

sekä askelten kontaktiajat varsinkin ponnistuksessa ovat lyhyitä.

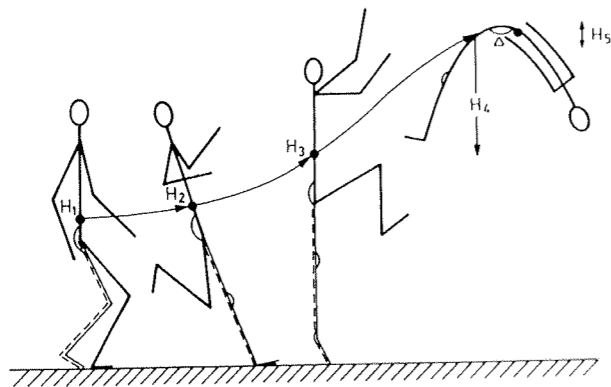
III 3. Kehon painopisteen (KPP) kulku korkeushypyssä

Kehon painopiste on piste, johon voidaan kuvitella koko kehon massan keskittyvän. Perusennossa seisottaessa KPP sijaitsee noin navan korkeudella keskellä kehoa. Jalkoja ja käsiä siirtämällä KPP:n sijaintia voidaan muuttaa, voimakkaassa siltakaarissa tai ns. linkkarissa KPP voi sijaita jopa kehon ulkopuolella (vrt. esim. hevosenkenkä).

Korkeushypyn vauhdin alkuosassa kehon painopiste liikkuu suoraan eteenpäin tehden ainoastaan juoksun tahdissa pientä ylösalas liikkettä. Flopin vauhdin loppuosassa kaarrejuoksussa KPP laskee kallistuksen mukaan useita senttejä, ks. kpl II 4.1. taulukko 6. s. 41.

Kehon painopisteen oikeaoppinen liikerata on erityisen tärkeä korkeushypyn viimeisen askeleen sekä ponnistuksen aikana. Tällöin KPP:n kulkua voidaan käsitellä ns. 5:n H:n periaatteen avulla, joka on sovellettu amerikkalaisen Hayn 3:n H:n periaatteesta. Korkeushyppysuorituksen loppuvaiheessa voidaan katsoa siis olevan viisi kriittistä vaihetta, jolloin kehon painopisteen korkeudella on tärkeä ja rarkaiseva merkitys. Kyseinen 5:n H:n periaate on esitelty kuvassa 24.

5:n H:n periaatteessa H_1 on siis kehon painopisteen korkeus silloin, kun se on alimmillaan toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana. KPP:n tulisi olla alimmillaan tällöin koko hypyn aikana.



Kuva 24. Kehon painopisteen (KPP) kulku korkeushypyssä ns. 5:n H:n periaatteen mukaisesti.

H_1 = KPP:n korkeus 2. viimeisen askelkontaktin aikana (alimmillaan). H_2 = KPP:n korkeus ponnistuksen alussa. H_3 = KPP:n korkeus ponnistuksen irrotessa. H_4 = KPP:n nousukorkeus ilmalennon aikana. H_5 = KPP:n ja riman välinen erotus, KPP riman yli $\rightarrow H_5$ negatiivinen, KPP riman ali $\rightarrow H_5$ positiivinen.

KPP saadaan laskettua alas seuraavien mekanismien avulla: loppuvauhdin kaarekallistus on suurimmillaan toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana; vapaan jalan polvi taipuu reilusti toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana; sekä tehosteet sijaitsevat alhaalla: H_1 :ssä KPP:n korkeus on n. 45 - 50 % hyppääjän pituudesta eli 190 cm pitkällä hyppääjällä 85 - 95 cm. Vapaan jalan polvikulma on hypyn tekniikkavariaatiosta riippuen 100 - 140°.

