertainen laskutapa johtuu muuttujan määrittelystä (Liite 7). Liikeradan muodostaman tasokäyrän kaarevuus tietyssä pisteessä voitaisiin laskea tätä tarkemmin tangentin suunnan muutoksen nopeuden ja kaarevuuden pituuden lisäyksen perusteella.

Liite 21. Valokuvista mittauksia varten määritetyt vakio pisteet ja liikeradat. ¹

Appendix 21. The paths and standard coordinates of the movement photorecordings. ¹



¹ Variaabeleiden kuvaus. Ks. Liite 7.

Description of variables. See Appendix 7.

Liite 23. Kolmen tekijän varianssianalyysien taulukot. Niitä analyysyjä, joissa ei ole merkitseviä oma- tai yhdysvaikutuksia ei ole mukana.

Appendix 23. Summary tables of analyses of variance; three factor experiment. The analyses with no significant effects are excluded.

Variaoatiolähde Source of variation	2. Radan pituus (P) 2. Length of path (H)				5. Radan laajuus (P) 5. Width of path (H)				6. Radan kaarevuus (P) 6. Curvature of path (H)			
	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P
<u>Koehenkilöiden välinen</u> <u>Between subjects</u>	<u>23</u>				<u>23</u>				<u>23</u>			
Ryhmien omavaikutus (g) Between groups (g)	2	12,32	2,73		2	2,67	0,51		2	15,44	4,38	5 %
Ryhmien sisäinen Subj. within groups	21	4,52			21	5,19			21	3,53		
<u>Koehenkilöiden sisäinen</u> <u>Within subjects</u>	<u>120</u>				<u>120</u>				<u>120</u>			
Koekertojan omavaikutus (e) Between experiments (e)	1	0,08	0,22		1	0,00	0,00		1	0,07	0,08	
g x e yhdysvaikutus g x e interaction	2	0,04	0,12		2	0,69	1,82		2	0,09	0,11	
e x ryhmien sisäinen e x subj. within groups	21	0,34			21	0,38			21	0,87		
Mittausten omavaikutus (m) Between measurements (m)	2	0,15	0,67		2	2,00	9,42	1 %	2	0,18	0,78	
g x m yhdysvaikutus g x m interaction	4	0,20	0,90		4	0,08	0,40		4	0,19	0,82	
m x ryhmien sisäinen m x subj. within groups	42	0,22			42	0,21			42	0,23		
e x m yhdysvaikutus e x m interaction	2	0,73	6,12	1 %	2	0,48	3,60	5 %	2	0,09	0,41	
g x e x m yhdysvaikutus g x e x m interaction	4	0,02	0,18		4	0,10	0,76		4	0,11	0,53	
e x m x ryhmien sisäinen e x m x subj. within groups	42	0,12			42	0,13			42	0,21		

Liite 23. (jatkoa)

Appendix 23. (cont.)

Variaatiolähde Source of variation	8. Minimivaihe (P) 8. Phase of min. velocity (H)				10. Radan pituus (K) 10. Length of path (A)				11. Maksiminopeus (K) 11. Maximum velocity (A)			
	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P
<u>Koehenkilöiden välinen</u> <u>Between subjects</u>	<u>23</u>				<u>23</u>				<u>23</u>			
Ryhmien omavaikutus (g) Between groups (g)	2	8,74	3,72	5 %	2	7,29	1,71		2	1,50	0,40	
Ryhmien sisäinen Subj. within groups	21	2,35			21	4,26			21	3,78		
<u>Koehenkilöiden sisäinen</u> <u>Within subjects</u>	<u>120</u>				<u>120</u>				<u>120</u>			
Koekertojen omavaikutus (e) Between experiments (e)	1	0,40	0,35		1	0,20	0,34		1	0,18	0,37	
g x e yhdysvaikutus g x e interaction	2	2,93	2,56		2	0,10	0,17		2	4,64	9,86	1 %
e x ryhmien sisäinen e x subj. within groups	21	1,14			21	0,60			21	0,47		
Mittausten omavaikutus (m) Between measurements (m)	2	0,11	0,22		2	1,31	5,31	1 %	2	4,44	9,76	1 %
g x m yhdysvaikutus g x m interaction	4	0,44	0,89		4	0,29	1,17		4	0,28	0,61	
m x ryhmien sisäinen m x subj. within groups	42	0,49			42	0,25			42	0,45		
e x m yhdysvaikutus e x m interaction	2	0,99	2,20		2	0,30	1,13		2	0,19	0,72	
g x e x m yhdysvaikutus g x e x m interaction	4	0,84	1,87		4	0,28	1,08		4	0,40	1,52	
e x m x ryhmien sisäinen e x m x subj. within groups	42	0,45			42	0,26			42	0,26		

