

Jyväskylän Korkeakoulu
Liikuntafysiologian laitos

Paavo Komi;

Standardiolosuhteissa syntyvän hypertermian vaikutus
sykkeeseen, ruokatorven lämpötilaan ja liikereaktio-
aikaan

5.5.1966

SISÄLLYSLUETTELO

I	Johdanto ja katsaus kirjallisuuteen	1
	1. Hypertermia-käsitteestä	1
	2. Lämmön vaihto kehon ja ympäristön välillä	2
	3. Kehon eri osien lämpötilojen lisääntyminen hypertermian avulla	8
	4. Hypertermian vaikutus aineenvaihduntaan	13
	5. Hypertermian vaikutus sydämen toimintaan	14
	6. Lämpötilan vaikutus fyysisiin toimintoihin	17
	7. Reaktioaika - liikeaika ja lämpötilan vaikutus	21
II	Hypoteesit	24
III	Kokeen järjestäminen	25
	1. Koehenkilöt	25
	2. Tutkimusolosuhteet	26
	3. Tutkimuksessa käytettävät mittavälineet	27
	1. Ruokatorvilämpötilan mittaus	27
	2. Sykkeen mittaus	28
	3. Suhteellinen kosteus	28
	4. Hypertermia-altistuksesta aiheutuvan hikoilun määrän mittaaminen	29
	5. Liikereaktioajan mittaaminen ja mittauksen reliabiliteetti	29
	4. Tulosten käsittely	31
IV	Tulokset	32
	1. Syke ja ruokatorven lämpötila	32
	2. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittava liikereaktioaika	33

V	Diskussio	36
VI	Yhteenveto	38
VII	Liite I Kuvat ja taulukot	39
VIII	Liite II	
IX	Lähdeluettelo	

I Johdanto ja katsaus kirjallisuuteen

1. Hypertermia-käsitteestä

Hypertermia tarkoittaa epätavallisen korkeata kehon lämpötilaa (the American Illustrated Medical Dictionary 1951); Kehon lämpötila (body temperature) puolestaan merkitsee kehon sisäosien lämpötilaa, elinlämpötilaa (Leithhead 1964). Ihmisen elintoimintojen kannalta voidaan puhua sekä fysiologisesta että patologisesta hypertermiasta. Fysiologinen hypertermia ei aiheuta elintoiminnoille haittavaikutuksia, eikä jätä elimistöön patologisia seurauksia. Patologisessa hypertermiassa kehon lämmönsäätelymekanismi on häiriintynyt kuuman lämpöaltistuksen johdosta. Tällöin rektaalilämpötila voi olla jopa yli 40.6°C . Lämpöhalvaus, termoplegia, auringon pistos ja sirus ovat patologisen hypertermian synonyymejä.

Tässä tutkimuksessa on kysymys fysiologisesta hypertermiasta, jolloin kehon lämpösisältöä kohotetaan 10 minuutin sauna-altistuksessa (90°C dry bulb/ 37.5 wet bulb).

Claude Bernard esitti v. 1878 käsitteen "milieu interior". Sen mukaan kaikki elinmekanismit osaltaan vaikuttavat kehon sisäisen (lähinnä kemiallisen) muuttumattomuuden säilyttämiseksi; kehon lämmönsäätelymekanismi ylläpitää lämpötasapainoa (Lind 1964). Jos ihmisen keho on lämpötasapainossa, niin silloin tulee lämmön tuoton olla yhtä suuri kuin lämmön hukan.

Kun lämmön tuotto on suurempi kuin lämmön hukka, lisääntyy kehon kokonaislämpömäärä. Päinvastoin, jos lämmön hukka on lämmön tuottoa suurempi, tapahtuu lämpösisällön vähenemistä (Guyton 1966).

Kehon lämpötila lisääntyy keskimäärin noin $1^{\circ}\text{C}/0.83$ kcal/kg. Tällöin on kudoksen spesifinen lämpö 0.83 kcal/kg/ $^{\circ}\text{C}$. Esimerkiksi 70 kg:n painoiselle henkilölle täytyy lisätä lämpöä noin

58 kcal, jotta kehon lämpötila kohoaisi 1.0°C .

Kehon lämpösisäلتöä voidaan lisätä kahdella tavalla: aktiivisesti ja passiivisesti. Aktiivinen hypertermia merkitsee kehon keskimääräisen lämpötilan kohottamista esim. fyysisen työn avulla. Tällaisesta on esimerkkinä mm. urheilijan verryttely (warming up) ennen kilpailua tai harjoitusta. Passiivisessa hypertermiassa lämpösisäلتö kohoaa kuumalla suihkulla, saunomisella, erilaisilla lämpösäteillä tai hieronnalla.

2. Lämmön vaihto kehon ja ympäristön välillä

Lämmön vaihto kehon ja ympäristön välillä riippuu näiden lämpötilaeroista sekä ihon ja ympäröivän ilman vesihöyryn paine-eroista sekä ympäröivän ilman liikenopeudesta. Näihin puhtaasti fyysikaalisiin ilmiöihin vaikuttaa puolestaan kaksi fysiologista mekanismia: verenkierto ja hikoilu. Nämä pystyvät muuttamaan paitsi sitä lämpö määrää, joka siirtyy sentraalisista osista periferiaan, myöskin kehon eri osien lämpötiloja ja vesihöyryn painetta iholla.

Väliaivojen hypotalamauksessa on hermosoluja, jotka niitä paikallisesti lämmitettäessä tai jäädytettäessä reagoivat samalla tavoin kuin oleskeltaessa kuumassa tai kylmässä ilmassa. Keskuksen kjohtaa hermoratoja mm. ihon reseptoreista. Reseptorit ovat erittäin herkkiä lämpötilanmuutoksille. Kuumareseptorien maksimi-frekvenssi "steady statessa" on $38 - 43^{\circ}\text{C}$:n välillä ja kylmäreseptorien $15 - 34^{\circ}\text{C}$:n välillä. 45°C :n lämpötilassa aktivoituvat kylmäreseptorit uudelleen, mikä selittää mm. saunassa havaittavan vilunväristyksen heti kylvyn alussa. Reseptorit rekisteröivät siten lämpötilamuutoksia, mutta myöskin lämpötilatasoja.

Lämmönsäätelyssä on sekä hypotalamuksella että iholla sijaitsevilla herkillä hermopäätteillä merkittävä osuus. Mielenkiintoinen

kysymys on, kuinka yhteistyö näiden välillä tapahtuu. Seuraava kaava ilmaisee näiden kahden tekijän välistä yhteyttä (Astrand 1966):

$$R = aT_h + bT_s$$

jossa R = reaktio

T_h = hypotalamuksen lämpötila

T_s = ihon lämpötila

a ja b = vakiot

Jos "ylikuumennetaan" hypotalamuksen preoptista termostaatti- aluetta, niin lämmönhukkaa kehosta tapahtuu seuraavin keinoin:

1) Hikirauhaset kiihoittuvat aiheuttaen lämmön poistumista kehosta haihtumisen avulla. 2) Ilmeisesti iholle johtavat vasodilatatoriset hermot kiihoittuvat lisäten veren mukana iholle kulkevan lämmön määrää. 3) Posteriorisen hypotalamuksen sympaattisten keskusten inhibitiolla lisätään pintaverisuonten vasodilataatiota (Guyton s. 994).

Lämmön poistuminen kehosta tapahtuu neljällä tavalla (Karvinen s. 8):

1. Säteilemällä, jolloin lämpö siirtyy iholta ilman läpi, mutta ilmaa lämmittämättä ihoa kylmempiin pintoihin (säteilylämpö).
2. Kosteuden haihtuessa iholta sitoutuu lämpöä haihtuvaan vesihöyryyn (haihtumislämpö).
3. Ilman koskettaessa ihoa ja ilmavirran kuljettaessa lämmenneen ilmakerroksen pois; tätä ilmiötä kutsutaan konvektioksi.
4. Johtumalla kehon pintaa koskettaviin kappaleisiin; huoneilmastossa lämmön johtuminen on yleensä sangen vähäistä.

Lämmön vaihtoa kehon ja ympäristön välillä ilmaisee seuraava yhtälö (Ronge 1963)

$$M \pm C \pm R - E = \pm S$$

jossa M on aineenvaihduntalämpö

C ja R ilmaisevat kehon lämmön tuottoa ja -hukkaa konvektion ja säteilyn avulla

E on haihtumisessa kehosta poistunut lämpömäärä (hiki)

S on kehon kudosten lämmön tuoton tai -hukan määrä

Konvektion ja säteilyn määrät voidaan laskea seuraavasti:

(Nelson et al.)

$$C = 0.35 \sqrt{V} (t_s - t_a)$$

$$R = 5.7 (t_s - t_g)$$

yhtälöissä C ja R ovat lämmön vaihto konvektiona ja säteilynä

V on ilman liikenopeus m/sek.

t_s , t_a ja t_g ovat ihon, ilman ja pallolämpömittarin lämpötilat °C.

Haihtuminen ilmaistaan kaavalla (Clifford et al. 1959)

$$E = 0.29 V^{0.63} (p_s - p_a)$$

jossa p_s ja p_a ovat ihon ja ympäröivän ilman vesihöyryn paineet mm Hg.

Kehon lämpösisältö lasketaan Burtonin (1935) mukaan seuraavasti:

$$S = 0.83 W (0.65 t_r + 0.35 t_s)$$

jossa W on kehon paino kg

t_r ja t_s ovat peräsuolen ja ihon lämpötilat °C

Jos lämpötasapaino säilyy on $S = 0$. Normaaliolosuhteissa, joissa kehon lämpösisältö ei ole muuttunut, voidaan lämpötasapainoyhtälö kirjoittaa myös muotoon:

$$M = R + C + E$$

Saunahypertermiassa henkilö on altistettu verrattain kuumaan ja kuivaan ympäristöön. Tämän vaikutukset välittyvät kahta tietä: vesihöyryn muodostumisella ja kondensoitumisella sekä suoran lämmön vaihdon kautta. Nämä aiheuttavat muutoksia kehon pinnan ja hengitysteiden vesisisäällössä ja lämpötilassa, sisäisen lämpötilan nousua ja aktivoivat fysiologista säätelymekanismia.

Saunaolosuhteille on tyypillistä korkea lämpötila ja matala suhteellinen kosteus. Tällaisessa ympäristössä iholla olevan hiellä kostutetun vesihöyryn osapaine saattaa ylittää 40-50 mm Hg:lla ilman vastaavan vesihöyryn osapaineen. Pirosen ja Äikään (1961 a) tutkimuksissa veden haihtuminen iholta saunaa vastaavissa olosuhteissa oli keskimäärin $8.8 \text{ g/m}^2/\text{h}/\text{mm Hg}$, ilmavirtauksen nopeuden ollessa 0.2 m/sek. Ihon ja ilman välisen vesihöyryn osapaine-eron ollessa 50 mm Hg haihtui iholta 20 min:ssa noin 150 g vettä kehon pinta-alan neliometriä kohti. Koska kokonaispainon menetys samaan aikaan oli keskimäärin 200 g/m^2 , niin 50 g/m^2 hikeä jäi haihtumatta. Tämä merkitsee sitä, että hien erityksen määrä ylittää haihtumisen. Kosteimmissa kylpemisolosuhteissa haihtuminen tulee vielä vähäisemmäksi ollen suorassa suhteessa vesihöyryn osapaine-erojen vähenemiseen.

Johtuen suuresta veden haihtumislämmöstä haihtuminen ja kondensaatio esittää varsin merkittävää osaa saunassakävijän kokonaislämpötasapainosta. 20 minuutin sauna-altistuksen aikana ihon pinnalta haihtuu n. 150 g/m^2 vettä ja siten keskimäärin n. 100 kcal lämpöä poistuu ihon pinta-alan neliometriä kohti. Tämä vastaa n. 3°C :n lämpötilaa.

Suurin osa hengityselimistön kautta tapahtuvasta lämmön vaihdosta tapahtuu hengitystien yläosassa, nenän limakalvoissa, kurkussa ja kurkunpäässä sekä suussa, joissa paikoissa ilmavirtauksen nopeus ja vesihöyryn osapaino-erot ovat suurimmat. Suhteellisen kuivassa saunassa on vesihöyryn poistumismäärä levossa n. 0.5 g/min (Piironen 1963). Näin vähäisenkin vesimäärän menetys saattaa aiheuttaa limakalvojen kuivumista. Kosteassa saunassa, jossa vettä heitetään runsaasti kiukaalle, vesihöyry tiivistyy hengitysteiden yläosaan. Näissä olosuhteissa kylpijä tuntee tavallisesti lievää hengenahdistusta, jonka esiintymisen äkkinäisyys viittaa mahdolliseen vesihöyryn tiivistymisestä aiheutuvaan lämpövaikutukseen.

Tyypillistä saunomiselle on, että kylpeminen aloitetaan 80 - 100°C:n kuivalämpötilassa, suhteellisen kosteuden ollessa 1- 5 %. Kylpemistä jatkettaessa kosteutta ja/tai lämpötilaa voidaan lisätä heittämällä vettä kiukaalle tai säätelemällä ilmavirtausta kiuaskivien läpi. Jos vettä käytetään paljon, saattaa ilman suhteellinen kosteus lisääntyä huomattavasti, ja vähäisempi haihtumisen kautta tapahtuva lämmön poistuminen edellyttää matalampaa kuivalämpötilaa (60 - 80°C, suhteellinen kosteus 20 - 25 %). Matalimmat lämpötilat ja/tai korkeampi suhteellinen kosteus eivät enää anna samanlaista subjektiivista tunnetta, joka on ominaista saunaympäristölle (Lundgren 1947).

Ilmasta iholle siirtyvän konvektiolämmön määrä on suoraan verrannollinen lämpötilaeroon ihon ja ilman välillä sekä ilmavirtauksen nopeuden neliöjuureen (Buttner 1934, Winslow et al. 1937, 1949). Olosuhteista riippuen saattaa saunassa lämpötilaero vaihdella 25 - 85°C, joten vaihteluväli on varsin suuri konvektion kautta vaihtuvan lämmön suhteen.

Useimmissa tapauksissa keskimääräinen ilmavirtauksen nopeus vaihtelee 0.1 - 0.2 m/sek. Jos vettä heitetään kiukaalle taikka kylvettäessä käytetään vastaa, lisääntyy ilmavirtauksen nopeus.

Henkilön asennosta riippuen on n. 60 - 70 % kokonaispinta-alasta alttiina ilmavirtaukselle.

Lämpötilaerosta, ilmavirtauksen nopeudesta ja henkilön asennosta päätellen voidaan arvioida konvektiolämpövaihdon vaihtelevan kuusinkertaisesti, riippuen saunaolosuhteista ja kylpemistavasta (Piironen 1963). 20 min:n kylvyn aikana saattaa makaavassa asennossa olevan henkilön konvektion avulla tapahtuvan lämmön tuoton määrä vaihdella 15 - 100 kcal/m² vastaten n. 0.5 - 3.0°C:n keskimääräisen kehon lämpötilan lisäystä.

Säteilylämmön vaihto kylpijän ja saunaympäristön välillä tapahtuu pääasiassa aaltopituuksilla 4 - 20 μ. Säteilyn kokonaisvaikutus on verrannollinen säteilevien pintojen absoluuttisten lämpötilojen neljänsien potenssien eroon. Iho säteilee lämpöä n. 450 kcal/m²/h silloin, kun ihon pintalämpötila on 40°C; säteilyn määrä on maksimissa aaltopituudella 9 μ (Hardy 1949). Samanaikaisesti iho vastaanottaa säteilylämpöä saunarakenteista, joiden pintalämpötila saattaa olla esim. 80°C. Jälkimmäisessä tapauksessa säteilylämmön määrä on 730 kcal/m²/h; säteily on maksimiarvossa aaltopituudella 7 - 8 μ. Tämä on suunnilleen samanlainen lämpösiirto kuin auringon säteilystä lähtevä maksimimäärä Suomen leveysasteella. Kylpijän asennosta riippuen on tehokkaan säteilypinnan osuus n. 40 - 70 % kehon kokonaispinta-alasta.

Jos otetaan huomioon säteilevien pintojen lämpötilojen ja kylpijän asennosta aiheutuvat vaihtelut, saattaa säteilylämmön tuotto vaihdella 15 - 100 kcal/m² n. 20 min:n sauna-altistuksen aikana, Tämä vastaa n. 0.5 - 3.0°C:n keskimääräisen kehon lämpötilan nousua (Hasan, Karvonen, Piironen 1965).

3. Kehon eri osien lämpötilojen lisääntyminen hypertermian avulla Kehon lämpötila ("body temperature") ei tarkoita keskimääräistä lämpötilaa. Yleisesti sillä ymmärretään kehon sisäosien lämpötilaa Burtonin (1935) mukaan keskimääräinen kehon lämpötila saadaan seuraavan kaavan mukaan : $T_{av} = 0.65r + 0.35s$, jossa T_{av} on keskimääräinen kehon lämpötila, r rektaali - ja s iholämpötila. Lämpötilaerot kielenaluksen, ruokatorven, vatsan, kainalon, peräsuolen tai nenä- ja korvakäytävämittausten välillä ovat verraten pieniä ja muutokset vähäisiä. Kuitenkaan nämä kudokset eivät ole samassa lämpötilassa, eikä mikään niistä ylläpidä tasaista lämpötilaa. Esimerkiksi peräsuolen lämpötila on tavallisesti $0.2 - 0.5^{\circ}\text{C}$ korkeampi kuin suulämpötila normaaliolosuhteissa. Lisäksi eri paikoista mitatut arvot saattavat vaihdella työmäärän, aktiiviteetin, ympäristöolosuhteitten, ruoansulatuksen, sairauden tai pelkästään vuorokaudenajan vuoksi. Vuorokauden vaihtelu on $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Elinlämpötiloja on useimmiten mitattu peräsuolesta tai suusta. Oraalilämpötilat ovat luotettavia vain silloin, kun olosuhteet on täysin kontrolloitu (Lind 1964). Puhuminen, hengittäminen suun kautta, tupakoiminen, syöminen tai juominen voivat kaikki vaikuttaa lämpötilamittaukseen. Peräsuolilämpötilaan eivät em. häiriötekijät vaikuta. Kuitenkaan rektaalilämpömittaus ei ole aina käyttökelpoinen, varsinkaan silloin, kun halutaan selvittää äkillisten ympäristössä tapahtuvien lämpötilamuutosten vaikutusta ihmiseen; peräsuolen lämmön on todettu seuraavan varsin hitaasti muualla kehossa tapahtuvia lämpötilamuutoksia.