KPP:n saaminen alas H_1 :ssä ei ole vaikeaa, vaikeampaa sen sijaan on suorittaa hyppy niin, että KPP nousee koko ajan siirryttäessä H_2 :een. H_2 on siis KPP:n korkeus ponnistuskontaktin alussa. KPP saadaan nousemaan H_1 :stä H_2 :een seuraavien mekanismien avulla:

- kaarrejuoksun sivukallistus oikeenee noin 5° (30° - 25°), tällöin KPP nousee 4 cm,
- tehosteiden liikkuminen ylöspäin viimeisen askeleen aikana nostaa KPP:tä 1 - 2 cm
- vapaan jalan aktiivisella työskentelyllä saadaan viimeinen askel lyhyeksi, jolloin askeleen ilmalennon aikana KPP vajoaa vain vähän tai jopa nousee, jos pystysuora nopeus on suurempi kuin 0.

H_2 :ssa KPP:n korkeus vaihtelee tekniikkavariaation mukaan ollen Flop 1:ssä 48 - 53 % hyppääjän pituudesta ja Flop 2:ssa 46 - 50 % hyppääjän pituudesta. Tällöin siis 190 cm pitkällä hyppääjällä KPP:n korkeus on Flop 1:ssä 91 - 101 cm ja Flop 2:ssa 87 - 95 cm. KPP:n korkeuden määräävät ensinnäkin sivu- ja takakallistusten määrä, toisaalta tehosteiden sijainti sekä polven ja lantion kulmat ponnistuksen alussa. Ero KPP:n korkeudessa Flop 1:n ja Flop 2:n välillä selittyy sillä, että Flop 2:ssa takakallistus on suurempi ja tehosteet sijaitsevat alempana kuin Flop 1:ssä.

H_2 :n ja H_3 :n välillä on jälleen tärkeää, että KPP nousee koko ajan, syitä tähän esitetään kappaleessa III 5. KPP:n jatkuvalle nousulle ponnistuksen aikana on edellytyksenä se, että tehosteet nousevat **koko** ajan ja toisaalta se, että ponnistavan jalan lihaksisto on riittävän hyvässä kunnossa. Taka- ja sivukallistusten tulee olla myös riittäviä ponnistuksen alussa.

5:n H:n periaatteessa H_3 on siis kehon painopisteen korkeus ponnistuksen irtoamishetkellä. KPP:n korkeuteen vaikuttavat tällöin ensisijaisesti tehosteiden sijainti ja toisaalta jalkojen suhteellinen pituus koko kehon pituuteen verrattuna. Myös lantion liikkuvuudella on merkitystä H_3 :n suuruudelle. Flop 1:ssä H_3 on 64 - 72 % kehon pituudesta, Flop 2:ssa H_3 on puolestaan 68 - 74 % ja kierähdyksessä samoin 68 - 74 % kehon pituudesta. Flop 2 ja kierähdys ovat siis tässä suhteessa muutaman sentin Flop 1:stä edullisemmassa asemassa. Tämä aiheutuu luonnollisesti siitä, että vapaa jalka ja kädet sijaitsevat korkeammalla kyseisissä tekniikoissa kuin Flop 1:ssä.

5:n H:n periaatteessa H_4 on kehon painopisteen nousukorkeus ilmalennon aikana, joka määräytyy seuraavan kaavan mukaisesti:

$$h = \frac{V_v^2}{2G}, \text{ jossa } V_v = \text{vertikaalinen (pystysuora) lähtönopeus}$$

$G = \text{gravitatio vakio } 9.81 \text{ m/s}^2$

Koska gravitaatiovakio G on vakio on V_v ainoa H :n suuruuteen vaikuttava tekijä. Sitä mitkä tekijät ja miten ne vaikuttavat V_v :hen käsitellään kappaleessa III 5.

H_5 on 5:n H:n periaatteessa KPP:n sijainti rimään nähden rimanylityksen aikana. H_5 on positiivinen, siis suurempi kuin 0 silloin, kun KPP kulkee riman ali (tällöin hyppy on taloudellinen); H_5 on negatiivinen silloin, kun KPP kulkee riman yli. H_5 voi olla positiivinen, siis KPP voi kulkea riman ali, jos rimanylityksen ajoitus on optimaalinen ja hyppääjällä on notkea selkä ja lantio. Kuitenkin jo verratain pieni esimerkiksi pään virheliike voi muuttaa H_5 :n positiivisesta negatiiviseksi heikentäen täten rimanylityksen taloudellisuutta ja koko hypyn menestyksestä suorittamista. Esimerkiksi leuan painaminen rintaan rimanylityksen aikana aiheuttaa vastaliikkeenä lantion laskun ja täten rimanylityksen taloudellisuuden heikkenemisen. Kuvasarjassa 5 kappaleessa II 4.3. on esitetty hyvä ja optimaalinen rimanylitys, jossa kehon painopiste kulki riman ali.