Liite 23. (jatkoa)
Appendix 23. (cont.)

Variaatiolähde Source of variation	12. Maksimin vaihe (K) 12. Phase of max. velocity(A)				14. Latenssi (P) 14. Latency (H)				15. Kallistuskulma (P) 15. Angle of tilt (H)			
	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P
<u>Koehenkilöiden välinen</u> <u>Between subjects</u>	<u>23</u>				<u>23</u>				<u>23</u>			
Ryhmien omavaikutus (g) Between groups (g)	2	4,26	1,43		2	2,00	0,96		2	19,48	7,21	1 %
Ryhmien sisäinen Subj. within groups	21	2,98			21	2,07			21	2,70		
<u>Koehenkilöiden sisäinen</u> <u>Within subjects</u>	<u>120</u>				<u>120</u>				<u>120</u>			
Koekertojan omavaikutus (e) Between experiments (e)	1	0,77	0,90		1	8,31	6,28	5 %	1	3,75	4,85	5 %
g x e yhdysvaikutus g x e interaction	2	1,11	1,29		2	6,04	4,57	1 %	2	0,74	0,96	
e x ryhmien sisäinen e x subj. within groups	21	0,85			21	1,32			21	0,77		
Mittausten omavaikutus (m) Between measurements (m)	2	0,08	0,21		2	0,09	0,18		2	1,44	6,17	1 %
g x m yhdysvaikutus g x m interaction	4	1,65	4,26	1 %	4	0,86	1,66		4	0,18	0,76	
m x ryhmien sisäinen m x subj. within groups	42	0,39			42	0,52			42	0,23		
e x m yhdysvaikutus e x m interaction	2	0,18	0,28		2	0,27	0,66		2	0,41	1,47	
g x e x m yhdysvaikutus g x e x m interaction	4	0,45	0,71		4	1,25	3,07	5 %	4	0,18	0,66	
e x m x ryhmien sisäinen e x m x subj. within groups	42	0,63			42	0,41			42	0,28		

Liite 23. (jatkoa)

Appendix 23. (cont.)

Variaatiolähde Source of variation	17. Radan laajuus (K) 17. Width of path (A)				19. Ajoitus (K) 19. Timing (A)			
	Df	MS	F	P	Df	MS	F	P
<u>Koehenkilöiden välinen</u> <u>Between subjects</u>	<u>23</u>				<u>23</u>			
Ryhmiin omavaikutus (g) Between groups (g)	2	2,01	0,53		2	5,45	2,10	
Ryhmiin sisäinen Subj. within groups	21	3,80			21	2,60		
<u>Koehenkilöiden sisäinen</u> <u>Within subjects</u>	<u>120</u>				<u>120</u>			
Koekertojan omavaikutus (e) Between experiments (e)	1	5,42	5,53	5 %	1	10,56	9,18	1 %
g x e yhdysvaikutus g x e interaction	2	0,04	0,04		2	3,49	3,04	
e x ryhmien sisäinen e x subj. within groups	21	0,98			21	1,15		
Mittausten omavaikutus (m) Between measurements (m)	2	2,93	7,84	1 %	2	0,46	1,05	
g x m yhdysvaikutus g x m interaction	4	0,20	0,53		4	0,61	1,38	
m x ryhmien sisäinen m x subj. within groups	42	0,37			42	0,44		
e x m yhdysvaikutus e x m interaction	2	0,46	2,00		2	0,20	0,60	
g x e x m yhdysvaikutus g x e x m interaction	4	0,28	1,20		4	0,16	0,47	
e x m x ryhmien sisäinen e x m x subj. within groups	42	0,23			42	0,33		