Iholämpötiloja voidaan rekisteröidä erityisillä ihoelementeillä useista kohdista ihoa.

Lämmön tuottoa urheilusuoritusten aikana (aktiivinen hypertermia) on tähän mennessä kyetty mittaamaan pääasiassa vain laboratorio-olosuhteissa. Sen vuoksi on olemassa varsin rajoitetusti tietoa erilaisen fyysisen aktiviteetin aiheuttamasta lämpökuormasta ja lämmön tuotosta ihmisessä.

Urheilusuorituksissa urheilija sietää varsin korkeaa lämpötilaa (Buskirk ja Bass 1960). Robinson (1949) mittasi jopa 41.1° :n rektaalilämpötilan eräältä juoksijalta kolmen mailin juoksukilpailun jälkeen .

Huolimatta siitä, että Robinsonin esimerkki on äärimmäistapaus, niin on selvästi osoitettu, että myös liikuntaa harrastamattomilla kohoa elinlämpötila fyysisen suorituksen aikana ja että lämmön tuoton lisääminen on hyödyllistä optimisuoritusta ajatellen (Buskirk ja Bass 1960).

Fyysisen suorituksen aikana toimii hypotalamuksen lämmönsäätelykeskuksessa oleva termostaatti siten, että lämmön hukkaa ei synny ennenkuin kehon sisäosat ovat lämmenneet sille tasolle, joka vastaa työkuormituksen lämpötasapainoa; tämän tason saavuttamisen jälkeen keskus toimii jälleen normaalisti. Tavallisesti termostaatin kontrollialue on 36.70°C :n ja 40°C :n välillä; hyväkuntoisilla urheilijoilla se on yleensä suurempi. Nielsen (1938) osoitti, että työskenneltäessä pulkupyöräergometrillä samanlaisella kuormituksella (1260 kpm/min) erilaisissa ympäristöolosuhteissa (22° , 16° ja 11°C) rektaalilämpötila kohosi aina samalla huipputasolle. (39.25°C 90 min:n ajon aikana). Lehmannin mukaan (1962) rektaalilämpötila saavuttaa vielä steady-staten (38°C) kävely-suorituksessa, jos huoneen lämpötila on 39°C . Ympäristön lämpötilan ollessa 42°C ei steady-statea enää saavuteta, vaan rektaalilämpötila lisääntyy koko ajan verraten nopeasti.

Kehon homeostaattinen mekanismi toimii puskurina epätavallisen korkeissa ympäristön lämpötiloissa. Aineenvaihdunta voi olla eräissä urheilusuorituksissa jopa yli 30 kertaa suurempi kuin perusaineenvaihdunta. Normaaliolosuhteissa kehon lämpösisältö on n. 2000 kcal. Hyvin harjoitellut urheilija voi sietää sellaista aineenvaihdunta-lämpökuormaa (metabolic heat load), mikä yhdessä tunnissa ylittää kehon peruslämpömäärän. Tämä ei edellytä, että urheilija ylläpitää lämpötasapainoa rasituksen aikana, vaan lämpöä varastoituu kehoon; seurauksena on kehon lämpötilan kohoaminen. Kuitenkin lämpöä poistuu riittävästi kuormituksen aikana, jotta liiallista hypertermiaa ei pääsisi syntymään (Buskirk ja Bass 1960).

Erilaisen kylpy- ja suihkuveden lämpötilan vaikutusta kehon lämpötilaan on tutkinut mm. Wells (1932,1933). Hänen tutkimuksiensa mukaan kehon lämpötilassa (oraalilämpötila) tapahtuu aluksi nousua, kun koehenkilö on kylmässä vedessä ($15.6^{\circ} - 18.3^{\circ}\text{C}$). Veden lämpötilan kohotessa tapahtuu kehon lämmössä laskua aina niin kauan kunnes suihkuveden lämpötila on 32.2°C ja ammeveden 37.8°C . Veden lämpötilan kohotessa edelleen tapahtuu myöskin kehon lämmössä huomattavaa lisäystä.

Saunaympäristössä huomattava määrä lämpöä siirtyy kehon pintaan, josta lämpö siirtyy edelleen johtumalla ja konvektiona verenkierrossa kaikkialle kehoon. Seurauksena on kudosten lämpötilan kohoaminen. Kehon lämpösisällön muutos saunassa vaihtelee olosuhteitten mukaan 50:stä 400:ään $\text{kcal}/\text{m}^2/\text{h}$. Vastaava nousu lämpötilassa on $0.5 - 4.0^{\circ}\text{C}$ 20 minuutin kylpemisen aikana (Hasan, Karvonen, Piironen 1965). Lämpötilan muutos ei ole sama kaikissa kudoksissa; se on suurin kehon ulkonevissa pintaosissa, veressä sekä niissä elimissä, joissa verenkierto ja aineenvaihdunta on muutenkin vil-

kasta. Iholämpötilan lisääntyminen saunassa tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe (2. - 4. min.) on varsin passiivista, fysikaalista ihon lämpenemistä. Pintakerrosten lämpö kohoaa nopeasti ja lineaarisesti $0.5. - 1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ arvoon $38 - 42^{\circ}\text{C}$. Toisessa vaiheessa iholämpötilan lisääntyminen aluksi hidastuu, mutta jo 5. - 10. minuutin välillä nousu on jälleen tasaista. Iholämpötilan kohoamisessa tapahtuva hidastuminen aiheuttaa sen, että saunaa ei tunneta enää niin kuumana kuin kylpyn alussa. Huolimatta kuumasta ympäristöstä ja lämpösisällön lisääntymisestä saunassaolo tuntuu tavallisesti varsin miellyttävältä toisen vaiheen aikana. Kylpemistä kuitenkin jatkettaessa tulee vihdoinkin hetki, jolloin saunassaolo saattaa tuntua tuskalliselta mahdollisine sydämen tykytyksineen ja hengenahdistuksineen. Tällainen tuntemus suojaa ihmistä liialliselta hypertermia-altitukselta, ja kylpijä tavallisesti poistuu saunasta (Hasan, Karvonen, Piironen 1965).

Osa lämmöstä ihossa johtuu suoraan kudoksiin; siirtymisnopeus riippuu kudosten lämmönjohtokyvystä sekä lämpögradientista. Osa lämmöstä taas kulkeutuu verenkierron mukana kehon sisäosiin. Laskimoveren mukana kulkevasta lämmöstä johtuu osa laskimoiden välittömään ympäristöön ja osa vastavirtavaihduntana perifeeriseen valtimoverenkiertoon. Loppuosa kuljetetaan rintakehän sisäiseen sentraaliseen verenkiertoon ja edelleen valtimoihin. Piironen (1963) havaitsi ruokatorvilämpötilassa lisääntymistä 1.- 3. minuutin kuluttua saunomisen alusta. Kolmen minuutin jälkeen lämmön kohoaminen oli tasaista, riippuen kuitenkin sauna-altituksen voimakkuudesta. Saunaympäristöstä tullut lämpö kuljetetaan siten tehokkaasti ihosta keskeisiin verenkiertoelimiin, sydämeen ja keuhkoihin.

Mitä suuremman veriperfuusion alaisena jokin elin on, sitä nopeammin siihen kulkeutuu lämpöä saunaolosuhteissa. On todennäköistä, että näin on asianlaita myös aivojen suhteen. Piironen (1963) havaitsi, että korvan tärykalvon lämpötila seuraa kiinteästi ruokatorvilämpötilan muutoksia. Aivojen lämpötilan lisääntyminen stimuloi sentraalisia lämpöä aistivia tuntosoluja, ja lämmönsäätelykeskuksesta lähtevät vievät impulssit aktivoivat hikoilumekanismia ja ihon verenkiertoa (Benzinger 1959).

Peräsuolilämpötila kohoaa saunomisen aika $37.6 - 40^{\circ}$:een. Ott (1948) mittasi 50:ssä kokeessa 19:ltä henkilöltä keskimääräisen peräsuolilämpötilan 38.2°C , kun koehenkilöt olivat olleet 20 minuutin ajan saunassa ($70 - 80^{\circ}\text{C}$ dry bulb/ $39 - 45^{\circ}\text{C}$ wet bulb). Hasan ja Niemi (1954 a) mittasivat 0.5°C :n peräsuolilämpötilan kohoamisen 30 min:n sauna-altistuksen ja 1.3°C :n kohoamisen 30 minuutin altistuksen lopussa (5 miestä ja 5 naista). Eräessä toisessa koesarjassa em. tutkijat saivat 19 miehen keskimääräiseksi rektaalilämpötilan lisäykseksi 1.2°C (keskihajonta 0.30°) 15 minuutin saunomisen aikana; saunan lämpötila oli $65 - 90^{\circ}\text{C}$ / $45 - 48^{\circ}\text{C}$. Lundgren (1933, 1947) vertasi vastaa käyttävien kylpijoiden rektaalilämpötiloja muiden kylpijoiden lämpötiloihin ja havaitsi, että 15:ssä kokeessa 20:stä kehon lämpötila nousi enemmän silloin, kun henkilöt käyttivät kylpiessään vastaa. Koehenkilöiden sallittiin olla saunassa niin kauan, kuin he halusivat. Tulokset viittasivat siihen, että kylvettäessä saunassa vastalla ilmeisesti siedetään tavallista suurempaa lämpökuormaa. Venhon (1958, 1959) 158:ssa tutkimuksessa 138:lla lapsella, joiden ikä vaihteli kolmesta päivästä 11 kuukauteen, keskimääräinen peräsuolilämpötilan nousu oli 1.4°C . 16 - 30 päivää vanhoilla lapsilla keskimääräinen lisäys oli 2.0°C . 3 - 7 päivän ikäisillä lapsilla kohosi peräsuolilämpötila enemmän kuin 16 - 30 päivän

ikäisillä. Korkein mitattu yksilöllinen lisäys oli 3.7°C 15 minuutin sauna-altistuksen lopussa.

Sisäelimiä lämpötila laskee nopeasti sauna-altistuksen päätyttyä. Iholämpötila palautuu normaalissa huoneen lämmössä saunaa edeltävälle tasolle noin puolessa tunnissa. Palautumista voidaan nopeuttaa kylmän suihkun tai kylmän kylvyn avulla. Lundgrenin (1947) tutkimuksissa lämpötila palautuu normaalitasolle 30 minuutissa. Ott'in mukaan peräsuolilämpötila oli 30 min:n saunomisen jälkeen 37.2°C . Hasan ja Niemi (1954 a) totesivat keskimääräisen peräsuolilämpötilan olevan vielä noin yksi tunti saunomisen jälkeen 0.3°C korkeampi kuin saunomista ennen mitattu arvo, vaikka koehenkilöt olivat oleskelleet koko palautumisajan huoneessa, jonka lämpötila oli 18°C . Bartels'in (1944), Devrient'in (1950), von Knorren ja Venhon (1958, 1959) tutkimuksissa palautuminen lepotasolle kesti 1 - 4 tuntia.

4. Hypertermian vaikutus aineenvaihduntaan

Normaali kehon lämpötila on noin 37°C . Lämpötilan kohoaminen aiheuttaa aineenvaihduntaprosessin vilkastumisen, kun taas lämpötilan aletessa verenkierto vähenee, hapensaanti pienenee ja kemialliset prosessit tapahtuvat hitaammin (Nöcker 1964). Aineenvaihdunta on vähäisintä silloin, kun oleskellaan lämpötilassa $20 - 25^{\circ}\text{C}$. Jos ympäristön lämpötila on alle 25°C tai yli 25°C , niin metaboliassa tapahtuu kiihtymistä (Winslow & Herrington: Temperature and Human Life 1949). Karpowichin mukaan (1965) metabolia kiihtyy ja kehon lämpötila kohoaa, jos ympäristön lämpötila nousee yli 27.0°C :n). Kemiallisten reaktioiden nopeus riippuu lämpötilasta siten, että nopeus kaksinkertaistuu jokaista 10°C :n lämpötilan nousua kohti. Sen vuoksi on odotettavissa myös ihmisessä perusreaktioiden kiihtymistä, jos kehon lämpötila kohoaa yli

normaalitason (Brobeck 1955).

Saunomisen vaikutusta aineenvaihduntaprosessiin on tutkittu pääasiassa kokonaishapenkulutuksena. Oleskeltaessa saunassa 15 - 20 min. lisääntyy aineenvaihdunta n. 20 %; yksilölliset erot ovat kuitenkin varsin suuret (Hasan ja Niemi 1954 a). Joissakin tapauksissa - enimmäkseen urheilijoilla - on havaittu aluksi vähäistä hapenkulutuksen alentumista (5 - 10 %) heti kuumaan ympäristöön astumisen jälkeen. Useat tutkijat ovat oletaneet tällaisen ilmiön johtuvan lihastonuksen täydellisemmästä relaksoitumisesta saunassa kuin normaalissa huoneilmassa (Hasan, Karvonen, Piironen 1965). Kokonaisaineenvaihdunta laskee normaalitasolle suunnilleen yhtä nopeasti kuin kehon lämpötilakin.

5. Hypertermian vaikutus sydämen toimintaan

Lisääntynyt lämpötila aiheuttaa sykkeen kiihtymistä, ja alentunut lämpötila aiheuttaa sykkeen hidastumista. Jos S-A noodia pidetään kylmässä lämpötilassa sille aikaa, kun kammiota lämmitetään yli normaalitilan, niin kammion oma rytmisen syke kiihtyy S-A noodin sykintää tiheämmäksi. Tällöin kammiosta tulee itsenäinen sykinnän tahdin määrääjä. 10°C:n lämpötilan nousu kolminkertaistaa sykelukumäärän. (Guyton 1966)

Nämä lämpötilavaikutukset ilmeisesti johtuvat lihaskalvon lisääntyneestä johtumiskyvystä erilaisille ioneille aiheuttaen stimulaatiota itsekkiihotuksen kaikissa vaiheissa (Guyton 1966).

Saunassa voidaan syke mitata helposti. Useat tiedemiehet ovat huomanneet ja mitanneet sen lisääntymisen saunassa tai vastaavissa olosuhteissa. Muutosten suuruus eri tutkimuksissa vaihtelee; vaihtelujen syynä on paitsi erilaiset saunomisolosuhteet myöskin koehenkilöiden rakenteelliset ja fyysisen kunnan eroa-

vaisuudet. Kuva 6. osoittaa terveiden ihmisten keskimääräisen sykkeen nousun saunaolosuhteissa Pirosen ja Äikkään (1959) tutkimuksien mukaan. 20-30 minuutin saunomisen aikana useampien ihmisten syke lisääntyy enemmän tai vähemmän tasaisesti, eikä steady-state vaihetta tai sykkeen alenemista tapahdu ennenkuin poistutaan saunaympäristöstä. Sauna-altistuksen pituus määräytyy useimmiten yksilön henkilökohtaisesta sietorajasta. Useimmat tutkimukset ovat osoittaneet sykkeen kohoavan 100 - 160 lyöntiin minuutissa saunomisen aikana. Kuitenkin on vaikea varmuudella tietää, kuinka paljon syke on saunassa riippuvainen henkilön fyysisestä kunnosta, toistuvasta kuumassa ympäristössä oleskelusta, rakenteellisista ominaisuuksista tai iästä ja sukupuolesta. Ott (1948) on havainnut, että toistuva saunassakäynti aiheutti koehenkilöiden sykkeen nousussa asteettaista vähenemistä; tämä voidaan tulkita aklimatisaation aiheuttamaksi sykkeen laskuksi.

Veden heittäminen kiukaalle saattaa (Prokop 1953) vaikuttaa tai ei vaikuta (Ott 1948) sykkeeseen.

Sykkeeseen reaktioon saunassa vaikuttaa suuresti koehenkilön asento kylvyn aikana. Yleisesti asentomuutokset vastaavat muutoksia normaalilämpötilassa; saunassa muutokset ovat kuitenkin suurempia.

Syke hidastuu välittömästi sauna-altistuksen päätyttyä. Alenemisen suuruus on luonnollisesti riippuvainen henkilön aktiivisuudesta. Kylmä vesi (suihku, uiminen esim.) aiheuttaa nopean sykkeen laskun (Ott 1948, Hasan ja Piironen 1957), ja syke pysyy hitaana, jos kylmäaltistus on riittävän pitkä (Ott 1948). Normaalissa huoneen lämpötilassa palautuu syke täysin 1 - 4 tunnin aikana; palautumisnopeus riippuu tietysti paitsi kehon lämpökuormasta ja huoneen yksityiskohtaisista olosuhteista myöskin koehenkilöstä (Ott 1948, Hasan ja Niemi 1954).

Mahdollinen stimulaatio sykkeen lisääntymiselle saunomisen aikana syntyy kohonneen veren ja kehon lämpötilan suorasta vaikutuksesta aivoihin (Ranson 1940), refleksinä valtimoiden (Heymans 1950) tai laskimoiden (Avido & Schmidt 1955) kuin myös sydämen seinämän resptoreista (Bainbridge 1915); pulmonaariset hermopäätteet saattavat myös vaikuttaa sykkeen lisääntymiseen.