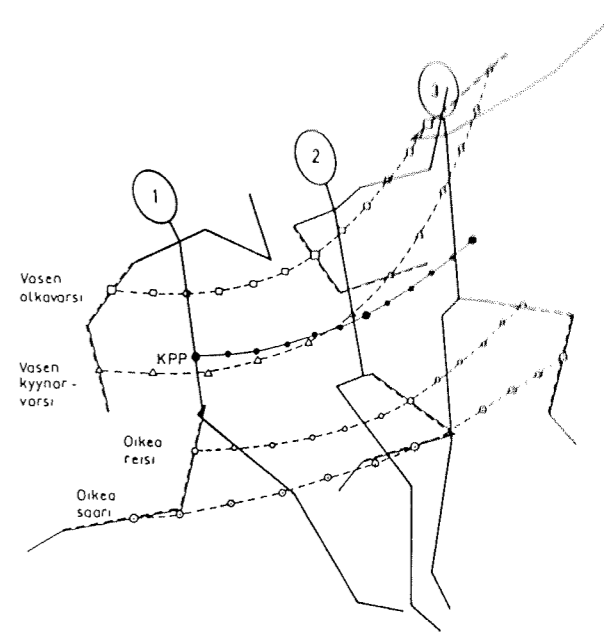
Kertauksena 5:n H:n periaatteesta voidaan sanoa, että KPP on alimmillaan H_1 :ssä toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana. H_1 :stä KPP nousee H_2 :een eli ponnistukseen tuloasentoon, tämä saadaan lähinnä aikaan vapaan jalan erittäin aktiivisella toiminnalla. H_2 :sta H_3 :een (ponnistuksen aikana) KPP:n tulee nousta jatkuvasti; tämä saadaan aikaan tehosteiden määrätietoisella ylösheilautuksella. H_4 :n suuruuden määrää vertikaalinen eli pystysuora lähtönopeus, joka luodaan ponnistuksen aikana. H_5 voi olla positiivinen tai negatiivinen riippuen rimanylityksen taloudellisuudesta.

Kuvassa 25 on esitetty KPP:n kulkurata H_2 :sta H_3 :een. Samalla kuvaan on piirretty tehosteiden (vasen olka- ja kyynärvarsi sekä oikea reisi ja sääri) painopisteiden kulkuradat. Kuvasta 25 voidaan selvästi havaita, että KPP nousee ponnistuksen ajan. "Syynä" tähän on se, että tehosteet ovat nousussa koko ponnistuksen ajan.

Kuvasta 25 voidaan erityisesti havaita se, että KPP nousee 14 cm ponnistuksen alun ja isometrisen vaiheen välillä, vaikka samanaikaisesti polvikulma pienenee (koukistuu) noin 35°. Tämän kyseisen KPP:n nousu aiheuttaa siis pääosin tehosteiden ylösheilautus, mutta toisaalta sekä sivu- että takakallistusten oikeenemisella on myös merkityksensä. Esimerkiksi sivukallistuksen oikeaminen 25°:sta 10°:een nostaa kehon painopistettä noin 8 cm:llä.