Eiite 24. Toistettujen mittausten keskiarvot ja standardipoikkeamat (n = 24)

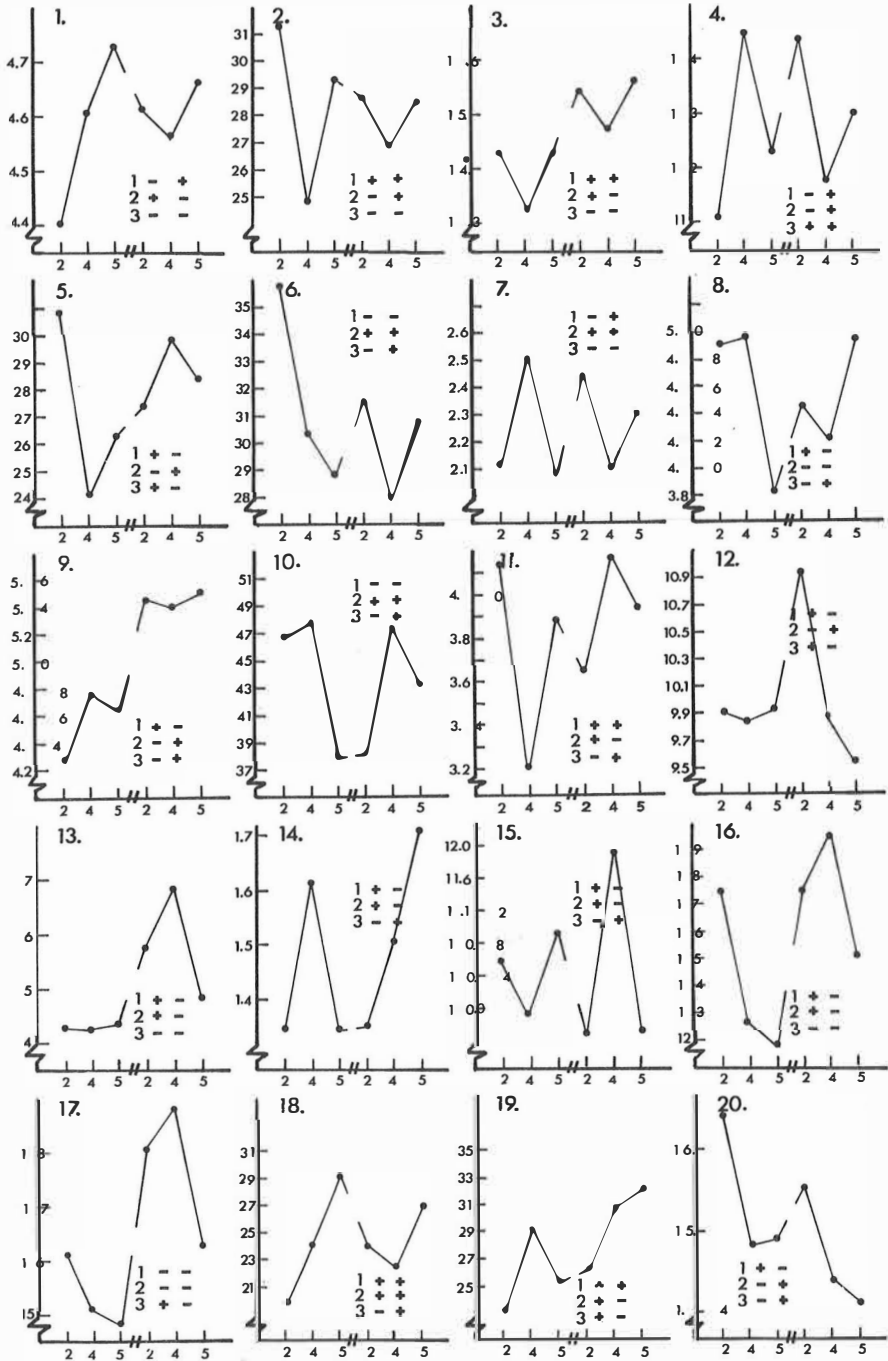
Appendix 24. The means and the standard deviations of the repeated measurements (n = 24)