Hikoilusta johtuva 2 kg:n painon väheneminen saunassa aiheutti painijoilla lisääntyneen työsykkeen ergometrikokeessa välittömästi ja kolme tuntia saunomisen jälkeen (Ahlman ja Karvonen 1961). Miettisen ja Karvisen (1963) tutkimuksessa syke kohosi 13 tuntia sauna-altistuksen jälkeen ergometrikokeessa samalle tasolle kuin ilman saunaa. Kuitenkin syke näytti saavuttavan harjoitustasonsa nopeammin saunomisen jälkeen.

Sydämen minuuttivolyymi lisääntyy kuumuusaltistuksessa. Viimeisimmässä tutkimuksessaan on Eisalo (Hasan, Karvonen, Piironen 1965) mitannut 25:n koehenkilön minuuttivolyymiä saunaolosuhteissa värilaimennusmenetelmällä ja havainnut sen olleen keskimäärin $n. 9.16 \pm 0.65$ saunassa. Ennen saunaa mitattu lepoarvo oli 5.31 ± 0.23 litraa minuutissa. Mitään merkittävää korrelaatiota ei havaittu minuuttivolyymien ja sauna-altistuksen keston tai lämpötilan välillä. Wezler & Thauer (Hasan, Karvonen, Piironen 1965) päättelivät epäsuorista mittauksistaan, että heidän koehenkilöidensä sydämen iskuvolyymi lisääntyi 140-150 ml olosuhteissa, jossa lämpötila oli 50°C . Käyttäessään värilaimennusmenetelmää Eisalo puolestaan havaitsi, että muutosten suunta ja suuruus iskuvolyymissä vaihteli varsin paljon koehenkilön mukaan; ennen saunaa mitatuissa iskuvolyymeissa oli vaihteluväli 45 - 114 ml ja sauna-arvoissa 42 - 136 ml.

Minuuttivolyymin lisääntyminen saunassa kuvastuu ainakin osittain lyhentyneessä veren kiertoajassa (kyynärlaskimosta vastakkaisen käden olkavaltimoon). Sentraalinen kiertoaika lyhenee 21,0 sekunnista (± 1.2) 8,7 sekuntiin (± 0.53) (Hasan, Karvonen, Piironen 1965).

Lihastyössä esiintyvän hypertermian aikana on sydämen minuuttivolyymin lisääntyminen ilmeistä. Syyt minuuttivolyymin lisääntymiseen kuormituksen aikana ovat seuraavat: (Guyton 1966):

1. Lihastyön aikana stimuloituvat sympaattiset keskukset medullassa voimakkaasti. Sympaattiset impulssit vuorostaan supistavat monia verivarastoja kohottaen siten keskimääräistä painetta, joka lisää laskimopaluuta sydämeen.
2. Lihasten supistuminen lypsää verta eteenpäin lisäten siten myös laskimoveren paluuta sydämeen. Tämä puolestaan saa sydämen toimimaan huomattavasti voimakkaammalla supistusteholla.
3. Edellisten kanssa yhtä tärkeä tekijä on itse lihasverisuoninen vasodilaatio. Kun nämä suonet laajentuvat, veri virtaa nopeasti laskimoihin aiheuttaen siten oikean eteisen paineen ja minuuttivolyymin lisääntymisen. Erittäin intensiivisessä fyysisessä ponnistuksessa voi sydämen minuuttivolyymi nousta jopa 30:een litraan minuutissa eli 5 - 6 kertaa suuremmaksi kuin lepotilassa.

Hypertermian vaikutuksesta hermoston toimintaan tiedetään varsin vähän. Hypotermia (kehon kylmentäminen) sen sijaan alentaa hermoston suorituskykyä (Wenzel 1961).

6. Lämpötilan vaikutus fyysisiin toimintoihin

Korkea ympäristön lämpötila aikaansaa hermoston ja lihasten lämpötilan kohoamista. Sen vuoksi ne ilmeisesti työskentelevät nopeammin ja tehokkaammin. Tässä tapauksessa hypertermian vaikutuksen voidaan olettaa olevan samanlaisen kuin urheilijan verryttelyn

(Mathews, Stacy, Hoover 1964). Erityisesti tällaista voi ilmetä lyhytaikaisissa voimakkaissa ponnistuksissa. Lihaksen kylmeneminen puolestaan aiheuttaa seuraavia fysiologisia muutoksia (Nöcker 1964): 1. Lihaksen latenssiaika pitenee, 2. Verisuonet supistuvat, veren virtauksen määrä lihaksessa pienenee ja ravinnon saanti huononee, 3. Lihaksen elastisuus vähenee ja viskositeetti lisääntyy; taipumus lihasrevähtymiin suurenee, 4. Energian hukka lisääntyy.

On huomattava, että lihasten lämpötila raajoissa voi olla lepotilassa jopa 5°C alhaisempi kuin kehon sisäosien lämpötila. Raajojen alhainen lämpötila on luonnollisesti suoritusta rajoittava tekijä eräissä urheilulajeissa. Aktiivisen hypertermian avulla kohotetaan lämmön tuottoa ja tasoitetaan lämpötilaeroja raajojen ja kehon sisäosien välillä. Asmunsenin ja Böjen (1945) sekä Nielsenin (1938) tutkimuksien mukaan lihaksen lämpötila lisääntyy fyysisen aktiviteetin aikana enemmän, kuin mitä voidaan päätellä rektaalilämpötilan lisääntymisestä. Samalla ihon lämpösisältö vähenee.

Kuormituksen aikana syntyvä lämpötilan lisääntyminen on ilmeisesti fysiologisesti edullista (Buskirk ja Bass 1960). Aineenvaihduntareaktiot lisääntyvät lämpötilan kohotessa. Oksihemoglobiinin ja oksimyoglobiinin dissosiaatio lisääntyy. Tässä yhteydessä luovutetaan nopea helpommin toimiviin kudoksiin myös asidoosin ja lisääntyneen hiilidioksiidin tuoton johdosta. Korkea lämpötila lisäänee kaasujen ja metaboliittien diffuusiomäärää kudoksiin ja takaisin läpi interstitiellinesteen sekä vähentänee veren ja muiden nesteiden viskositeettia. Kaikki nämä lisääntyneen lämpötilan vaikutukset voidaan olettaa aiheuttavan paranemista fyysisessä suorituskyvyssä kuormituksen aikana, vaikka-

kaan niiden täydellistä vaikutusta ei ole vielä pystytty todistamaan.

Asmunsen ja Boije (1945) huomasivat, että passiivisella hypertermialla (radiodiatermia, kuuma suihku) oli suorituskykyä parantava vaikutus ja että vaikutus oli suhteessa lämpötilan lisääntymiseen, Tulokset neljän koehenkilön kohdalla osoittivat, että diatermia lisäsi suorituskykyä polkupyöräergometri työssä 3.9 - 7.6 % ja kuuma suihku 5.0 - 7.2 %. Lämpötilan lisäys oli mitattu musculus vastus lateralikselta. . Samassa tutkimuksessa havaittiin, että lihaksen lämpötilaa lisättäessä aktiivisesti saatiin aikaan vieläkin suurempi suorituskyvyn paraneminen. 956 kpm:n työhön polkupyöräergometrillä kului sitä vähemmän aikaa mitä korkeampi tähän työhön tarvittavien lihasten lämpötila oli.

Muido (1946) tuli samaan johtopäätökseen tutkittuaan kehon lämpötilan vaikutusta uintisuoritukseen. Kuuma suihku paransi uintiaikaa 2.1 - 3.9 % ja diatermia 1.3 - 1.9 %. Muido totesi edelleen, että ajan paraneminen johtui lisääntyneestä veren lämpötilasta eikä lisääntyneestä lihasten lämpötilasta. Carlile (1956) havaitsi kuumalla suihkulla tapahtuvan esilämmittelyn parantavan uintisuoritusta. 10 uimaria yhteensä 230 yrityksessä paransi 40 yardin uintiaikaa silloin, kun suoritusta edelsi 8 minuutin kuuma suihku. Ero kontroli- ja koeryhmän välillä oli tilastollisesti merkitsevä.

Dehydraatioyilan on todettu useissa tutkimuksissa huonontavan fyysistä suorituskykyä (Adolf ja assoc. 1947, Hedman 1957, Åstrand ja assoc. 1963, Saltin 1964 a). Saltin (1964) selvitti dehydraatioyilan vaikutusta yksityisen henkilön aerobiseen ja anaerobiseen työkapasiteettiin. Dehydraatioyila aiheutettiin a) lämpökuorman (sauna 80°C), b) metabolisen lämmön, c) yhdistetyn metabolisen

lämmön ja lämpökuorman avulla. Submaksimaalisessa ergometrikuormituksessa ei havaittu muutoksia hapenottokyvyssä dehydraatio-tilan jälkeen, mutta syke oli merkitsevästi korkeampi (keskimääräinen ero 13 sykettä/min.) ja veren laktaattipitoisuus alhaisempi (sauna-altistuksen jälkeen 0.5 mmol/litraa ja raskaan työn (metabolinen lämpö) jälkeen 1.6. mmol/litra). Maksimikuormituksessa ei havaittu muutoksia hapenottokyvyssä ja sykkeessä dehydraatio-tilan jälkeen, mutta työaika lyheni huomattavasti. Samoin laktaattipitoisuus väheni.

Grosen tutkimuksissa (1958) selvitettiin lihasvoiman ja "väsymystason" vaihteluja erilaisen lämpötila-altistuksen jälkeen. Käden upottaminen kuumaan veteen (48°C) kahdeksan minuutin ajaksi ei vaikuttanut alkuvoimaan eikä "väsymystasoon", mutta nopeutti noin 34 % väsymisen syntymistä. Kylmän veden (10°C) havaittiin huonontavan lihaksen alkuvoimaa 11 prosenttia, mutta min-käänlaista vaikutusta väsymystasoon ei ilmennyt. Karvinen ja Miettinen (1963) havaitsivat, että 13 tuntia sauna-altistuksen jälkeen selän ojennusvoima oli merkitsevästi parempi kuin ilman saunaa. Käden puristusvoimassa ja vertikaalisessa ponnistusvoimassa ei havaittu muutoksia saunan jälkeen. Ahlman ja Karvonen (1961) havaitsivat myöskin selän ojennusvoiman olevan parempi sekä välittömästi että kolme tuntia sauna-altistuksen jälkeen kuin ennen saunaa. Komi (1965) huomasi 10 minuutin saunomisen heikentävän käden puristusvoimaa. Wright (1959) puolestaan totesi, että oraalilämpötilan ja käden puristusvoiman välillä vallitsi yhteys. Kuumalla vesialtistuksella kohotettaessa oraalilämpötilaa 1.1°C lisääntyi käden puristusvoima, mutta 1.7°C:n lisäys ei parantanut enää suoritusta; 2.2°C lämpötilan lisäys aiheutti puristusvoiman heikkenemisen.

7. Reaktioaika - liikeaika ja lämpötilan vaikutus

Reaktioajalla ymmärretään sitä pientä aikaväliä, jonka ihminen tarvitsee reagoidakseen tahdonalaisesti johonkin ärsykkeeseen. Reiterin (1954) mukaan puhdas reaktioaika muodostuu seuraavista osista:

1. Sensorinen komponentti, jolla tarkoitetaan tietyn ärsykkeen havaitsemista. Tämä aikakomponentti on riippuvainen fysiologis-kemiallisesta tapahtumasarjasta reseptorissa ja ärsykkeen johtumisajasta (siirtymisajasta) keskushermostoon.

2. Motorinen komponentti eli sentrifugaalisen impulssin siirtyminen motoriseen pääte-elimeen (esim. etusormeen) sekä vaadittavan lihaksen (lihaksiston) supistuminen.

Morgan et al (1963) kuvaavat reaktioaikaa ärsykkeen ja reaktion toteuttamisen väliseksi ajaksi. Sen vuoksi he jakavat reaktioajan seuraavasti:

1. Aistimisaika (sensing time), joka tarkoittaa sitä aikaväliä, joka kuluu ärsykkeen aistimiseen.

2. Ratkaisun tekemiseen kuluva aika (decision time).

3. Vastauksen antamiseen kuluva aika (response time).

Useat tutkijat katsovat reaktioajan kuitenkin päättyneen silloin, kun henkilö aloittaa vastauksensa reaktioon, eikä silloin, kun vastaus päättyy.

Reaktioajan tärkein tekijä on latenssiaika. Se tarkoittaa aikaa, joka kuluu ärsykehetkestä reaktion esiintymiseen (Gad ja Heymans 1892). Tämä tulee esiin tutkittaessa liikkeitä, niiden latenssiaikaa ja tämän ajan vaihteluita.

Absoluuttisen reaktioajan lisäksi voidaan reaktioaikakäsitteeseen liittää vielä seuraavia komponentteja (Reiter 1954): keskitty-

miskyky, huomiokyky, suorituskapasiteetti, reaktiovarmuus, arkuus jne. Koska em. seikkoihin vaikuttaa vegetatiivinen hermosto hyvin suurelta osin, niin ne ovat tällaisen "keskeisen" ohjauksen seurauksena hyvin paljon toisiinsa kytkeytyviä.

Reaktioaikaan kytkeytyy hyvin läheisesti myös liikeaika. Sitä voitaisiin kutsua reagoimisen jälkeen tapahtuvaksi toiminnalliseksi toteuttamisvaiheeksi. Pikajuoksun lähdössä liikeaika tarkoittaa reagoimisen jälkeen suoritettavaa jalan oikaisemista ja irttoamista lähtötelineistä. Tässä tutkimuksessa liikereaktioaika kokonaisuudessaan tarkoittaa sitä aikaväliä, joka kuluu ääniärsyksen antamisen ja käden isometrisen jännityksen vapauttamisen välillä.

Viime aikoina on runsaasti tutkittu reaktioaikojen ja liikeaikojen riippuvuuksia. Toistaiseksi ovat tulokset olleet kovin ristiriitaisia, vaikkakin lienee ilmeistä, että suurilla lihaksilla työskenneltäessä reaktioajat ja liikeajat eivät korreloi keskenään (Lotter 1960, Smith 1961). Smith (1964) on myöhemmin havainnut reaktioajan ja liikeajan välisen suhteen olevan erittäin spesifinen.

Yleisemmin on reaktioaikatutkimuksissa käytetty yksinkertaista (single reaction time) tai valintareaktioaikaa (choice reaction time). Edellinen saadaan, kun koehenkiö antaa vastauksen esim. yhteen valovälähdykseen. Valoärsyksen ja koehenkilön vastausreaktioiden välinen aika on yksinkertainen reaktioaika. Jälkimmäinen 1. choice reaction time tarkoittaa aikaa, joka kuluu koehenkilöltä hänen antaessa vastausreaktionsa tiettyyn valoärsykkeeseen, jota edeltää useita valovälähdyksiä.

Reaktioajan pituus riippuu ärsyksen laadusta, kompleksisuudesta

sekä nopeudesta. Edelleen reaktioaikaan vaikuttavat ennakoivan informaation (anticipatory information) määrä, koehenkilön ikä ja sukupuoli. Reaktioaika on tavallisesti hieman pitempi kuin 1/10 sek. Lyhin se on reagoitaessa ääniärsykkeeseen. Teichnerin (1954) mukaan ärsykelajit ovat reaktioajan lyhyiden mukaan seuraavassa järjestyksessä: kuulo-, kosketus-, näkö-, kylmä-, lämpö-, haju- ja kipuärsyke.

Vanhempien ihmisten reaktioaika on yleensä pitempi kuin nuorten. Edelleen naiset reagoivat hitaammin kuin miehet (Kennedy et al. 1952). Yleisesti reaktioaika paranee 20:een ikävuoteen saakka ja hidastuu 30:n ikävuoden jälkeen.

Edelleen reaktioajan pituus vaihtelee reagoitaessa ärsykkeeseen eri ruumiinjäsenillä (Morgan et al. 1963). Koeasetelman vakioimiseksi on tärkeä huomioida, että kehon asento vaikuttaa totaaliin reaktioaikoihin (Hodgkins 1963).

Motivaation vaikutus reaktioaikaan riippuu siitä, kuinka paljon koehenkilö kiinnittää huomiota suoritukseensa. Jos hänelle ei anneta tilaisuutta hyötyä harjoittelusta eikä tietoa suorituksen onnistumisesta, voidaan motivaatiovaikutus eliminoida (Morgan et al. 1963). Tieto tuloksesta välittömästi suorituksen tapahduttua ei auta ainoastaan tehtävän oppimisessa, vaan myös kannustaa parantamaan suoritusta. Hipplen (1954) mukaan sopiva motivaatio kohottaa lihasjännitystä. Tämän ansiosta henkilöiden reaktioajat ovat yleensä lyhentyneet. Liiallinen motivointi kohottaa lihasjännitystä niin paljon, että tarkkaavaisuus häiriintyy ja ehkä reaktioajatkin pitenevät. Luhtanen ja Mäkikallio (1966) eivät havainneet liikereaktioajoissa merkittävää muutosta isometrisen jännityksen kasvaessa. Davis (1954) on todennut toimivasta lihaksesta saatujen

aktiopotentiaalien korreloivan reaktioaikoihin -.42. Smith (1964) puolestaan on todennut, että käden ollessa jännittyneenä on sen reaktio ja liikeajat nopeammat kuin rennosta alkuasennosta lähdettäessä.