III 4. Kontaktivoimat korkeushypyn ponnistuksessa

Korkeushypyn tarkoituksena on hypätä mahdollisimman korkealla olevan riman yli. Tällöin



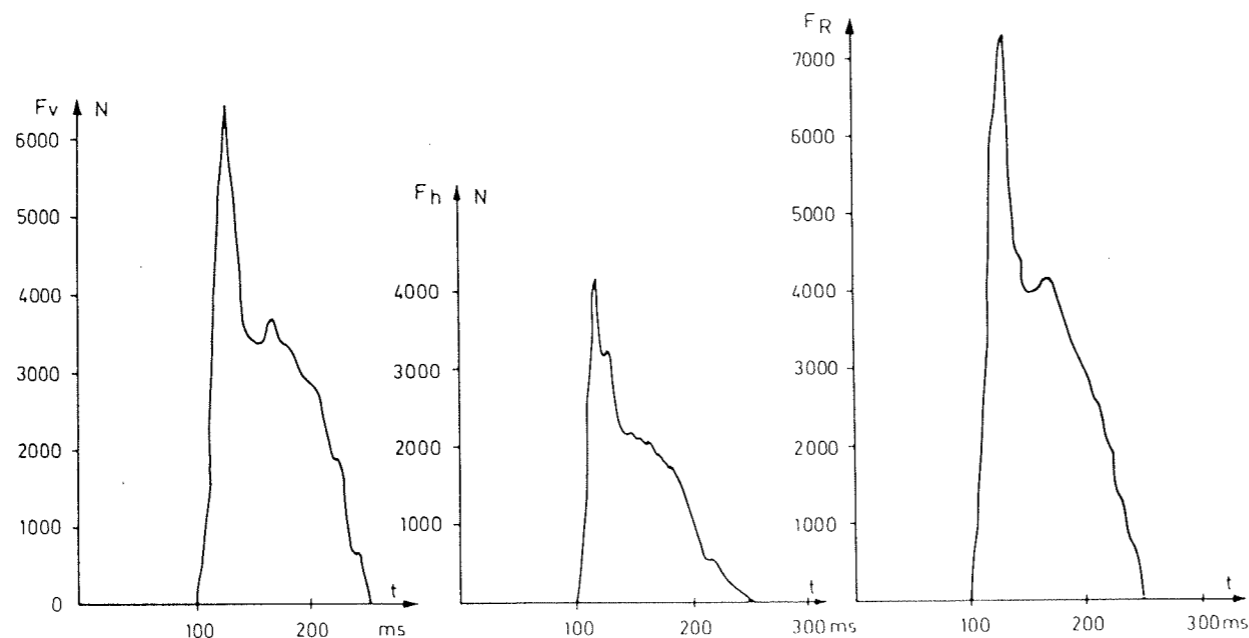
1 TORMAYSVAIHE	AIKA 0 000 sek.	KPP = 96 0 cm
2 POLVIKULMAN MINIMI	0 092 sek.	110 0 cm
3 IRTOAMISHETKI	0 168 sek.	135 0 cm

Kuva 25. Kehon painopisteen (KPP) ja vasemman olka- ja kyynärvarren sekä oikean reiden ja säären painopisteiden liikeradat korkeushypyn ponnistuksen aikana.

kehon painopisteen on noustava mahdollisimman korkealle ilmalennon aikana eli siis vertikaalinen (pystysuora) lähtönopeus on luotava mahdollisimman suureksi. Tällöin keholle (KPP:lle) on luotava mahdollisimman suuri positiivinen kiihtyvyyys ylöspäin ponnistuksen aikana eli siis voimaa on tuotettava ponnistusalueen kohden alaspäin.

Määritelmä:

Kontaktivoima on se pysty- ja vaakasuorien kiihtyvyyksien aiheuttama voima ($F = ma$), jonka korkeushyppääjä ponnistavan jalan kautta kohdistaa ponnistusalueen. Määritelmän mukaisesti korkeushypyn ponnistuksen kontaktivoimalla ei ole mitään tekemistä perinteisen voimakäsitteen kanssa, kontaktivoima ei ole siis raakaa punttivoimaa tms. Korkeushypyn kontaktivoima tulisikin ensisijaisesti käsittää impulssiksi, jossa mahdollisimman suuri voima tuotetaan ponnistusalueen mahdollisimman nopeasti. Ponnistuksen aikainen kontaktivoima voidaan esittää ns. voima/aika -käyränä, jossa kontaktivoiman suuruus on piirretty koko ponnistuksen ajalle.