Variaabeli Variable ¹	Alkukoe Initial experiment						Loppukoe Final experment					
	\bar{X}	^{2.} s	\bar{X}	^{4.} s	\bar{X}	^{5.} s	\bar{X}	^{2.} s	\bar{X}	^{4.} s	\bar{X}	^{5.} s
1. Liikeaika (P)	29.58	4.40	29.92	4.61	30.21	4.73	28.79	4.61	30.21	4.56	29.83	4.66
2. Radan pituus (P)	337.17	31.26	334.92	24.78	333.29	29.29	330.79	28.63	337.79	26.83	340.75	28.51
3. Keskinopeus (P)	11.52	1.43	11.34	1.32	11.18	1.43	11.66	1.54	11.34	1.47	11.58	1.56
4. Nopeuden varianssi (P)	40.66	11.10	40.90	14.48	40.34	12.29	40.92	14.39	41.29	11.78	41.16	12.96
5. Radan laajuus (P)	161.58	30.77	169.50	24.05	165.92	26.35	156.21	27.42	168.50	29.84	171.83	28.31
6. Radan kaarevuus (P)	-263.04	35.68	-264.25	30.28	-264.00	28.71	-259.46	31.43	-265.83	27.93	-261.83	30.73
7. Maksiminopeus (P)	20.75	2.13	21.42	2.50	21.29	2.07	21.71	2.44	21.29	2.09	21.17	2.30
8. Minimim vaihe (P)	52.92	4.90	53.70	4.96	52.17	3.80	52.04	4.45	52.13	4.21	53.15	4.95
9. Maksimin vaihe (P)	69.30	4.27	69.52	4.78	69.27	4.65	69.60	5.45	67.12	5.41	68.61	5.50
10. Radan pituus (K)	322.08	46.64	333.79	47.72	329.12	37.84	314.46	38.11	326.75	47.33	333.83	43.33
11. Maksiminopeus (K)	21.17	4.16	23.67	3.20	23.12	3.88	21.62	3.63	23.38	4.18	23.79	3.93
12. Maksimin vaihe (K)	34.30	9.92	32.68	9.85	32.54	9.93	34.43	10.95	34.42	9.84	35.09	9.52
13. Tukivaihe (J)	63.46	4.29	63.60	4.25	63.76	4.34	61.94	5.76	60.32	6.81	61.03	4.86
14. Latenssi (P)	2.04	1.34	2.04	1.62	2.29	1.34	3.00	1.35	2.79	1.50	2.79	1.71
15. Kallistuskulma (P)	17.54	10.58	21.88	9.92	18.79	10.92	20.62	9.64	23.58	11.89	24.42	9.69
16. Ajoitus (P)	-11.75	17.42	-13.38	12.57	-11.04	11.70	-12.71	17.47	-10.67	19.50	-13.58	14.97
17. Radan laajuus (K)	60.04	16.12	66.67	15.06	65.42	14.80	51.67	16.06	57.71	18.74	62.58	16.20
18. Radan kaarevuus (K)	-141.92	19.70	-137.83	24.00	-134.75	29.22	-144.12	24.01	-148.08	22.45	-141.67	26.81
19. Ajoitus (K)	6.83	23.02	7.12	29.17	8.67	25.15	-11.29	26.17	-10.71	30.81	-2.79	32.19
20. Liikeaika (J)	10.12	1.64	10.12	1.48	10.17	1.49	9.38	1.55	9.92	1.44	9.46	1.41

¹ List of variables and factors. See Appendix 1.