Reaktioaikaan vaikuttaa myöskin vuorokaudenaika; lyhin se on tavallisesti iltapäivisin tai illalla. Edelleen mittauksissa on otettava huomioon koehenkilöiden fyysinen ja henkinen tila, koska väsymys huonontaa reaktioaikaa (Karpovich 1965, Atwell ja Elbel 1948, Dull 1941, Reiter 1954). Harjoitus vaikuttaa reaktioajan pituuteen lähinnä silloin, kun henkilön reaktioaika on pitkä. Jos reaktioaika on niin lyhyt kuin 1 - 2 sek., on parantamisen varaa varsin vähän (Morgan et al. 1963). Sen sijaan, jos ärsykkeet annetaan aina samanlaisin väliajoin, saattaa koehenkilö ennakoita (oppia) harjoituksen avulla reagoimaan ärsykeeseen nopeammin. Sen vuoksi on parasta vaihdella valmiusajan pituutta. Yksinkertaisen reaktioajan tutkimisessa pitäisi ennakoivan kokennon tulla 2 - 8 sek. ennen ärsykettä (Woodworth ja Schlosberg 1954). Leonardin (Morgan et al. 1963) mukaan sopiva väliaika on 2 sek. Valmiusaika ei kuitenkaan saisi koskaan olla alle 0.3 sek. Nakamura (1934) ja Walker (1933) ovat todenneet pikajuoksijan reagoivan lähtöasennossa parhaiten silloin, kun valmiusajan pituus on 1.4 - 1.6 sek. Samaan tulokseen päättyivät myöskin Rusko ja Tervo (1966). Heidän mukaansa pikajuoksijan liikereaktioaika (lähtöaika) hidastuu huomattavasti, jos valmiusajan pituus on 1.0 sek. Valmiusajan vaihdellessa välillä 1.5 - 2.5 sek. ovat muutokset liikereaktioajassa varsin vähäisiä.

Hypertermian vaikutuksesta reaktioaikoihin tiedetään varsin vähän. Sen sijaan hypotermian on todettu huonontavan reaktioaikaa. Rasch ja Burke (1963) toteavat, että lihaksen kylmentäminen lisää sen reaktioaikaa kahdesta kolmeen kertaan niin paljon kuin se pidentää sen supistusaikaa, vähentää lihaksen ärtyvyyttä, lisää

aktiopotentiaalin kestoja ja vähentää sen amplituudia. Lihaksen supistusnopeus hidastuu yleensä lämpötilan laskiessa ja kiihtyy lämpötilan noustessa (Gad ja Heymans 1892).

Teichnerin (1958) mukaan reaktionopeus ei muutu huonommaksi ulkoisen lämpötilan ollessa alueella $-35 - -45^{\circ}\text{C}$, edellyttäen, että ilman liikenopeus on varsin hidas. Sen sijaan, jos ympäröivän ilman liikenopeus on 10 mph, niin matala ulkoinen lämpötila aiheuttaa merkittävän reaktionopeuden huononemisen. Tällaisessa tilanteessa on aktiivisella liikunnalla apua reaktionopeuden palauttamiseksi normaalitasolle.

Teoreettisesti voidaan ajatella reaktioajan lyhenevän lämpötilan kohotessa. Molekyylien liikkeet ovat vilkkaampia ja voimakkaampia korkeimmissa lämpötiloissa. Tämän johdosta on myös mahdollista, että reaktioyhdistelmät ovat suurempia ja reaktio tapahtuu nopeammin (Mathews, Stacy, Hoover 1964). Brobeck'in (1955) mukaan riippuu kemiallisten reaktioiden nopeus lämpötilasta siten, että nopeus kaksinkertaistuu jokaista 10°C :n lämpötilan nousua kohti. Edelleen voitaisiin olettaa liikereaktioajan lyhenevän enemmän kuin puhtaan reaktioajan, koska myös lihassupistus nopeutuu lämpötilan kohotessa.

Kokeellisesti ei ole kuitenkaan täysin selvästi osoitettu reaktioajan lyhenevän hypertermian vaikutuksesta. Dull (1941) totesi reaktioajassa pientä lyhenemistä ulkoisen lämpötilan kohotessa.

Komi (1965) havaitsi esitutkimuksissaan liikereaktioajan paranevan merkittävästi 10 minuutin saunahypertermian (85°C , suhteellinen kosteus 8 %) vaikutuksesta, mutta kokeessa ei ollut kontrolliryhmää, Samassa kokeessa ei aktiivisella hypertermialla (polkupyöräergometriajo) havaittu olevan minkäänlaista vaikutusta liikereaktioaikaan. Lehto ja Riekkinen (1966) eivät todenneet kuumen kylvyn ($5 \text{ min. } 42^{\circ}\text{C}$) vaikuttavan reaktioaikaan parantavasti eikä huonontavasti.

II Hypoteesit

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia standardiolosuhteissa

syntyvän 10 minuutin passiivisen hypertermian vaikutusta miesten ruokatorven lämpötilaan, sykkeeseen sekä käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavaan liikereaktioaikaan.

Aikaisempiin tutkimuksiin nojautuen syke ja ruokatorvilämpötila lisääntyy 10 minuutin hypertermia-altistuksen (90°C dry bulb/37.5°C wet bulb) aikana. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan liikereaktioajan oletetaan lyhenevän hypertermia-altistuksen vuoksi seuraavista syistä:

1. Kemialliset reaktiot nopeutuvat lämpötilan kohotessa (Brobeck 1955, Mathews, Stacy, Hoover 1964, Burton ja Edholm 1955).
2. Lämpötilan kohotessa lihaksen supistusnopeus kiihtyy (Gad ja Heymans 1892).
3. 10 minuutin sauna-altistus tuntuu yleensä miellyttävältä (Hasan, Karvonen, Piironen 1965), joten olosuhteet ovat psyykkiseltä kannalta edulliset liikereaktioajan paranemiselle.

III Kokeen järjestäminen

1. Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli yhteensä 28 20-24 vuoden ikäistä Jyväskylän Korkeakoulun liikuntakasvatuksen opintosuunnan miesopiskelijaa. Kaikki koehenkilöt kävivät läpi liikereaktioaikamittauksen. Varsinaiseen sykemittaukseen ja ruokatorvilämpötilamittaukseen valittiin arvalla kymmenen koehenkilöä liikereaktioaikaryhmästä. Näistä kuitenkin vain seitsemän kykeni nielemään ruokatorvi-anturin. Reaktiomittauksissa käytettiin myöskin toista ryhmää (n = 22), jolla käytiin samat mittaussarjat läpi ilman hypertermia-altistusta. Tällä ryhmällä testattiin reaktioaikamittauksen luotettavuus. Ryhmää käytettiin myös hypertermiaryhmän kontrolliryhmänä osoitettaessa hypertermian vaikutusta käden

isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavaan liikereaktio-aikaan. Liikereaktioajan suhteen ryhmät eivät eronneet tilastollisesti toisistaan.

2. Tutkimusolosuhteet

Hypertermian aiheuttajana käytettiin Jyväskylän Korkeakoulun D- 2 urheiluhallin naisopettajien saunaa. Saunan keskimääräinen lämpötila oli säteilysojatusmittarin mukaan 87°C (vaihteluväli $85 - 89^{\circ}\text{C}$) ja suhteellinen kosteus 5 %. Saunalämpötila kontrolloitiin termostaatilla sekä kolmella eri korkeudella keskellä saunaa olevalla säteilysojattomalla elohopealämpömittarilla. Koehenkilön ollessa istuvassa asennossa lauteilla olivat elohopealämpömittarit hänestä metrin päässä otsan, vyötärön ja nilkan tasalla. Näiden mittausten keskiarvot olivat seuraavat:

	KA	Vaihteluväli
Otsa	94	91 - 98
Vyötärö	89	84 - 93
Nilkka	70	67.5-73

Luvut osoittavat saunaolosuhteiden pysyneen suhteellisen standardeina. Kaikki mittaukset suoritettiin iltaisin klo 18 - 20 marras-joulukuussa 1965. Koehenkilöt olivat syömättä noin kaksi tuntia ennen koetilaisuutta. Myöskään minkäänlaista aktiivista liikuntaa ei suoritettu kahteen tuntiin ennen koetta. Sauna-altistuksen pituus oli kaikissa mittauksissa 10 min. Tämän katsottiin parhaiten vastaavan kokeen tarkoitusta, koska 10 minuutin saunassaolo saa aikaan riittävästi kehon lämpenemistä. Lisäksi tämän pituinen altistus tuntuu yleensä miellyttävältä (Hasan, Karvonen, Piironen 1965).

3. Tutkimuksessa käytettävät mittavälineet

3.1. Ruokatorvilämpötilan mittaus

Lämpötilan mittauksessa käytettiin ELLABin sähköistä rekisteröimislaitetta, jossa asteväli oli 16 - 46 C (kuva 7.). Indikaattorin viereen oli sijoitettu termostaattihaude vertailuelementteineen. Hauteen lämpötila pidettiin 37 - 38°C:ssa ja sitä kontrolloitiin elohopealämpömittarilla 1/20 asteen tarkkuudella. Vertailumittari oli välttämätön, koska Piironen (1964) oli havainnut ELLABin mittarissa ilmeistä epätarkkuutta ulkoisten olosuhteitten vaihdellessa. Indikaattori oli suojattu isolla pahvipäällysteellä.

Lämpöelementtien termojännitteet rekisteröitiin suoraan lämpötilaa osoittavina ELLAB-indikaattorista. Ruokatorvianturi pujoitettiin nenän kautta ruokatorveen 40 sm:n päähän sierainaukosta. Tämä mittauskohta sijainnee keuhkovaltimon korkeudella ja siitä toivottiin saatavan luotettava kuva sentraalisen lämpötilan muutoksista sauna-altistuksen vaikutuksesta. Piironen totesi 40 sm:n päästä sierainaukosta mitatun ruokatorvilämpötilan noudattavan läheisesti kaulavaltimosta mitattua valtimoveren lämpötilan kulua (1964). Lämpötila kirjoitettiin muistiin indikaattorista joka 30:s sekunti 0.1°C:n tarkkuudella. Rekisteröinti aloitettiin 6 minuuttia ennen sauna-altistusta ja se päättyi 6 minuuttia sauna-altistuksen jälkeen. Ruokatorvielementtijohdon pituus oli 5 m ja se johdettiin saunaan saunan oveen poratusta reiästä. Täten itse indikaattori oli koko ajan normaalissa huoneen lämmössä saunan ulkopuolella.

3.2. Sykkeen mittaus

Kaikissa sykemittauksissa käytettiin palpaatiomenetelmää rekisteröimällä syke arteria radialiksesta. Tämä siksi, että tunnistelu voitiin suorittaa varsin etäältä aiheuttamatta häiriötä koehenkilön lämpöaltistukselle. Sama henkilö suoritti aina sykemittauksen. Mittauksessa otettiin jokaisen minuutin lopussa aika 15:lle sykkeelle ja erikoisvalmisteinen sekundaattori näytti suoraan sykkeen minuuttia kohti.

Ruokatorvilämpömittausten yhteydessä rekisteröitiin syke kerran minuutissa. Liikereaktiomittausten yhteydessä sensijaan säännöllisin väliajoin vain kahdesti ennen saunaa, kolmesti saunassa ja kaksi kertaa saunan jälkeen. Useampia sykemittauksia liikereaktioaikatutkimuksen yhteydessä ei voitu suorittaa, koska se olisi häirinnyt koehenkilön keskittymistä. Lisäksi saunan lämpöolosuhteita pyrittiin pitämään mahdollisimman vakioina myös siten, että koehenkilön lisäksi saunassa oli vain yksi mittaaja. Samana iltana suoritettiin kokeita vain neljällä henkilöllä.

3.3. Suhteellinen kosteus

Suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytettiin Assmanin Aspirations-Psychrometriä. Suoritetuissa kokeissa kontrolloitiin saunan suhteellinen kosteus kahdesti sauna-~~altistuksen~~ aikana. ASSMANin laite oli koko ajan samassa paikassa seinän vieressä koehenkilön oikealla puolella ja hänestä noin $1\frac{1}{2}$ metrin päässä.

Alkuperäisessä ASSMANin psykometrissä oli kuivalämpömittarin astelukemat vain alueella 0 - 50°C. Koska saunan lämpötila oli lähellä 100 astetta, oli tarkoituksenmukaista vaihtaa uusi kuivalämpömittari, jonka asteväli oli 0 - 150 C. Mittarin vaihtaminen ei vaikuttanut tulosten luotettavuuteen.

3.4. Hypertermia-altistuksesta aiheutuvan hikoilun määrän mittaaminen

Hien määrä voidaan yksinkertaisesti määritellä punnitsemalla koehenkilön paino ennen ja jälkeen sauna-altistuksen (Hasan, Karvonen, Piironen; Adolph and associates 1947). Tutkimuksessa käytetty vaaka oli SECA (Vogel & Halke - Hamburg), jossa asteikko oli alueella 0 - 150 kg. Paino voitiin mitata 50 gramman tarkkuudella. Sauna-altistuksen jälkeen punnittaessa kuivattiin iho ensin pyyhkeellä.

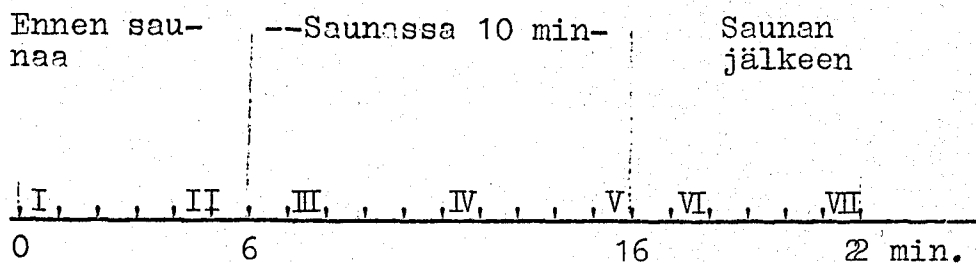
3.5. Liikereaktioajan mittaaminen ja mittauksen reliabiliteetti

Tutkimuksessa ei mitattu puhdasta reaktioaikaa, vaan liikereaktioaikaa. Kuuloärsytykseen reagoiminen tapahtui vapauttamalla isometrinen jännitys: (ks. kuva); siis samalla tavalla kuin esim. pikajuoksun lähdössä, jossa valmiit-asento on isometrinen. Valmiit-komennolla koehenkilö painaa kytkinalustan pohjaan (noin 1 kg:n voima). Ärsyksen (starttipistoolin "klikk") kuulumisen jälkeen vapautetaan jännitys alustalta niin nopeasti kuin mahdollista. Sähkökello rekisteröi liikereaktioajan 1/100 sekunnin tarkkuudella.

Mittauskohtia oli kaikkiaan seitsämän, joista kaksi ennen saunaa, kolme saunan aikana ja kaksi saunan jälkeen. Kussakin mittauskohdassa rekisteröitiin neljä reaktioaikaa, joiden keskiarvo otettiin huomioon.

Ennen saunaa	{	I	5. - 6.min.
		II	1. - 2. "
Saunassa	{	III	1. - 2. "
		IV	4. - 5. "
		V	9. - 10. "

Saunan jälk. { VI 1. - 2. min.
VII 5. - 6. "



Kussakin mittauskohdassa käytettiin edeltäkäsän määrättyjä aikavälejä esikomennon (valmiit) ja ärsyksen ("klikk") välillä:

	1.	2.	3.	4.
I	1.5 sek.	3.0 sek.	2.0 sek.	2.5 sek.
II	3.0 "	1.5 "	2.0 "	2.5 "
III	2.0 "	3.0 "	2.5 "	1.5 "
IV	1.5 "	2.5 "	3.0 "	2.0 "
V	1.5 "	3.0 "	2.0 "	2.5 "
VI	3.0 "	1.5 "	2.0 "	2.5 "
VII	2.0 "	3.0 "	2.5 "	1.5 "

Mittausjärjestys oli koehenkilöillä erilainen. Esim. kh. aloitti sarjalla I, jatkoi sen jälkeen sarjalla II jne. Kh. B taas alkoi sarjalla II ja sai seuraavassa mittauskohdassa sarjan III jne. Tällä tavoin saatiin kullekin mittauskohdalle yhtä paljon kutakin ärsykesarjaa. Kokeen johtaja katsoi aikavälin aina sekuntikellosta, jolloin mahdollisesti esiintyvä "inhimillinen tekijä" vain vähentänee oppimismahdollisuutta. Koehenkilöt istuivat sekä saunassa että saunan ulkopuolella täsmälleen samantlaisessa asemossa. Kukin koehenkilö totuttautui ennen tutkimuksen alkua kahdella koesarjalla mittauksen teknilliseen suoritukseen.

Tutkimuksessa käytetyn liikereaktioaikamittariston reliabiliteetti mitattiin usealla tavalla. Käytettäessä nilkan dorsifleksio liikettä käden isometrisen jännityksen vapauttamisen asemesta (Luhtanen, Mäkikallio 1966) saatiin splithalf kertoimiksi .91 (pojat) ja .92 (tytöt). Uusintatestaus antoi stabiliteettikertoimeksi kuitenkin vain .74 (pojat) ja .53 (tytöt). Stabiliteettikertoimen alhaisuus rajoittaa uusintatestauksen käyttömahdollisuutta ja luotettavuutta. Tutkimuksen II ryhmällä (n 22), joka suoritti samat mittaukset kuin koeryhmäkin, mutta ilman hypertermia-altistusta, olivat split-half kertoimet eri mittausajankohtien välillä seuraavat:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
II	.915					
III	.906	.836				
IV	.911	.930	.915			
V	.925	.874	.856	.878		
VI	.956	.914	.915	.894	.920	
VII	.938	.921	.876	.933	.917	.908

Näitä kertoimia voidaan pitää varsin hyvinä, samoinkuin koeryhmän kahden ensimmäisen mittaussarjan (ennen hypertermia-altistusta) välistä reliabiliteettikerrointa .974. Lisäksi II ryhmän tulokset eivät muuttuneet eri ajankohtina merkittävästi toisistaan, joten ryhmässä ei esiintynyt ainakaan väsymyksestä aiheutuvaa liikereaktioaikojen huononemista. Samoin ei myöskään oppimista tapahtunut.

4. Tulosten käsittely

Varsinaisten syke- ja ruokatorvilämpömittausten aineisto käsiteltiin graafisesti. Liikereaktiomittausten yhteydessä saatu aineisto lävistettiin reikänauhalle ja tietokonekäsittelynä laskettiin interkorrelaatiot koeryhmän ja vertailuryhmän sisällä. Lisäksi laskettiin variaabelien keskiarvojen erojen merkitsevyydet

eri mittausajankohtien välillä t- testiä käyttäen.

IV Tulokset

Tutkimuksen tulokset näkyvät taulukosta 1, 2, 3 ja 4 sekä kuvista 1, 2, 3, 4 ja 5 sekä korrelaatiomatriisista (liite II).

1. Syke ja ruokatorven lämpötila

Sykkeeseen kiihtyminen 10 minuutin hypertermia-altistuksen aikana on epätasaisempaa kuin ruokatorven lämpötilan lisääntyminen (kuvat 1, 2, ja 3). Aluksi voidaan sykkeeseen muuttumisessa havaita jyrkempi kiihtymisvaihe aina neljänteen minuuttiin saakka. Sen jälkeen on lisääntyminen hitaampaa. Kokonaislisäys sykkeessä hypertermia-altistuksen aikana oli 43 lyöntiä minuutissa lepoarvon ollessa 67 ja huippuarvon sauna-altistuksen lopussa 110 lyöntiä minuutissa. Lisäys on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t = 13.24$, $P < 0,1 \%$).

Ruokatorven lämpötila kohoaa suoraviivaisesti kahden minuutin hypertermia-altistuksen jälkeen. Aluksi tapahtuu kuitenkin jyrkkä lasku alle "lepotason", jonka jälkeen lämpötila kohoaa noin 0.12°C minuutissa. Ruokatorven lämpötila oli keskimäärin 37.06°C ($\pm 0.30^{\circ}\text{C}$) ennen hypertermia-altistusta ja altistuksen lopussa 37.00°C ($\pm 0.48^{\circ}\text{C}$). Lisäys on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t = 12.0$, $P < 0.1 \%$). Puolen minuutin kuluttua sauna-altistuksen alusta mitattu ruokatorven lämpötila on erittäin merkitsevästi alhaisempi kuin lämpötila ennen saunaa ($t = 6.78$, $P < 0.1 \%$).

Kuusi minuuttia hypertermia-altistuksen jälkeen on syke palautunut lepotasolle. Eroa ennen saunaa mitattuun arvoon on keskimäärin vain 0.2 lyöntiä minuutissa. Ruokatorven lämpötila on palautunut sykettä hitaammin. Kun kuusi minuuttia oli kulunut

hypertermia-altistuksen päättymisestä oli ruokatorvilämpötila vielä 0.2°C lepoarvoa ja 0.5°C saunassa mitattua alhaisinta keskimääräistä ruokatorvilämpötilaa (puoli minuuttia hypertermia- altistuksen alkamisesta) korkeampi. Dehydraation määrä oli ruokatorvilämpötiloja mitattaessa keskimäärin 250 g (N=22) ja liike- reaktioaikamittauksissa $300 \text{ g} \pm 100$ (N=28).

Liikereaktioaikamittausten yhteydessä saatiin sykkeen muutoksiksi eri mittausajankohtien välillä seuraavat merkitsevyydet:

	Keskiarvojen ero		t	vap.aste	P < %
Syke ₁ - Syke ₂	68	- 95 = 27	16.7	27	0.1
Syke ₁ - Syke ₃	68	- 114 = 46	21.5	27	0.1
Syke ₁ - Syke ₄	68	- 87 = 19	10.7	27	0.1
Syke ₂ - Syke ₃	95	- 114 = 19	15.3	27	0.1
Syke ₂ - Syke ₄	95	- 87 = - 8	4.4	27	0.1
Syke ₃ - Syke ₄	114	- 87 = -27	15.2	27	0.1

2. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittava liike- reaktioaika

Ennen hypertermia-altistusta suoritetuista mittauksista on 1-2 minuutin ajankohta valittu vertailupisteeksi. I ja II-mittausten välinen korrelaatiokerroin on .974, josta saadaan reliabiliteettikertoimeksi (split-half) .978. Korrelaatiot eri mittausajankohtien välillä ovat matriisin (Liite II) mukaan hypertermia- altist sryhmällä seuraavat:

	I	II	III	IV	V	VI
II	+.974					
III	+.541	+.531				
IV	+.592	+.603	+.837			
V	+.538	+.550	+.857	+.839		
VI	+.462	+.471	+.665	+.566	+.627	
VII	+.400	+.418	+.636	+.475	+.497	+.722

II- ryhmällä ovat vastaavat korrelaatiot seuraavat:

	I	II	III	IV	V	VI
II	+.843					
III	+.829	+.719				
IV	+.837	+.870	+.842			
V	+.861	+.776	+.749	+.783		
VI	+.914	+.842	+.845	+.808	+.851	
VII	+.884	+.854	+.780	+.874	+.846	+.832

Korrelaatiokertoimet yleensä pienenevät saunaryhmällä mittausajankohdasta toiseen. Vertailuryhmällä ei esiinny suurempia muutoksia korrelaatiokertoimien suhteen eri mittausajankohtien välillä.

Liikereaktioajan muutos hypertermia-altistuksessa ja altistuksen jälkeen.

<u>Mittausajankohdat</u>	<u>Keskiarvojen ero</u>	<u>t</u>	<u>vap.aste</u>	<u>p < %</u>
I - II	140 - 143 = <u>3 ms</u>	1.3	27	-
II - III	143 - 144 = <u>1 ms</u>	0.3	27	-
II - IV	143 - 142 = <u>-1 ms</u>	0	27	-
II - V	143 - 137 = <u>-6 ms</u>	1.0	27	-
II - VI	143 - 124 = <u>-19 ms</u>	2.9	27	1
II - VII	143 - 128 = <u>-15 ms</u>	2.0	27	-
III - VI	144 - 124 = <u>-20 ms</u>	4.2	27	0.1
III - VII	144 - 128 = <u>-16 ms</u>	2.6	27	5
IV - VI	142 - 124 = <u>-18 ms</u>	3.4	27	1
IV - VII	142 - 128 = <u>-14 ms</u>	2.2	27	5

Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittava liikereaktioaika on parantunut merkittävästi 1-2 minuuttia hypertermia-altistuksen jälkeen. Hypertermia-altistuksen aikana ei merkittäviä muutoksia tapahtunut, vaikka keskiarvotuloksissa havaitaan-kin pientä liikereaktionopeuden lisääntymistä (kuva 4). Jos otamme kultakin koehenkilöltä lyhimmän ajan saunan jälkeisestä kahdesta reaktiomittauksesta ja vertaamme sitä sauna edeltävään arvoon (II), niin se on keskimäärin merkitsevästi II mittauksista lyhempi (t = 3.8, P < 0.1 %).

II-ryhmällä ei ole tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia liikereaktioajoissa (ks. taulukko n:o 3 ja kuva 5).

Korrelaatiometriisin (liite II) mukaan korreloi välittömästi hypertermia-altistuksen jälkeen mitattu liikereaktioaika (LRA VI variaabeli 18) negatiivisesti ja merkitsevästi seuraaviin variaabeleihin:

			$P < \%$
- 9	(Syke-ero I - IV)	-.527	0.1
- 6	(Syke 3 min saunan jälkeen)	-.460	0.1
- 5	(Syke saunassa 8 min.kohdalla)	-.394	0.5

Edelleen korreloi variaabeli 17 (LRA saunassa 9-10 minuutin kohdalla) negatiivisesti ja merkitsevästi variaabeleihin 4, 5, 6 ja 9:

- 4	(Syke saunassa 3 min.)	-.418	0.5
- 5	(Syke saunassa 8 min.)	-.415	0.5
- 6	(Syke 3 min.saunan jälkeen)	-.432	0.5
- 9	(Syke-ero I - IV)	-.438	0.5

Sauna-altistuksen lopussa ja välittömästi saunan jälkeen mitatut liikereaktioajat ovat sitä lyhyemmät, mitä suurempi on saunaa edeltävän ja saunan jälkeisen (3 min.) sykkeen ero. Em. liikereaktioajat ovat edelleen sitä lyhyemmät, mitä korkeampi on syke hypertermia-altistuksen loppupuolella (8 min.) ja altistuksen jälkeen (3 min.). Hypertermia-altistuksen lopussa mitattu liikereaktioaika on myös sitä lyhyempi, mitä korkeampi on syke kolmen minuutin kuluttua altistuksen alkamisesta.

V Diskussio

Sykkeeseen keskimääräinen kohoaminen 110 lyöntiin 10 minuutin sauna-altistuksen aikana on hieman suurempi, kuin mitä Piironen ja Äikäs (1959, kuva 6) mittasivat, mutta vahvistaa kuitenkin yleistä käsitystä (Hasan, Karvonen, Piironen 1965), että syke kohoaa saunassa yli 100 lyöntiin minuutissa. Tulosten mukaan sykkeen lisäys on varsin yksilöllistä.

Aikaisemmista tutkimuksista poiketen (OTT 1948, Hasan ja Niemi 1954) syke palautui saunaa edeltävälle tasolle jo kuuden minuutin kuluessa sauna-altistuksen päättymisestä. Syynä ilmiöön saattaa olla koehenkilöiden hyvä fyysinen kunto ja tottuneisuus saunomiseen.

Ruokatorven lämpötilassa tapahtunut jyrkkä lasku heti saunaan astumisen jälkeen on varsin mielenkiintoinen ilmiö, eikä sitä ole havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa. Ilmeisenä syynä tapahtumaan voitaisiin pitää sitä, että koehenkilöt lähtiessään istuvasta asennosta saunaan aiheuttivat aktiivisella lihastyöllä verivirtauksen lisääntymisen periferiasta kehon sisäosiin. Lähellä ihoa oleva veri on aina kylmempää kuin sentraalinen veri, koska iho kylmentää verta (Gerand 1941). Lihakseen lypsyvaikutus ("milking action") on lepotilassa huomattavasti vähäisempää kuin lihastyön aikana. Kylmemmän veren siirtyminen periferiasta kehon sisäosiin aiheuttaa siten ilmeisesti myös ruokatorven lämpötilan alenemisen. Kuitenkin hypertermia-altistuksen voimakkuudesta johtuen tällainen ilmiö kestää vain lyhyen aikaa. Ruokatorvilämpötilan lisääntyminen (1.2°C 10 minuutissa) on huomattavasti suurempi kuin mitä aikaisemmin on vastaavissa olosuhteissa mitattu esim. peräsuolesta (Hasan ja Niemi 1954). Tämä on aivan luonnollista,

koska lämpötasapaino peräsuolella kehittyi varsin hitaasti. Jos tutkimuksessa saatu lämpötilan lisäys lasketaan saunaa edeltävästä tasosta ottamatta huomioon hypertermia-altistuksen alussa tapahtunutta laskua, niin se lisääntyi keskimäärin noin 1.0°C 10 minuutissa. Lisäys on täsmälleen sitä suuruusluokkaa, jonka Piironen (1965) oli tutkimuksiinsa nojautuen arvellut tässä tutkimuksessa käytetyn hypertermia-altistuksen kohottavan ruokatorven lämpötilaa. Ruokatorvilämpötilan palautuminen saunaa edeltävälle tasolle kestää varsin kauan ja vahvistanee Piironen (1963) havaintoa, että elinlämpötila palautuu normaalitasolle noin puolen tunnin kuluessa sauna-altistuksesta.

Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittava liike-reaktioaika ei parantunut merkittävästi kuumuus-altistuksen aikana, mutta heti altistuksen päätyttyä se oli merkittävästi pienempi kuin saunaa edeltävä liikereaktioaika.

Samaan tulokseen päästiin myös esitutkimuksissa. Osittain tutkimuksen tulos vahvistaa myös Dullin (1941) havaintoa, että ulkoisen lämpötilan kohotessa reaktioaika lyhenee. On mielenkiintoista havaita, että liikereaktioaika on vasta sauna-altistuksen jälkeen merkittävästi lyhyempi kuin ennen saunaa. Kehon lämpösisältö on sykkeen ja ruokatorven lämpötilan mukaan minuutin kuluttua kuumuus-altistuksen päättymisestä vielä suurempi kuin ennen saunaa. Liikereaktioajan pysyminen samana koko kuumuusaltistuksen ajan voi johtua siitä, että altistus oli liian voimakas. Tavallista korkeampi saunan lämpötila on saattanut vaikuttaa siihen, että koehenkilöt eivät pystyneet saunaolosuhteissa täysin keskittymään liikereaktioaikamittaukseen. Lisäksi saunassa syntynyt voimakas hikoilu tuntui useista koehenkilöistä kiusalliselta. Toisaalta liikereaktioajan lyhynemiseen vasta saunan jälkeen

saattaa kohonneen lämpösisällön lisäksi vaikuttaa myöskin se, että useimmat koehenkilöt tunsivat subjektiivisen rentouden ja hyvän olon tunteen saunaympäristöstä poistuttaessa. He uskoivat keskittymiskyvyn olevan hyvän välittömästi kuumuusaltistuksen jälkeen.

Korrelatiivinen tarkastelu liikereaktioajan sekä ruokatorven lämpötilan ja sykkeen välillä kuumuusaltistuksen lopussa ja välittömästi altistuksen jälkeen osoittaa, että liikereaktioaika on tutkimuksessa sitä lyhyempi mitä suurempi on kehon lämpösisällö.

VI Yhteenveto

Tutkittiin 10 minuuttia kestävän voimakkaan kuumuusaltistuksen (90°C dry bulb/ 37.5°C wet bulb) vaikutusta miesten sykkeeseen, ruokatorven lämpötilaan sekä käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavaan liikereaktioaikaan. Tutkimuksen tulokset olivat seuraavat:

- 1) Tutkimuksessa käytetyn kuumuusaltistuksen johdosta oli syke altistuksen lopussa keskimäärin 110 - 115 lyöntiä minuutissa ja erittäin merkittävästi korkeampi kuin ennen kuumuusaltistusta ($N = 28$). Syke palautui nopeasti altistuksen jälkeen altistusta edeltävälle tasolle ($N = 7$).
- 2) Siirryttäessä istuvasta asennosta noin viiden metrin päässä olevaan saunaan tapahtui kuumuusaltistuksen alussa ruokatorven lämpötilassa laskua (keskimäärin 0.2°C), joka oli tilastollisesti erittäin merkittävä. Tämän jälkeen ruokatorven lämpötila liisääntyi suoraviivaisesti koko altistuksen ajan keskimäärin 0.12°C minuutissa ($N = 7$).
- 3) Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittava liikereaktioaika lyheni merkittävästi kuumuusaltistuksen seurauksena ($N = 28$).

LIITE I Kuvat ja taulukot

Taulukko n:o 1 Koehenkilöiden painon ja sykkeen muuttuminen 10 minuutin kuumuus-
altistuksen (sauna 90°C dry bulb/37.5°C wet bulb) vaikutuksesta.

K.H.	PAINO kg			SYKE lyöntiä/min			
	Ennen altistusta	Altistuksen jälkeen	Muutos	Ennen (I) altistusta	Altistus 3 min.(II)	Altistus 8 min.(III)	Altistuksen jälkeen 3 min.(IV)
1.	61.6	61.4	.200	72	90	100	82
2.	62.8	62.4	.400	81	104	126	108
3.	65.2	64.9	.300	70	94	120	100
4.	67.45	67.25	.200	77	102	122	92
5.	63.4	63.	.400	68	85	104	86
6.	63.	62.5	.500	60	90	118	95
7.	78.	77.6	.400	68	105	116	96
8.	75.85	75.75	.100	56	94	113	90
9.	71.65	71.45	.200	66	103	130	100
10.	67.5	67.3	.200	90	122	145	116
11.	71.4	71.2	.200	60	80	100	70
12.	76.	75.65	.350	60	80	115	72
13.	80.2	80.	.200	74	94	117	82
14.	69.7	69.4	.300	60	110	134	74
15.	72.7	72.3	.400	64	90	105	77
16.	73.5	73.15	.350	56	80	105	74
17.	69.2	69.	.200	72	100	115	88
18.	75.1	74.65	.450	63	92	100	71
19.	79.65	79.2	.450	80	108	124	100
20.	72.2	71.7	.500	90	112	124	112
21.	68.7	68.4	.300	51	86	116	84
22.	71.	70.75	.250	70	94	104	74
23.	68.75	68.5	.250	62	70	88	73
24.	69.8	69.55	.250	56	84	100	62
25.	78.75	78.45	.300	72	92	104	84
26.	70.3	69.9	.400	90	104	128	108
27.	71.75	71.40	.350	75	104	116	88
28.	69.7	69.4	.300	54	80	100	75
Keskiarvo	70.9	70.6	.300	68	95	113	86
Keskihajonta	5.0	5.0	.100	11	12	13	8

Taulukko n:o 2 Eri koehenkilöiden käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan lii-
kereaktioajan (ms) muuttuminen 10 minuutin hypertermian (sauna 90°C dry bulb/
37.5°C wet bulb) vaikutuksesta.