Liite 25. Keskihajonnat alku- ja loppukokeen toistetuissa mittauksissa (primaaripistemäärät). Loppukokeen osalta on lisäksi merkitty ryhmäkohtaisten muutosten suunta.¹

Appendix 25. The standard deviations of repeated measurements in the initial and final experiments (primary scores). The direction of alterations in the different groups is also indicated for the final experiment.¹



¹ Luettelo variaabeleista ja faktoreista. Ks. Liite 1.
List of variables and factors. See Appendix 1.

Liite 26. Rotatoimattomat faktorimatriisit. Riippuvat variaabelit, alku- ja loppukoe
 Appendix 26. Unrotated factor matrices. Dependent variables, initial and final experiment

A L K U K O E
 INITIAL EXPERIMENT

2nd mittaus measurement								4th mittaus measurement							5th mittaus measurement								
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
1.	96	-08	-01	-02	-05	-09	02	1.	95	-14	-02	06	05	-13	10	1.	95	-16	-07	-03	-03	-10	-08
2.	68	46	42	-08	-07	-12	-09	2.	74	-23	48	08	-16	11	00	2.	73	21	53	-12	08	-16	03
3.	-75	45	33	-06	-07	02	-07	3.	-85	08	32	-01	-19	23	-14	3.	-74	33	44	-10	11	01	16
4.	-62	36	46	-19	00	03	17	4.	-53	00	67	13	11	-12	09	4.	-54	22	58	10	-02	-25	04
5.	22	79	40	-06	-21	-08	00	5.	41	-29	59	41	12	-17	-05	5.	34	25	68	-46	-06	-17	-03
6.	79	-06	13	-28	11	-25	20	6.	67	-22	06	16	-21	23	-31	6.	77	-08	23	10	10	22	-10
7.	-56	-33	27	-06	24	-10	30	7.	-83	26	20	-23	-01	11	-20	7.	-58	26	30	36	02	15	-26
8.	-28	63	-21	-39	-08	08	-15	8.	-04	74	10	32	-15	-10	00	8.	-22	67	-04	-36	07	10	-06
9.	27	24	-51	-41	-09	06	-26	9.	24	68	-16	29	-37	06	08	9.	24	65	-50	-09	39	05	01
10.	44	12	39	42	18	35	-12	10.	45	-02	40	-36	-12	22	-06	10.	26	-07	24	57	22	-06	10
11.	-55	48	-01	15	39	23	-10	11.	-07	52	39	-30	09	21	04	11.	-43	26	32	48	27	-10	14
12.	-15	-03	66	-38	-13	-07	-17	12.	-70	-29	17	37	-15	01	-08	12.	-55	-33	24	-27	07	27	10
13.	-10	46	-45	08	-43	-03	08	13.	19	51	-14	34	13	49	18	13.	-18	56	-45	-28	41	01	05
14.	44	-27	54	-31	08	21	11	14.	19	-64	-34	06	-04	15	-23	14.	24	-48	34	-15	29	42	05
15.	49	59	39	35	11	-12	-09	15.	57	-11	54	-16	-05	-06	08	15.	58	11	51	-06	35	-07	-21
16.	-24	39	13	43	-44	-10	28	16.	-09	-31	04	15	63	29	14	16.	-30	-31	10	-43	-04	-26	00
17.	36	69	-10	-02	45	00	13	17.	70	36	10	04	18	08	-33	17.	45	60	31	10	-20	22	12
18.	06	37	-14	-37	00	31	36	18.	43	41	-21	-12	22	-10	-29	18.	40	41	21	-06	-41	19	26
19.	06	50	-60	00	37	-23	10	19.	34	76	10	-05	21	-19	-03	19.	17	69	-25	19	-31	00	-15
20.	66	02	-20	06	-26	39	14	20.	57	-11	-06	-21	-25	13	34	20.	65	-09	-33	10	17	-18	29

Liite 26. (jatkuu)

Appendix 26. (cont.)