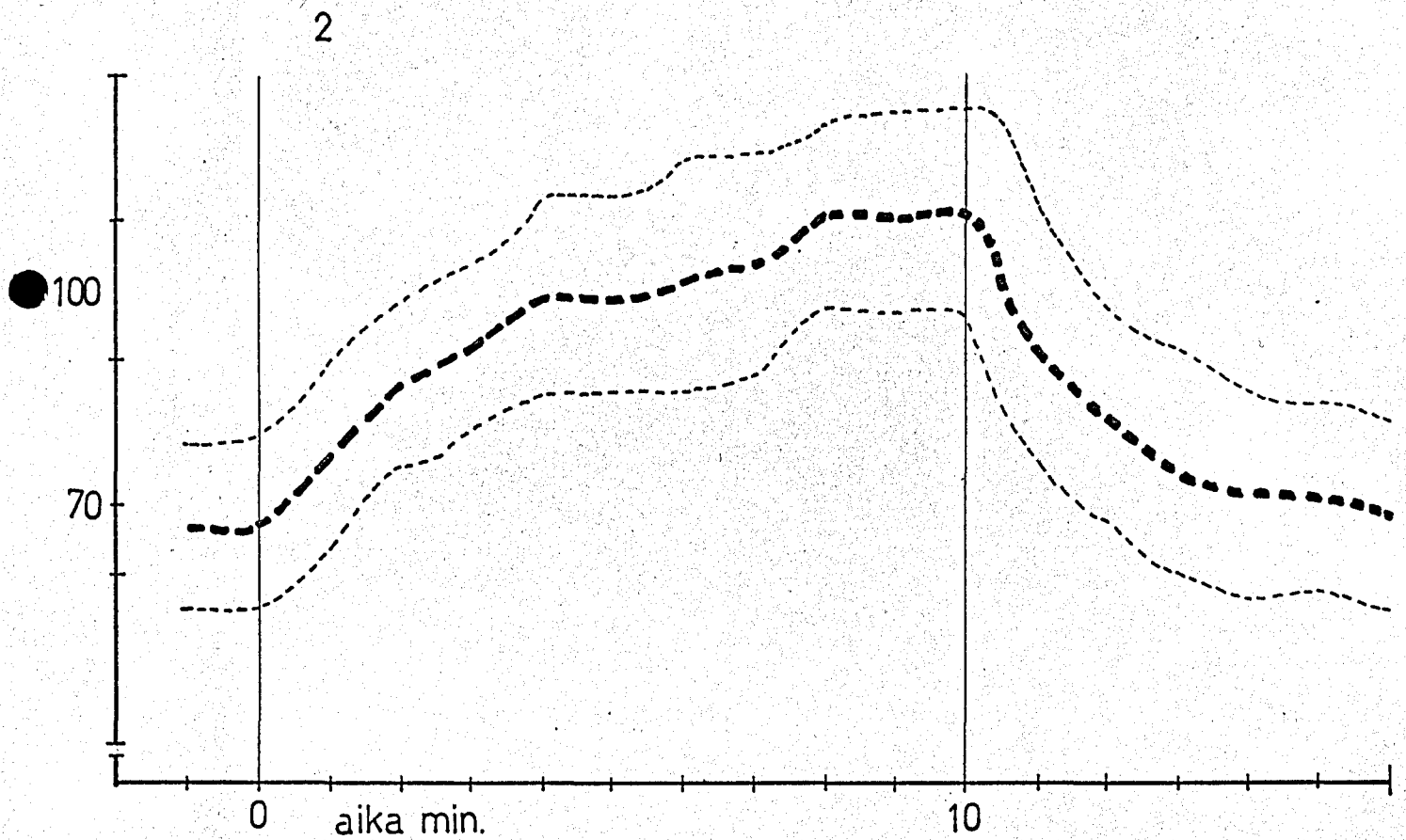
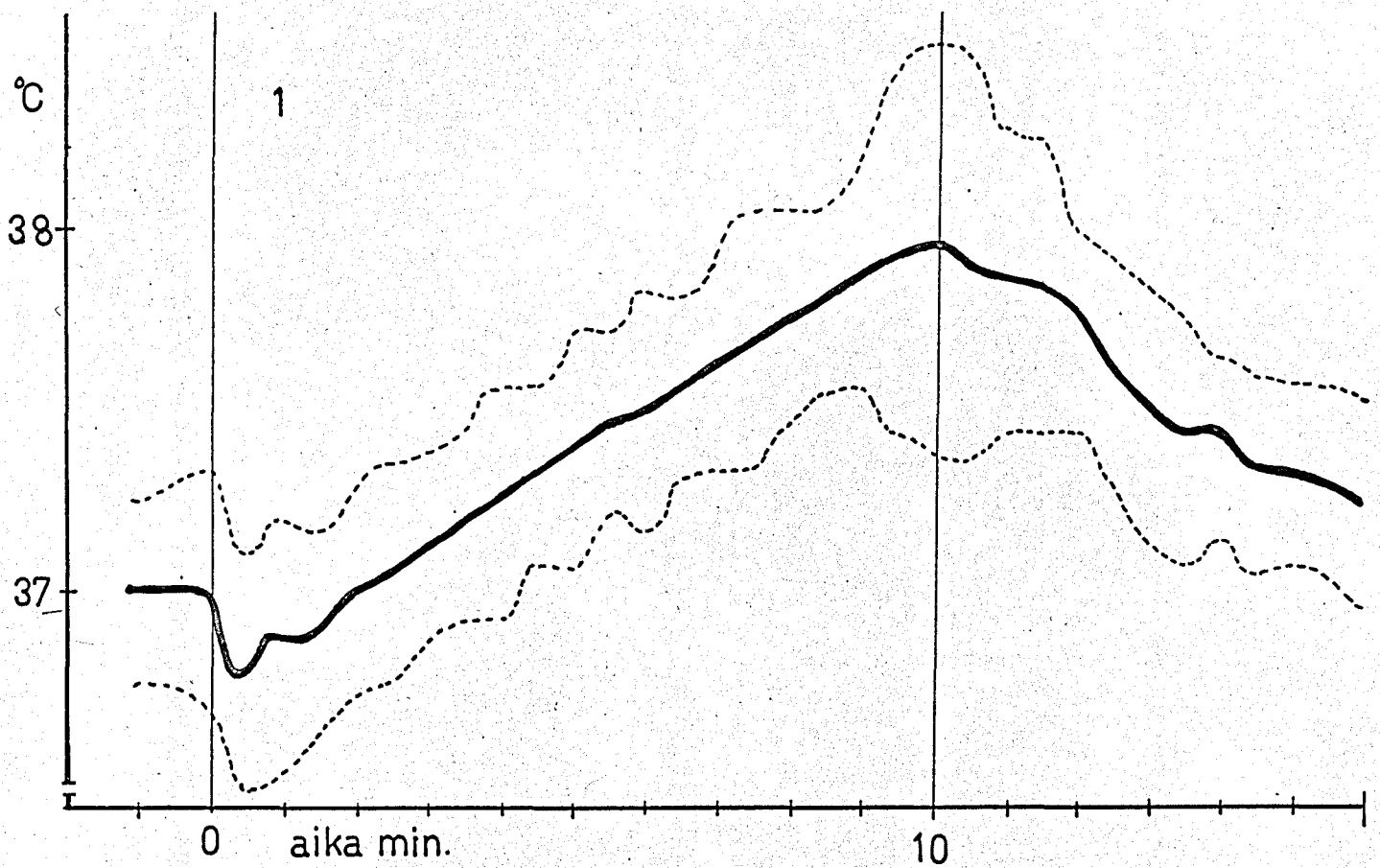
K.H.	Ennen altistusta		Hypertermia-altistus					Altistuksen jälk.		Muutos						
	5-6min.	1-2 min.	1-2min.	4-5min.	9-10min.	1-2min.	5-6 min.	I-II	II-III	II-IV	II-V	II-VI	II-VII	V-VI	V-VII	V-VII
1.	184	183	184	176	180	159	161	-1	+1	-7	-3	-4	-22	-21	-19	2
2.	154	154	165	160	148	149	144	11	11	-6	-6	-5	-10	1	-4	-5
3.	164	153	186	168	173	160	186	-11	33	13	20	7	33	-7	13	16
4.	78	94	108	140	131	89	71	16	14	47	37	-5	-23	-42	-60	-18
5.	109	109	139	138	120	114	94		30	29	11	5	-15	-6	-26	-20
6.	205	200	126	131	105	100	168	-5	-74	-69	-95	-100	-32	-5	63	68
7.	95	98	88	103	75	88	108	3	-10	5	-23	-10	+10	13	33	20
8.	133	133	146	134	125	86	105		13	1	-8	-47	-28	-39	-20	19
9.	91	105	99	85	76	84	124	14	-6	-20	-29	-21	19	8	48	40
10.	130	133	134	139	124	94	96	3	1	6	-9	-39	-37	-30	-28	2
11.	161	166	194	200	179	183	186	5	28	34	13	17	20	4	7	3
12.	134	130	181	169	148	163	165	-4	51	39	18	33	35	25	17	2
13.	120	130	139	141	161	129	179	10	9	11	31	-1	49	-32	18	50
14.	103	108	173	156	115	126	129	5	65	48	7	18	21	11	14	3
15.	163	161	161	155	169	165	159	-2		-6	8	4	-2	-4	-10	-6
16.	144	156	176	149	175	105	138	12	20	-7	19	-51	-18	-70	-37	33
17.	163	150	118	125	113	114	89	-8	-32	-25	-37	-36	-61	1	-24	-25
18.	161	181	170	189	176	138	156	20	-11	8	-5	-43	-25	-38	-20	18
19.	118	114	130	124	140	93	83	-4	16	10	26	-21	-31	-47	-57	-10
20.	146	155	149	148	131	126	103	9	-6	-7	-24	-29	-52	-5	-28	-23
21.	153	143	128	141	129	100	115	-10	-15	-2	-14	-43	-28	-29	-14	15
22.	110	120	99	86	98	115	88	20	-21	-14	-22	-5	-32	17	-10	-27
23.	133	134	150	99	128	128	111	1	16	-35	-6	-6	-23		-17	-27
24.	223	233	210	203	215	180	141	10	-23	-20	-18	-53	-92	-35	-74	-39
25.	89	83	131	140	149	119	143	-6	48	57	66	+36	60	-30	-6	24
26.	134	125	134	124	119	90	80	-9	9	-1	-6	-35	-45	-29	-39	-10
27.	126	136	100	94	98	172	166	10	-36	-42	-38	36	30	74	68	-6
28.	203	208	128	170	131	110	118	5	-80	-38	-77	-98	-90	-21	-13	8
Keski- arvo	140	142	144	142	137	124	129	2.5	1.9	-0.2	-5.8	-16.8	-13.8	-12.6	-8	4.5
Keski- hajon- ta	11.25	11.06	9.94	9.75	10.34	9.65	10.75	2.66	10.2	9.33	10.15	10.56	11.75	8.65	10.50	7.69

Taulukko n:o 3. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan liikereaktioajan vaihtelu II ryhmällä ilman kuumuusaltistusta. x)

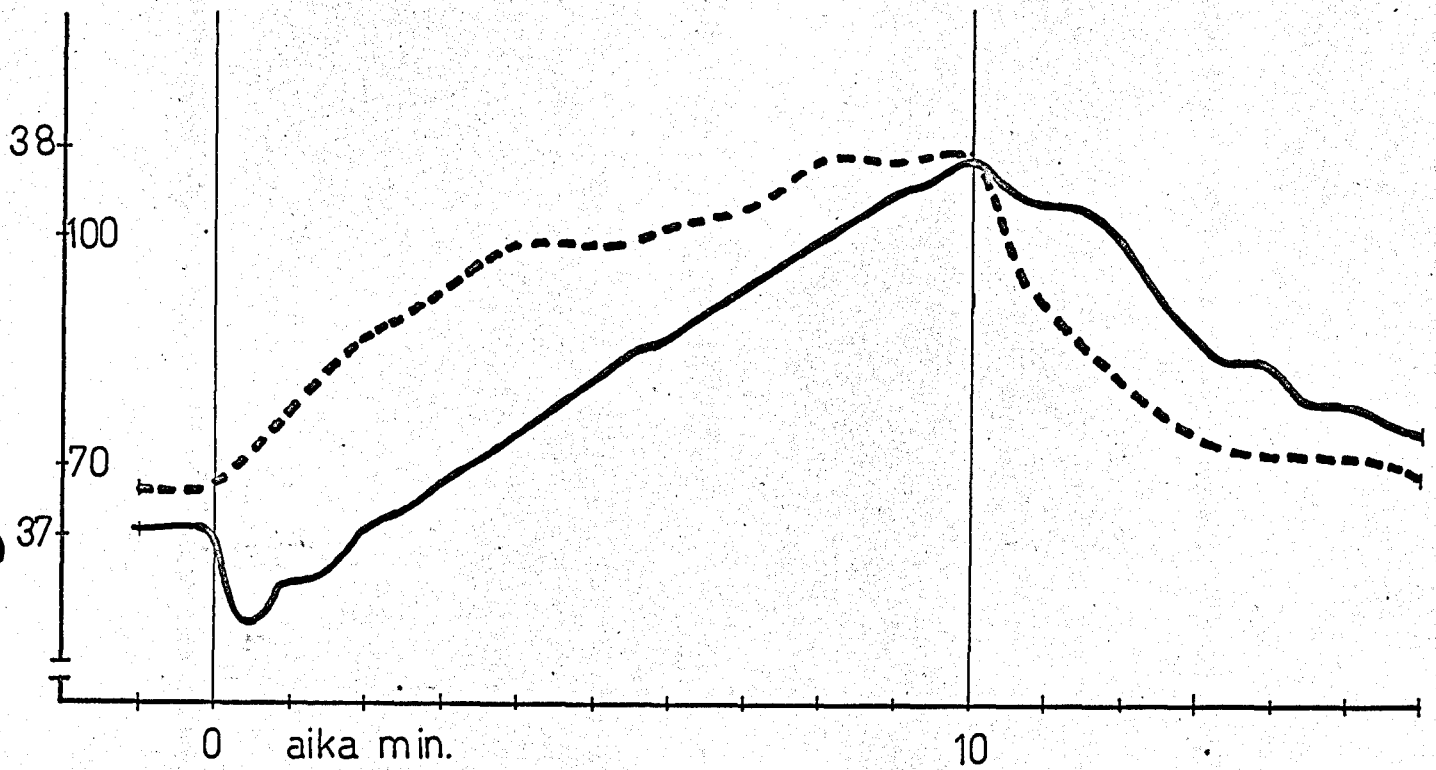
K.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII
E.M.	153	158	173	162	186	165	155
M.S.	119	123	116	120	131	123	120
E.K.	153	130	158	141	158	159	159
J.T.	159	154	141	161	178	153	153
J.A.	149	149	153	150	138	140	148
P.J.	161	164	164	161	182	168	175
H.K.	144	139	171	151	131	156	135
T.N.	161	149	148	143	156	149	149
S.T.	104	119	121	135	99	108	130
I.T.	173	166	165	174	164	160	173
P.K.	149	148	145	156	145	153	146
R.V.	116	140	116	115	115	131	128
T.N.	141	134	153	144	144	134	144
H.K.	170	168	173	178	169	166	165
K.K.	180	181	176	181	178	184	171
P.I.	160	180	158	178	165	158	170
P.P.	143	143	146	156	153	146	149
S.T.	171	178	190	188	188	165	171
T.F.	164	175	165	171	169	164	165
O.U.	150	156	159	173	168	158	161
M.P.	151	153	164	159	153	155	150
R.S.	146	146	143	143	145	149	146
Keskiarvo	151	151	154	156	155	151	153
Keskihajonta	18	17	19	19	22	16	15

x) Mittausten välit samat kuin hypertermiaryhmällä

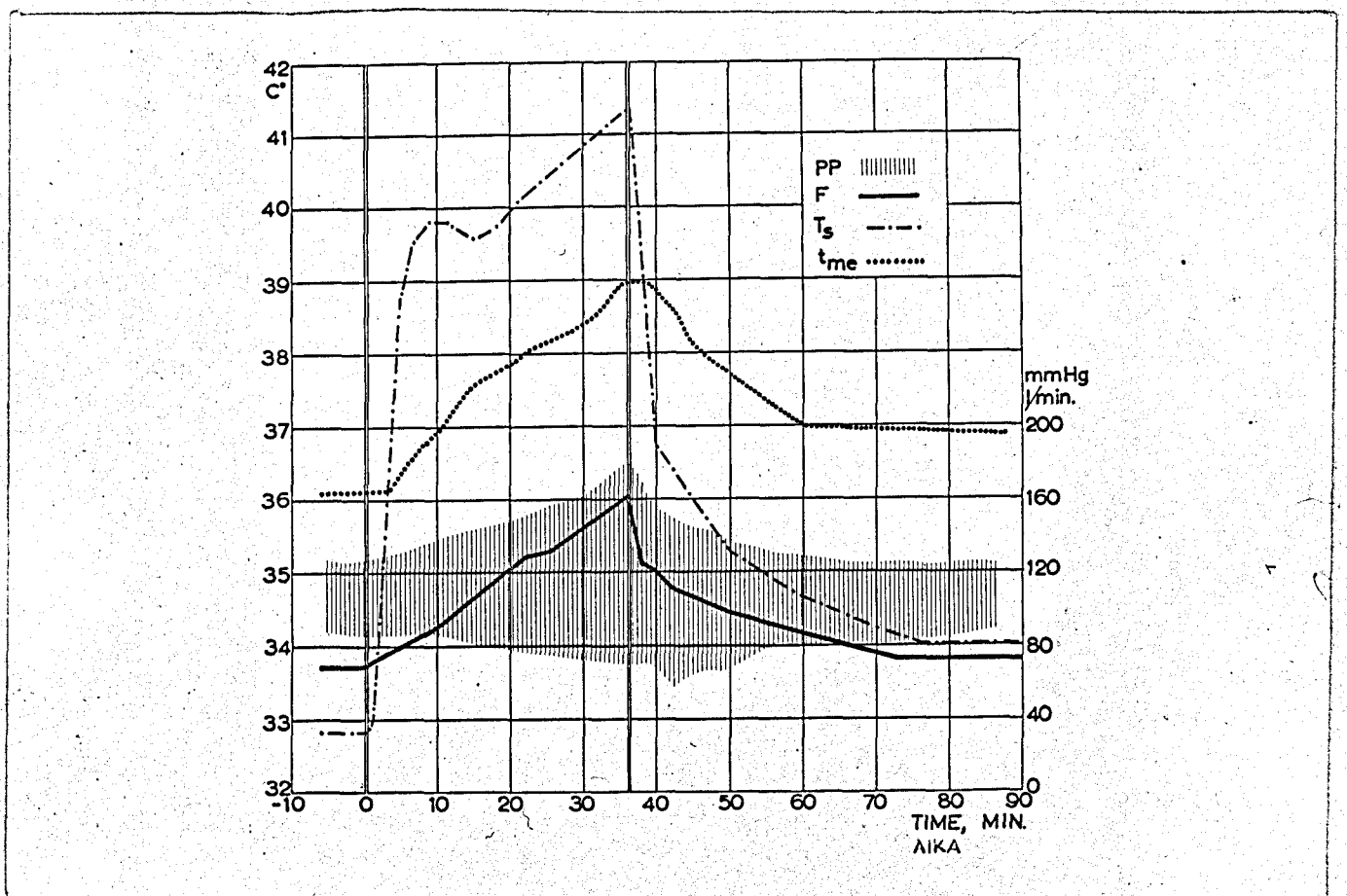
LIITE I Kuvat ja taulukot



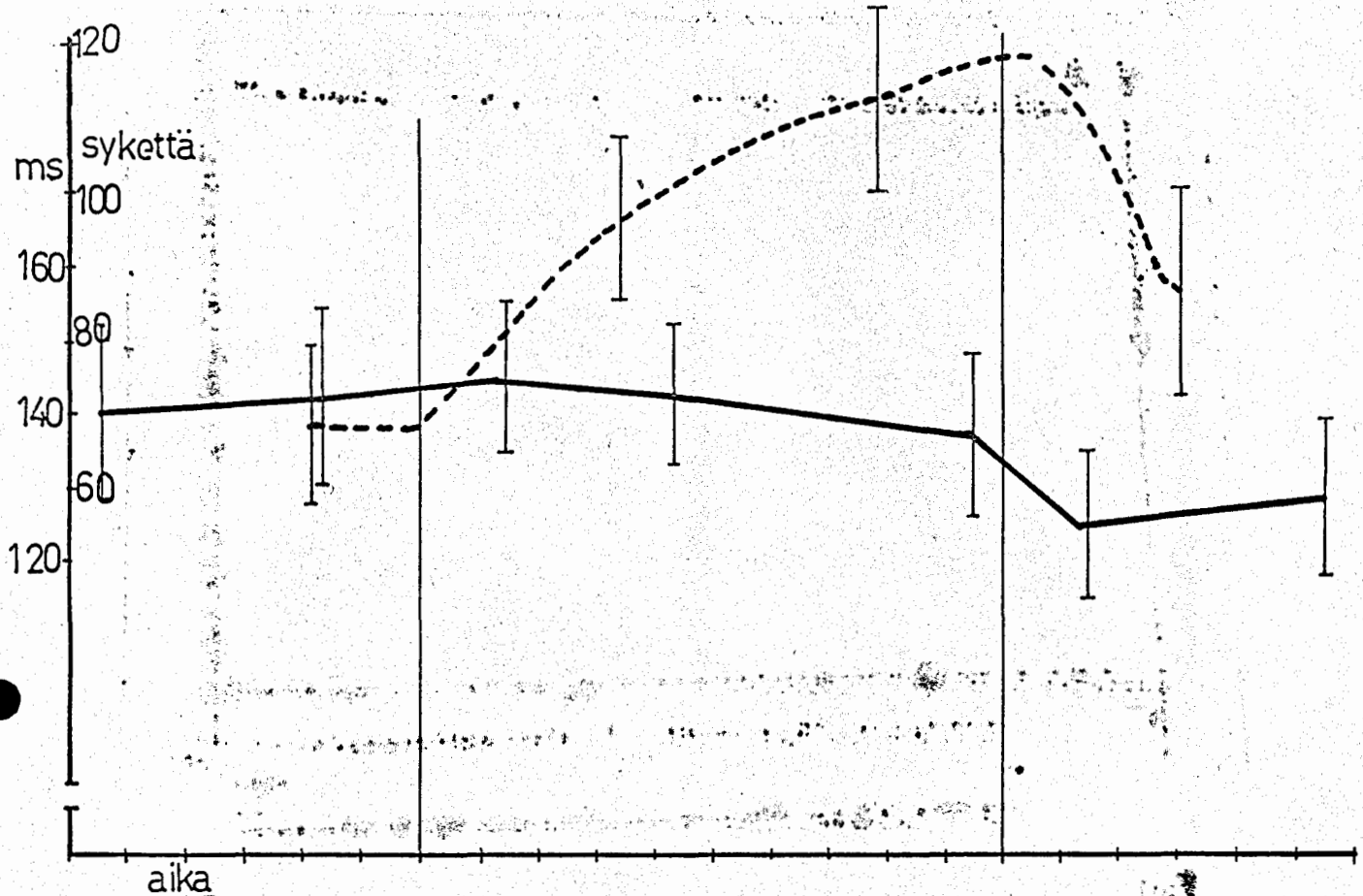
Kuvat 1 ja 2 Ruokatorven lämpötilan(1) ja sykkeen(2) muuttuminen 10 minuutin hypertermia-altistuksen(sauna 90°C dry bulb/37,5°C wet bulb) vaikutuksesta.



Kuva 3. Kuvat 1 ja 2 yhdistettyinä — lämpötila
 - - - - - syke

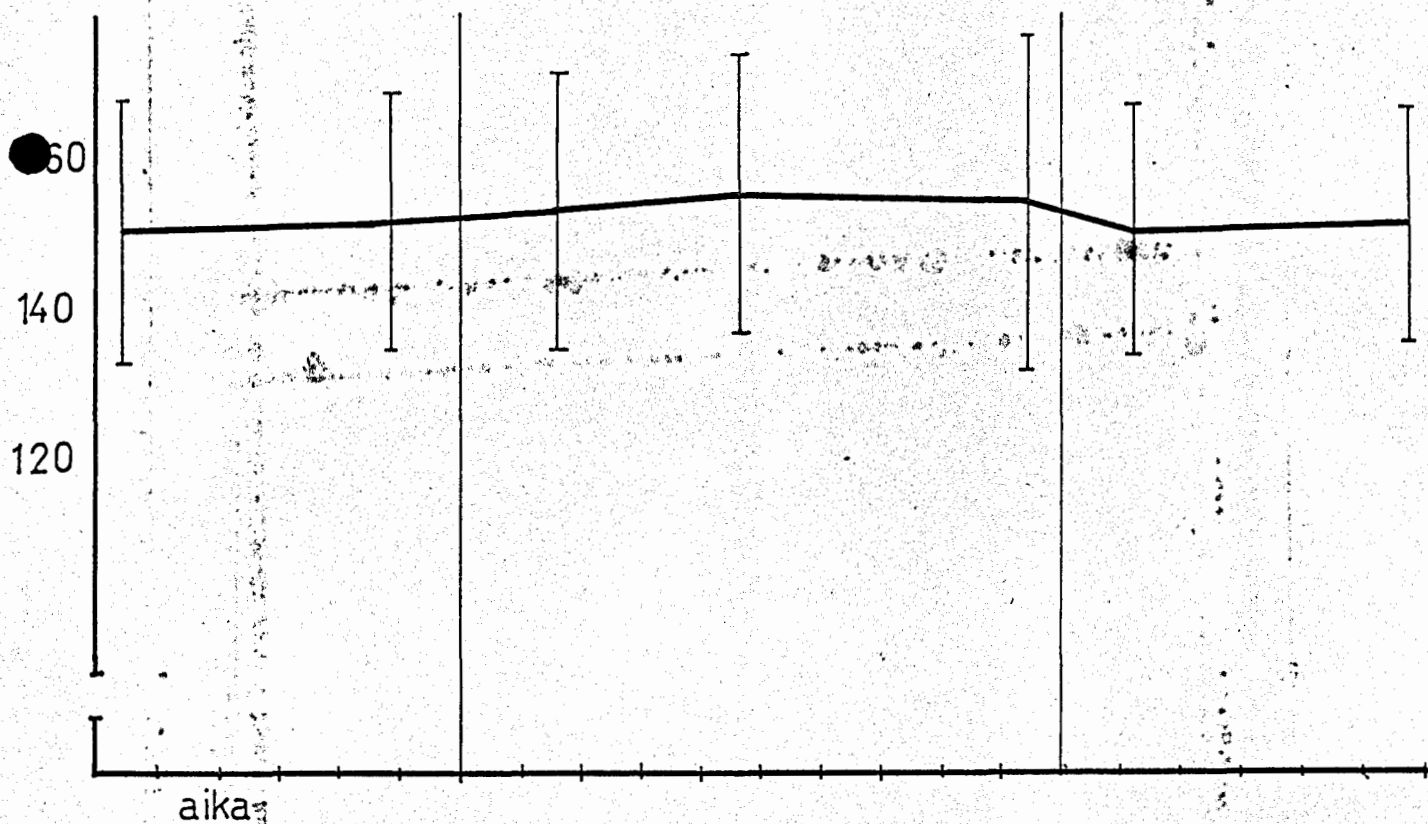


Kuva 6. Verenpaineen (PP), sykkeen (F), iholämpötilan (T_s) ja ruokatorven lämpötilan (t_{me}) muuttuminen Pirosen ja Äikkään (1959) saunatutkimuksessa.



Kuva 4. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan liikereaktioajan ja sykkeen muuttuminen 10 minuutin hypertermia-altistuksen (sauna 90°C dry bulb/37.5°C wet bulb) vaikutuksesta. N=28.

— liikereaktioaika
 - - - syke

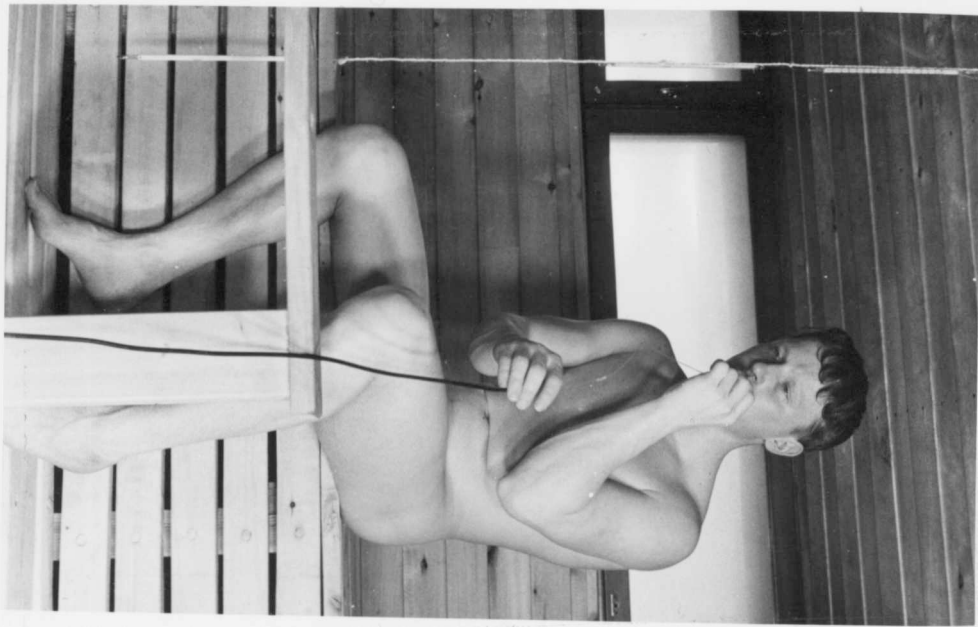


Kuva 5. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan liikereaktioajan muuttuminen kontrolliryhmällä. N = 22.

Kuva 7.



Kuva 8.



Kuva 9.



Taulukko n:o 1 Koehenkilöiden painon ja sykkeen muuttuminen 10 minuutin kuumuus-
altistuksen (sauna 90°C dry bulb/37.5°C wet bulb) vaikutuksesta.

K.H.	PAINO kg			SYKE lyöntiä/min			
	Ennen altistusta	Altistuksen jälkeen	Muutos	Ennen (I) altistusta	Altistus 3 min.(II)	Altistus 8 min.(III)	Altistuksen jäl- keen 3 min.(IV)
1.	61.6	61.4	.200	72	90	100	82
2.	62.8	62.4	.400	81	104	126	108
3.	65.2	64.9	.300	70	94	120	100
4.	67.45	67.25	.200	77	102	122	92
5.	63.4	63.	.400	68	85	104	86
6.	63.	62.5	.500	60	90	118	95
7.	78.	77.6	.400	68	105	116	96
8.	75.85	75.75	.100	56	94	113	90
9.	71.65	71.45	.200	66	103	130	100
10.	67.5	67.3	.200	90	122	145	116
11.	71.4	71.2	.200	60	80	100	70
12.	76.	75.65	.350	60	80	115	72
13.	80.2	80.	.200	74	94	117	82
14.	69.7	69.4	.300	60	110	134	74
15.	72.7	72.3	.400	64	90	105	77
16.	73.5	73.15	.350	56	80	105	74
17.	69.2	69.	.200	72	100	115	88
18.	75.1	74.65	.450	63	92	100	71
19.	79.65	79.2	.450	80	108	124	100
20.	72.2	71.7	.500	90	112	124	112
21.	68.7	68.4	.300	51	86	116	84
22.	71.	70.75	.250	70	94	104	74
23.	68.75	68.5	.250	62	70	88	73
24.	69.8	69.55	.250	56	84	100	62
25.	78.75	78.45	.300	72	92	104	84
26.	70.3	69.9	.400	90	104	128	108
27.	71.75	71.40	.350	75	104	116	88
28.	69.7	69.4	.300	54	80	100	75
Keskiarvo	70.9	70.6	.300	68	95	113	86
Keskihajonta	5.0	5.0	.100	11	12	13	8

Taulukko n:o 2 Eri koehenkilöiden käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan lii-
kereaktioajan (ms) muuttuminen 10 minuutin hypertermian (sauna 90°C dry bulb/
37.5°C wet bulb) vaikutuksesta.

K.H.	Ennen altistusta		Hypertermia-altistus			Altistuksen jälk.		Muutos								
	5-6min.	1-2 min.	1-2min.	4-5min.	9-10min.	1-2min.	5-6 min.	I-II	II-III	II-IV	II-V	II-VI	II-VII	V-VI	V-VII	V-VII
1.	184	183	184	176	180	159	161	-1	+1	-7	-3	-4	-22	-21	-19	2
2.	154	154	165	160	148	149	144	11	11	-6	-6	-5	-10	1	-4	-5
3.	164	153	186	168	173	160	186	-11	33	13	20	7	33	-7	13	16
4.	78	94	108	140	131	89	71	16	14	47	37	-5	-23	-42	-60	-18
5.	109	109	139	138	120	114	94		30	29	11	5	-15	-6	-26	-20
6.	205	200	126	131	105	100	168	-5	-74	-69	-95	-100	-32	-5	63	68
7.	95	98	88	103	75	88	108	3	-10	5	-23	-10	+10	13	33	20
8.	133	133	146	134	125	86	105		13	1	-8	-47	-28	-39	-20	19
9.	91	105	99	85	76	84	124	14	-6	-20	-29	-21	19	8	48	40
10.	130	133	134	139	124	94	96	3	1	6	-9	-39	-37	-30	-28	2
11.	161	166	194	200	179	183	186	5	28	34	13	17	20	4	7	3
12.	134	130	181	169	148	163	165	-4	51	39	18	33	35	25	17	2
13.	120	130	139	141	161	129	179	10	9	11	31	-1	49	-32	18	50
14.	103	108	173	156	115	126	129	5	65	48	7	18	21	11	14	3
15.	163	161	161	155	169	165	159	-2		-6	8	4	-2	-4	-10	-6
16.	144	156	176	149	175	105	138	12	20	-7	19	-51	-18	-70	-37	33
17.	163	150	118	125	113	114	89	-8	-32	-25	-37	-36	-61	1	-24	-25
18.	161	181	170	189	176	138	156	20	-11	8	-5	-43	-25	-38	-20	18
19.	118	114	130	124	140	93	83	-4	16	10	26	-21	-31	-47	-57	-10
20.	146	155	149	148	131	126	103	9	-6	-7	-24	-29	-52	-5	-28	-23
21.	153	143	128	141	129	100	115	-10	-15	-2	-14	-43	-28	-29	-14	15
22.	110	120	99	86	98	115	88	20	-21	-14	-22	-5	-32	17	-10	-27
23.	133	134	150	99	128	128	111	1	16	-35	-6	-6	-23		-17	-27
24.	223	233	210	203	215	180	141	10	-23	-20	-18	-53	-92	-35	-74	-39
25.	89	83	131	140	149	119	143	-6	48	57	66	+36	60	-30	-6	24
26.	134	125	134	124	119	90	80	-9	9	-1	-6	-35	-45	-29	-39	-10
27.	126	136	100	94	98	172	166	10	-36	-42	-38	36	30	74	68	-6
28.	203	208	128	170	131	110	118	5	-80	-38	-77	-98	-90	-21	-13	8
Keski- arvo	140	142	144	142	137	124	129	2.5	1.9	-0.2	-5.8	-16.8	-13.8	-12.6	-8	4.5
Keski- hajon- ta	11.25	11.06	9.94	9.75	10.34	9.65	10.75	2.66	10.2	9.33	10.15	10.56	11.75	8.65	10.50	7.69

Taulukko n:o 3. Käden isometrisen jännityksen vapauttamiseen tarvittavan liikereaktioajan vaihtelu II ryhmällä ilman kuumuusalitistusta. x)