L O P P U K O E
FINAL EXPERIMENT

2nd mittaus measurement							4th mittaus measurement							5 th mittaus measurement									
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.			
1.	86	-01	-41	-05	-01	05	-01	1.	90	-05	15	25	02	09	14	1.	90	-12	22	07	17	00	-18
2.	57	62	-20	-32	-03	-19	00	2.	46	-57	53	-13	17	-09	01	2.	38	45	66	16	03	12	-22
3.	-74	40	38	-16	00	-17	00	3.	-77	-28	15	-38	07	-15	-11	3.	-82	40	17	-01	-18	07	05
4.	-34	73	10	02	-31	12	09	4.	-30	-52	-19	-32	50	12	12	4.	-53	31	50	12	09	-23	15
5.	24	70	-17	-46	-26	13	04	5.	13	-36	60	-32	34	-29	12	5.	12	49	66	-13	18	-26	-11
6.	78	02	14	-30	12	-21	11	6.	79	-02	29	-08	07	-07	-11	6.	64	40	20	-01	08	22	20
7.	-55	39	37	09	28	-06	-03	7.	-39	-30	-28	-19	41	46	-06	7.	-68	04	26	37	03	07	08
8.	14	04	73	-36	-18	10	-14	8.	-13	72	33	-35	16	03	-14	8.	-22	72	-37	02	22	-05	-21
9.	35	-27	71	-11	25	-04	-26	9.	16	69	27	-35	04	22	-26	9.	00	71	-52	-13	10	25	02
10.	47	07	19	46	16	-20	-10	10.	33	-55	-08	17	-19	15	-29	10.	28	03	12	61	-26	22	-21
11.	-32	57	27	52	00	-12	-04	11.	-16	-67	-14	-17	-18	26	-14	11.	-38	04	31	53	-32	25	04
12.	-64	-02	11	-51	20	-08	-07	12.	-58	12	32	-22	-09	-01	11	12.	-66	35	20	-40	04	-01	-08
13.	25	27	48	24	42	29	41	13.	-17	49	25	44	46	10	-22	13.	-14	13	-32	05	43	44	13
14.	06	21	-13	-20	64	00	04	14.	-14	-12	61	08	-34	29	-12	14.	25	18	17	-60	-38	11	04
15.	47	71	-16	02	05	-26	-02	15.	25	-69	23	20	10	-06	-26	15.	01	19	57	-04	25	26	07
16.	-12	64	-33	21	19	30	-36	16.	-48	-05	18	61	42	-08	-05	16.	-19	-66	39	03	42	-06	07
17.	65	08	50	06	-11	-09	01	17.	66	04	-09	-41	-14	06	-02	17.	58	52	-20	03	-01	-16	02
18.	65	06	30	-32	09	29	-08	18.	62	16	-20	-29	28	06	-04	18.	41	58	02	21	-13	-26	33
19.	54	06	41	37	-44	06	-02	19.	49	10	-58	-03	36	-24	-19	19.	20	13	-33	69	15	-22	07
20.	60	00	-31	25	26	02	-09	20.	42	09	20	16	26	44	34	20.	71	-23	29	-15	-05	14	20

Liite 27. Alkukokeen 2. mittauksen (Alku, 2.) ja muiden mittausten varimax-matriisien väliset kongruenssikertoimet. Kaikki = Alkukokeen kaikkien mittausten analyysi, Alku = Alkukoe ja Loppu = Loppukoe.

Appendix 27. The coefficients of congruence between the varimax-matrices of 2nd measurement (Initial, 2nd) in the initial experiment and other measurements. All = Initial experiment, all measurements (across), Initial = Initial experiment and Final = Final experiment.

Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement	Kaikki All							Loppu, 2. mittaus Final, 2nd measurement	Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement						
	I	II	III	IV	V	VI	I		II	III	IV	V	VIa	VII	
	I	82	-04	19	-08	25	-10		I	81	30	-20	-33	01	21
II	-11	88	-01	28	19	-03	II	10	88	-06	07	-18	42	08	
III	-29	06	74	21	-18	-19	III/VI	-12	-31	68	45	-05	-69	10	
IV	-13	-07	22	73	-06	-01	IV	24	09	24	64	06	06	17	
V	13	06	24	-05	47	-04	V	-17	-04	01	-15	-71	08	-01	
VIa	07	18	28	22	21	15	VII	26	38	-15	-62	05	08	54	
VII	-57	35	-24	31	-25	45	VIII	76	-01	-29	01	45	-04	09	