K.H.	I	II	III	IV	V	VI	VII
E.M.	153	158	173	162	186	165	155
M.S.	119	123	116	120	131	123	120
E.K.	153	130	158	141	158	159	159
J.T.	159	154	141	161	178	153	153
J.A.	149	149	153	150	138	140	148
P.J.	161	164	164	161	182	168	175
H.K.	144	139	171	151	131	156	135
T.N.	161	149	148	143	156	149	149
S.T.	104	119	121	135	99	108	130
I.T.	173	166	165	174	164	160	173
P.K.	149	148	145	156	145	153	146
R.V.	116	140	116	115	115	131	128
T.N.	141	134	153	144	144	134	144
H.K.	170	168	173	178	169	166	165
K.K.	180	181	176	181	178	184	171
P.I.	160	180	158	178	165	158	170
P.P.	143	143	146	156	153	146	149
S.T.	171	178	190	188	188	165	171
T.F.	164	175	165	171	169	164	165
O.U.	150	156	159	173	168	158	161
M.P.	151	153	164	159	153	155	150
R.S.	146	146	143	143	145	149	146
Keskiarvo	151	151	154	156	155	151	153
Keskihajonta	18	17	19	19	22	16	15

x) Mittausten välit samat kuin hypertermiaryhmällä

Taulukko n:o 4. Ruokatorven lämpötilan ja sykkeen muuttuminen kuumuusaltistuksen (10 min. 90°C dry bulb/37.5°C wet bulb) vaikutuksesta

Koe- henkilö	Ennen altistusta (min.)	Kuumuusaltistus (min)															
		2	0.5	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
H.B.	°C	36.5	36.5	36.10	36.2	36.4	36.5	36.5	36.55	36.65	36.70	36.75	36.80	36.90	36.95	36.95	37.10
	Syke	55	55		74		81		82		97		87		88		104
E.S.	°C	36.80	36.80	36.65	36.90	36.90	37.20	37.20	37.30	37.30	37.40	37.40	37.60	37.50	37.50	37.60	37.70
	Syke	78	78		81		84		90		96		97		103		109
P.H.	°C	36.85	36.90	36.70	36.75	36.75	36.85	36.90	37.00	37.05	37.10	37.15	37.20	37.30	37.30	37.40	37.40
	Syke	57	57		60		72		75		76		81		78		85
H.T.	°C	37.20	37.20	37.00	37.00	37.00	37.05	37.05	37.10	37.20	37.30	37.40	37.45	37.55	37.60	37.65	37.70
	Syke	66	60		62		82		90		88		90		94		94
R.N.	°C	37.50	37.50	37.10	37.20	37.20	37.30	37.40	37.50	37.60	37.65	37.70	37.80	37.90	37.90	38.00	38.10
	Syke	85	83		96		103		105		108		110		110		116
V.E.	°C	37.20	37.30	37.00	37.00	37.05	37.10	37.15	37.20	37.25	37.30	37.40	37.45	37.50	37.55	37.60	37.65
	Syke	63	63		68		80		95		98		90		96		94
R.R.	°C	37.15	37.20	37.00	37.05	37.05	37.10	37.15	37.25	37.30	37.40	37.55	37.60	37.70	37.80	37.85	37.90
	Syke	62	72		96		106		110		126		127		135		133
Keskiarvo	°C	37.03	37.06	36.79	36.87	36.90	37.01	37.06	37.14	37.19	37.26	37.34	37.41	37.48	37.52	37.58	37.64
	Syke	66.9	66.9		76.7		86.9		92.4		98.4		97.4		100.6		105.0
Keskihajonta	°C	0.25	0.33	0.31	0.35	0.27	0.29	0.31	0.26	0.25	0.31	0.25	0.34	0.23	0.33	0.26	0.30
	Syke	10.2	11.8		13.8		11.7		11.3		14.0		14.7		17.0		15.0

Altistuksen jälkeen (min)

7.5	8	8.5	9	9.5	10	0.5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
37.05	37.10 102	37.10	37.20 100	37.20	37.20 100	37.10	37.05 75	37.10	37.10 72	37.20	37.10 61	37.15	37.10 65	37.05	37.00 66	37.05	37.05 60
37.75	37.85 115	37.85	37.95 122	38.00	38.10 121	37.00	36.90 98	37.10	37.00 88	37.10	37.00 90	36.80	37.20 86	36.90	37.00 80	36.90	36.80 77
37.45	37.50 92	37.55	37.65 85	37.70	37.75 92	37.75	37.75 65	37.73	37.65 59	37.55	37.50 61	37.45	37.40 60	37.30	37.30 57	37.30	37.30 55
37.75	37.80 97	37.90	37.95 99	38.00	38.05 101	38.10	38.05 73	37.95	37.85 56	37.80	37.70 56	37.60	37.55 50	37.50	37.50 52	37.50	37.45 54
38.20	38.20 120	38.30	38.35 120	38.40	38.50 122	38.40	38.35 115	38.20	38.20 112	38.00	38.00 106	37.80	37.80 103	37.70	37.70 88	37.65	37.60 87
37.70	37.80 98	37.85	37.90 98	37.95	38.00 100	38.05	38.10 100	38.05	37.95 82	37.75	37.65 75	37.55	37.50 71	37.40	37.35 64	37.30	37.25 55
38.00	38.05 142	38.15	38.20 142	38.25	38.30 135	38.30	38.50 115	38.30	38.20 103	38.15	38.00 93	37.90	37.75 91	37.65	37.60 86	37.50	37.45 82
37.70	37.76 109.4	37.81	37.89 109.4	39.93	37.99 110.1	37.81	37.79 91.6	37.78	37.71 81.7	37.65	37.56 77.4	37.46	37.47 75.1	37.36	37.35 70.6	37.31	37.27 67.1
0.35	0.35 13.7	0.26	0.32 13.7	0.40	0.48 14.7	0.54	0.60 19.0	0.42	0.47 19,6	0.36	0.40 17.8	0.38	0.30 17.4	0.30	0.26 13.2	0.28	0.31 13.3

1. Adolph, E.F., and associates: Physiology of Man in the Desert. New York: Interscience, 1947.
2. Ahlman, K.L. and Karvonen, M.J.: Weight reduction by sweating in wrestlers, and its effect on physical fitness. J. Sport. Med.Phys.Fitness 1, 58-62,1961.
3. Asmussen, E.and O. Boje: Body temperature and capacity for work. Acta Physiologica Scandinavica, 10, 1-23,1945.
4. Attwell, V.O., Elbel, E.: Reaction time of male high school students in 14 - 17 year age groups. Research Quarterly Vol.32, October 1948.
5. Aviado, D.M., Jr. and Schmidt, C.F.: Reflexes from stretch receptors in blood vessels, heart and lungs. Physiol. Rev. 35, 247-300,1955.
6. Bainbridge, F.A.: The influence of venous filling upon rate of the heart. J. Physiol. 50, 65-84,1915.
7. Bärtels, K.W.: Zur physikalischen Grundlage und praktischen Anwendung des Saunabades. Balneologie 11, 20-23,1944
8. Bezinger, T.H.: On physical heat regulation and the sense of temperature in man. Proc. Nat'l.Acad.Sci. 45. 645-659,1959
9. Brobeck, J.R.: "Metabolism and nutrition" in Fulton, J.F.: A textbook of Physiology. Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1955, 17th edition.
10. Burton, A.C. 1935: The average temperature of the tissues of the body. J. Nutr., 9, 261.
11. Burton, A.C., Edholm, O.G.: Man in a cold enviroment. Edw. Arnold Ltd., London 1955.
12. Buskirk, E.R., Bass, D.: Climate and Exercise. In Johnson,W.R. (ed.): "Science and Medicine of Exercise and Sports". New York: Harper & Brothers Publishers, 1960.
13. Büttner, K.: Die Wärmeübertragung durch Leitung und Konvektion, Verdunstung und Strahlung in Bioklimatologie und Meteorologie. Veröffentlichungen des Preussischen Meteorologischen Instituts. Abhandlungen 10, no 5, Berlin 1934.
14. Carlile, F.: Effects of preliminary passive warming on swimming performance, Research Quarterly, 27: 143-152,1956

15. Clifford, J., Kerslake, D.Mck., and Waddell, J.L. 1959. The effect of wind speed on maximum evaporative capacity in man. *J. Physiol. (Lond.)*, 147, 253.
16. Davis: Set and muscular tension. Indiana University Publications, Science Series, Vol. 10, 1940.
17. Devrient, W.: "Sauna das Bad der Bäder". Berlin: Marcus and E. Weber Verlag, 1950.
18. Dorland, W.A.N, The American Illustrated Medical Dictionary. W.B. Saunders Company, Philadelphia and London 1951.
19. Dull, B.: Die Reaktionszeit des Menschen auf Sinnesreize and ihre Eignung als Testreaktion auf Einflüsse der atmosphärischen Umwelt. *Wetter und Gesundheit (I)* 1941.
20. Gad, J., Heymans, J.F.: Kurzes Lehrbuch der Physiologie der Menschen. Berlin: Verlag von Friedrich Wreden. 1892.
21. Grose, J.E.: Depression of muscle fatigue curves by heat and cold. *Research Quarterly* 29: 19-31, 1958.
22. Guyton, A.C., Textbook of Medical Physiology, third edition, illustrated. W.B.Saunders Company, Philadelphia and London 1966
23. Hardy, J.D.: Heat Transfer. In Newburgh, L.H. (ed.): "Physiology of Heat Regulation and The Science of Clothing". Philadelphia: W.B. Saunders, 1949, pp. 78-108.
24. Hasan, J, Karvonen, M.J., Piironen, P.: Physiological Effects of Extreme Heat as studied in the Finnish "sauna" bath. Institute of Occupational Health, Helsinki 1965.
25. Hasan, J ja Niemi, M.: Metabolic responses of human subjects to severe acute thermal stress. *Acta physiol. scand.* 31. 137 - 146, 1954 a.
26. Hasan, J., Niemi, M.: *Julkaisemattomia havaintoja* 1954.
27. Hedman, R.: The available glycogen in man and the connection between rate of oxygen intake and carbohydrate usage. *Acta Physiol. Scand.* 40: 305-321, 1957.
28. Heymans, C.: Survival and revival of nervous tissues after arrest of circulation. *Physiol.Rev.* 30, 375-392, 1950.
29. Hipple, J.E.: Racial differences in the influence of motivation on muscular tension, reaction time and speed of movement. *Res. quart.*, 25, October 1954.
30. Hodgkins, J.: Reaction time and speed of movement. *Res. Quart.* 34: Oct. 1954.

31. Karvinen, E., Huoneilmaston Fysiologiset Vaatimukset. Työterveys-
uutiset n:o 1/1966.
Työterveyslaitos Helsinki 1966
Suomen Teollisuuslääketieteellinen Yhdistys
Teollisuusterveyssisaret
32. Karpovich, Peter, V.: Physiology of Muscular Activity. Philadelphia
and London: W.B.Saunders Company, 1965, sixth edition.
33. Kennedy et al: in "Human Engineering Guide to Equipment Design"
(Morgan et al. ed. s.228. McGraw-Hill 1963.
34. Komi, P.: Julkaisemattomia havaintoja 1965.
35. Lehmann, G.: Praktische Arbeitsphysiologie. Georg Thieme Verlag.
Stuttgart 1962.
36. Lehto, A., Riekkinen, M-T.: Eriasteisen passiivisen lämmittelyn
vaikutus reaktioaikoihin. Julkaisematon liikuntafysiologian cum
laude erikoistyö. Jyväskylän Korkeakoulu 1966.
37. Leithead, C.S., Disorders Due to Heat, Heat Stress and Heat
Disorders (Leithead and Lind). Cassell, London 1964
38. Leonard: In "Human Engineering Guide to Equipment Design" (Morgan
et al. ed.)" s. 232. MacGraw-Hill 1963.
39. Lind, A.R., The Assesment, Management and Control of Heat Stress.
Leithead and Lind, Heat Stress and Heat Disorders, Cassell, London
1964.
40. Lotter, W.S.: Research Quarterly, May 1960 ss. 147-155.)
41. Luhtanen, P., Mäkikallio, R.: Vartalon yläosan ja käsien isomet-
risen jännityksen vaikutus nilkan dorsifleksioreaktioaikaan sekä
mittausten reliabiliteetin määrääminen. Julkaisematon liikuntafy-
siologian cum laude -erikoistyö. Jyväskylän Korkeakoulu 1966.
42. Lundgren, R.: Tutkimuksia suomalaisesta saunasta. Diss.Kouvola:
Kouvolan Kirja- ja Kivipaino Oy, 1933.
43. Lundgren, R.: "Om bastubadet som badform och dess inverkan på
människans rektaltemperatur." Kouvola: Kouvolan Kirja- ja Kivi-
paino Oy, 1947.
44. Mathews, D.K., Stacy, R.W., Hoover, G.N.: Physiology of muscular
activity and exercise. New York: The Ronald Press Company, 1965.
45. Miettinen, M. and Karvinen, E.: Effect of sauna bath on physical
performance. J. Sport. Med. Phys. Fitness 3,225-228, 1963.

46. Morgan, C.T., Cook, J.S. III, A. Chapanis, M. Lund: Human time lags. In "Human Engineering Guide to Equipment Design." MacGraw-Hill 1963.
47. Muido, L.: The influence of body temperature on performances in swimming. Acta Physiologica Scandinavica, 12: 102-109, 1946.
48. Nakamura, H.: An experimental study of reaction time of the start in running a race. Res. Quart. 5:33, Mar.sup.
49. Nelson, N., Eichna, L.W., Horvath, S.M., Shelley, W.B., and Hatch, T.F. 1947. Thermal exchanges of man at high temperatures. Amer. J. Physiol., 151, 626.
50. Nielsen, M.: Die Regulation der Körpertemperatur bei Muskelarbeit. Scand. Arch. Physiol., 1938, 79, 193.
51. Nöcker, J.: Physiologie der Leibesübungen für Sportlehrer, Trainer, Sportstudenten und Sportärzte. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1964.
52. Ott, V.R.: "Die Sauna - Ihre Gesichte - Die Grundlagen ihrer Wirkung - Ihre Anwendung zur Peophylaxie und Therapie - Mit einem Anhang: Bau und Betrieb der Sauna." Basel: Benno Schwabe & Co, 1948.
53. Piironen, P., Julkaisemattomia havaintoja 1963.
54. Piironen, P., Julkaisemattomia havaintoja 1964.
55. Piironen, P. ja Äikäs, E.: Sauna-Seuran tutkimuslaboratorio. Sauna 4/1959 ja I/1960.
56. Prokop, L.: Die Kreislaufbelastung in der Sauna. Sportmedizin 4, 67-70, 1953.
57. Ranson, S.W.: Regulation of body temperature. Res. Pub.Assoc. Nerv. and Ment. Dis. 20, 342-399, 1940.
58. Rasch, P.J., Burke, R.K.: Kinesiology and Applied Anatomy, Philadelphia: Lea & Febirg, 1965, 2nd edition.
59. Reiter, R.: Umwelteinflüsse auf die Reaktionszeit des gesunden Menschen, Münch. Mediz. Wochenschrift 96, 154, ss. 479, 526-527.
60. Robinson, S.: Physiological adjustments to heat. in "Physiology of heat regulation and the science of clothing" (ed. L.H. Newburgh), ss. 193 - 231. Philadelphia: Saunders, 1949.
61. Ronge, H.E., Det Termiska Klimatet. Friberg & Ronge, Hygien. Svenska Bokförlaget Stockholm 1964.

62. Rusko, H., Tervo, R.: Pikajuoksun lähtöajan kehittäminen satunnaislähetyksen avulla. Julkaisematon liikuntafysiologian cum laude erikoistyö. Jyväskylän Korkeakoulu. 1966.
63. Saltin, B.: Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. J. Appl. Physiol. 19: 1125-1132, 1964. a.
64. Saltin, B.: Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. J. Appl. Physiol. 19: 1114-1118, 1964 b.
65. Smith, L.E.: Reaction time and movement time in four large muscle movements. Res. Quart. 32: 88-92, 1961.
66. Smith, L.E.: Effect of muscular stretch, Tension and relaxation upon reaction time and speed of movement of a supported limb. Res. Quart. 35: 546-553, 1964.
67. Teichner, W.H.: Recent studies of single reaction time. Psychol. Bull. 51:128, 1954.
68. Teichner, W.H.: Reaction time in the cold. J. Appl. Psychol. 42, 54, 1958.
69. Walker, Hayden: The optimum time for holding a sprinter between the set and the stimulus. Res. Quart. May 1933 ss. 124-130.
70. Wells, G., The effect of external temperature changes on blood pressure, physical efficiency, respiration, and body temperature, Part I, Research Quarterly 1932 Dec. 3:103. Part II, Research Quarterly 1933 Mar. 4:162.
71. Venho, V.: Untersuchungen und Beobachtungen an Säuglingen in der finnischen Sauna. Sauna-Archiv 1, 77-82, 1958.
72. Venho, V.: Tutkimuksia ja havaintoja imeväisistä lapsista suomalaisessa saunassa. Kansainväliset Saunapäivät Helsingissä 8.-10.8.1958, ss. 47-61. Helsinki: Sauna-Seura 1959.
73. Wenzel, H.G.: Die Wirkung des Klimas auf den arbeitenden Menschen. Kirjassa "Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin (Baader, E.E. ed.), I Band: Arbeitsphysiologie". Berlin, München, Wien: Urban & Schwarzenberg 1961.
74. Winslow, C-E.A., Herrington, L.P.: "Temperature and Human Life". Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1949.
75. Winslow, C-E.A., Herrington, L.P., Gagge, A.P.: Physiological reactions of the human body to various atmospheric humidities. Amer. J. Physiol. 120, 288-299, 1937.

76. Woodworth, R.S., Schlosberg, H.: Experimental Psychology, ss. 228-239. Henry Holt & Co. 1954.
77. Wright, Verna: Factors influencing diurnal variation of strength grip. Research Quarterly, 30: 110, 1959.
78. Åstrand, P-O, Värmeregleringen. Handbok i Ergonomi (redaktion Luthman, Åberg, Lundgren). Almqvist & Wiksell Stockholm 1966.
79. Åstrand, P-O., Hallbäck, I., Hedman, R., Saltin, B.: Blood lactates after prolonged severe exercise. J. Appl. Physiol. 18: 619-622, 1963.