Alku, 4. mittaus Initial, 4th measurement	Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement							Loppu, 4. mittaus Final, 4th measurement	Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement						
	I	II	III	IV	V	VIa	VII		I	II	III	IV	V	VIa	VII
	I	84	35	-38	-32	07	16		56	I	76	35	-30	-36	15
II	31	92	-20	05	-02	29	18	II	14	89	-10	18	-04	38	09
III	06	-04	80	52	32	-42	19	III	05	25	66	00	12	-38	48
IV	-27	-27	45	77	-06	-53	-14	IV	-09	05	19	70	13	-22	17
V	15	-05	-51	-21	54	17	-06	V	28	19	-25	-30	68	36	04
VII	21	62	03	-26	08	16	66	VIII	74	12	-41	-19	16	-11	24
VIII	68	13	23	47	34	-05	24	IX	-07	26	25	-01	57	00	30

Alku, 5. mittaus Initial, 5th measurement	Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement							Loppu, 5. mittaus Final, 5th measurement	Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement						
	I	II	III	IV	V	VIa	VII		I	II	III	IV	V	VIa	VII
	I	96	15	-29	-16	20	01		44	I	88	18	-21	-32	16
II	29	92	-15	03	02	40	21	II	13	88	-06	22	-05	46	08
III	15	06	80	48	34	-30	22	III	-06	-21	68	23	-34	-56	21
IV	10	14	40	80	28	-09	07	IV	27	08	16	70	34	-05	20
V	11	-10	17	-22	52	-12	-39	VI	24	28	-13	-29	18	76	12
VI	15	45	-42	-47	19	74	-06	VII	-03	20	18	-29	22	-01	50
VII	30	24	10	-24	49	04	60	IX	04	16	41	25	35	08	19

Liite 28. Kongruenssikertoimet transformaatioanalyysin jälkeen. Kutakin symmetrisen transformaatioanalyysin tuloksena saatua transformoitua matriisia (alkukoe: 4. ja 5. mittaus, loppukoe: 2., 4. ja 5. mittaus) on verrattu 2. mittauksen alkukokeen varimax-matriisiin.

Appendix 28. The coefficients of congruence after the transformation analysis. Each transformed matrix (initial experiment, 4th and 5th measurement, and final experiment, 2nd, 4th and 5th measurement) obtained by the symmetric transformation analysis compared with the varimax-matrix of the 2nd measurement (initial experiment).

		Alku, 2. mittaus Initial, 2nd measurement							Alku, 2. Initial, 2nd																		
		I	II	III	IV	V	VIa	VII			I	II	III	IV	V	VIa	VII										
Alku, 4. mittaus Initial, 4th measurement	I	89	31	-19	-07	18	13	46	Alku, 5. Initial, 5th	I	96	22	-18	-08	24	00	43										
	II	31	93	-16	-10	-01	29	35		II	23	92	-10	00	09	43	20										
	III	-18	-14	92	50	06	-37	06		III	-16	-09	87	43	24	-35	07										
	IV	-06	-09	48	89	08	-39	-17		IV	-08	00	47	85	00	-27	-02										
	V	24	-01	09	12	84	00	11		V	29	10	32	01	81	06	25										
	VI	13	29	-40	-44	00	58	-05		VI	00	42	-39	-28	05	80	-09										
	VII	42	32	06	-18	08	-04	82		VII	42	19	08	-02	21	-09	83										
Loppu, 2. Final, 2nd			Alku, 2. Initial, 2nd									Alku, 2. Initial, 2 nd									Alku, 2. Initial, 2nd						
			I	II	III	IV	V	VIa	VII			I	II	III	IV	V	VIa	VII			I	II	III	IV	V	VIa	VII
	I	92	18	-23	-12	22	09	42	I	89	25	-36	-30	17	16	42	I	89	16	-16	-16	15	08	46			
	II	18	91	-15	-12	13	46	19	II	23	88	04	06	11	28	25	II	18	89	-12	08	05	48	17			
	III	-20	-13	67	38	-15	-50	15	III	-26	03	76	11	01	-36	29	III	-13	-09	76	24	-15	-34	23			
	IV	-12	-11	41	89	02	-19	-25	IV	-23	05	12	71	-08	-18	-01	IV	-15	07	27	81	02	-12	-15			
	V	25	-15	-20	03	70	-12	-07	V	13	09	01	-08	82	08	18	V	16	05	-19	02	72	28	19			
VI	08	41	-51	-18	-10	84	-03	VI	12	22	-38	-18	08	79	-09	VI	07	39	-37	-12	23	87	-15				
VII	32	14	13	-21	-04	-03	66	VII	36	24	35	-02	20	-10	74	VII	41	14	24	-14	15	-14	72				

Liite 29. Rakennepoikkeamat (t^2) muuttujittain symmetristen transformaatioanalyysien perusteella. A = alkukoe, L = loppukoe, 2, 4 ja 5 = mittaukset.

Appendix 29. The coefficients of structural deviations (t^2) according to the symmetric transformation analyses. A = initial experiment, L = final experiment, 2, 4 and 5 = measurements.

Variaabeli Variable	A n a l y s i t A n a l y s e s				
	A4-A2	A5-A2	L2-A2	L4-A2	L5-A2
1. Liikeaika (P)	14	04	10	15	12
2. Radan pituus (P)	08	11	06	08	13
3. Keskinopeus (P)	28	02	13	15	12
4. Nopeuden varianssi (P)	31	20	26	22	07
5. Radan laajuus (P)	23	08	23	08	26
6. Radan kaarevuus (P)	29	17	40	19	55
7. Maksiminopeus (P)	38	50	66	52	70
8. Minimivaihe (P)	11	07	13	44	18
9. Maksimivaihe (P)	07	15	23	20	17
10. Radan pituus (K)	12	17	49	14	38
11. Maksiminopeus (K)	10	12	15	76	22
12. Maksimivaihe (K)	22	22	25	29	20
13. Tukivaihe (J)	16	46	57	71	15
14. Latenssi (P)	27	14	45	26	12
15. Kallistuskulma (P)	08	14	05	21	43
16. Ajoitus (P)	18	38	15	30	39
17. Radan laajuus (K)	16	11	15	40	45
18. Radan kaarevuus (K)	52	15	37	37	23
19. Ajoitus (K)	02	03	08	10	07
20. Liikeaika (J)	27	09	26	12	21
Yhteissummat ($\sum \Sigma t^2$)	4.00	3.35	5.17	5.69	5.16

Liite 30. Symmetriset transformaatioanalyysit. Rakennepoikkeamien (t^2) summat eri analyyseissa ja niiden jakautuminen faktoreittain.

Appendix 30. Symmetric transformation analyses. The sums of the coefficients (t^2) in different analyses and their distribution by the factor.

analyysi analysis	yhteis- summat grand totals		f a k t o r i t f a c t o r s													
	%		I		II		III		IV		V		VIa		VII	
			Σt^2	%	Σt^2	%	Σt^2	%	Σt^2	%	Σt^2	%	Σt^2	%	Σt^2	%
A4 - A2	4.00	100.0	.89	22,2	.50	12,5	.30	7,5	.53	13,2	.46	11,5	.92	23,0	.41	10,2
A5 - A2	3.35	100.0	.35	10,4	.54	16,1	.50	14,9	.64	19,1	.52	15,5	.44	13,1	.36	10,7
L2 - A2	5.17	100.0	.69	13,3	.58	11,2	1.24	24,0	.48	9,3	.80	15,5	.38	7,4	.99	19,1
L4 - A2	5.69	100.0	.89	15,6	.81	14,2	.98	17,2	1.34	23,6	.58	10,2	.53	9,3	.54	9,5
L5 - A2	5.16	100.0	.92	17,8	.71	13,8	.97	18,8	.80	15,5	.78	15,1	.32	6,2	.67	13,0