Kuva 26. Korkeushypyn ponnistuksen kontaktivoiman voima/aika-käyrä. F_v = vertikaalinen (pystysuora) kontaktivoima,

F_h = horisontaalinen (vaakasuora) voima, F_R = F_v :n ja F_h :n resultanttivoima,

$$F_R = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

Kuvaa 26 tarkasteltaessa kiinnittyy heti huomio suureen törmäyspiikkiin ponnistuskontaktin alussa, jolloin vertikaalinen voima nousee hetkellisesti hyvin suureksi, jopa 8000 - 10 000 Newtoniin (800 - 1000 kg). Luonteenomaista kontaktivoimille on myös se, että vertikaalinen kontaktivoima on huomattavasti suurempi kuin horisontaalinen. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että korkeushypyssä ponnistus pyritään suuntaamaan ylöspäin. Kuvan 26 yleisessä tarkastelussa voidaan tehdä myös se huomio, että ponnistuskontaktin resultanttivoima (F_R) on ponnistuksen konsentrisessa vaiheessa 3000 - 5000 Newtonia! Tällöin siis ponnistavan jalan ojentuessa kohdistuu ponnistusalustaan jopa 500 kg:n suuruinen voima. Kuvasta 26 voidaan edelleen sanoa, että kun otetaan huomioon ponnistuskontaktin aikaiset suuret voimatasot, on ponnistuksen kontaktiaika erittäin lyhyt. Hyppääjän tulee pystyä tuottamaan nämä varsin suuret kontaktivoimat (kiihtyvyydet) vain 0.14 - 0.18 sekunnin aikana.

Korkeushypyn ponnistuksen aikaisten kontaktivoimien voimantuottomekanismi ovat seuraavat. Vertikaalinen eli pystysuora kontaktivoima muodostuu ensinnäkin ponnistavan jalan aktiivisesta alaslyönnistä (törmäyspiikki). Toisaalta vaakasuoran nopeuden jarruttaminen ponnistuksen eksentrisessä vaiheessa aiheuttaa vertikaalista voimaa. Tehosteiden erittäin aktiivinen ylösheilautus luo positiivista kiihtyvyyttä ja täten vertikaalista kontaktivoimaa ponnistuksen eksentrisessä ja konsentrisessä vaiheessa. Neljäs vertikaalisen kontaktivoiman voimantuottomekanismi on ponnistavan jalan raju ojentaminen

ponnistuksen konsentrisessä vaiheessa, tällöin lihassupistus on konsentrisen. Horisontaalinen eli vaakasuora kontaktivoima muodostuu seuraavista tekijöistä: ponnistavan jalan aktiivinen alaslyönti (törmäyspiikki); vaakasuoran nopeuden jarruttaminen ponnistuksen eksentrisessä vaiheessa sekä ns. vastaan ponnistaminen ponnistuskontaktin konsentrisessä vaiheessa. Kuten jo kuvan 26 kuvatekstissä mainittiin muodostuu ponnistuksen kontaktivoimien resultanttivoima F_R vertikaalisesta ja horisontaalisesta kontaktivoimasta.

Kuten seuraavassa kappaleessa III 5. havainnollistetaan, tulee vertikaalisen kontaktivoiman olla tietyn suuruinen tietyn vertikaalisen lähtönopeuden saavuttamiseksi. Tällöin voimantuotto tasapainottuu lähinnä tehosteiden toiminnan ja konsentrisen lihassupistuksen välillä. Täten siis, jos tehosteet toimivat aktiivisesti, voi konsentrisen lihassupistuksen olla hieman rauhallisempi, mutta jos taas tehosteet ovat passiivisia, tulee konsentrisen lihassupistuksen olla varsin raju, jotta saavutettaisiin tuo tietyn suuruinen vertikaalinen kontaktivoima. Konsentrisen lihassupistuksen tehokkuutta määrää urheilijan tahtotilan ohella erityisesti eksentrisen/konsentrisen lihassupistuksen ajoitus. Eksentrisessä lihassupistuksessa (lihaksen venytys) varastoidaan lihaksistoon ns. elastista energiaa, joka voidaan hyödyntää ponnistuksen konsentrisessä (ojennus) vaiheessa, jos viive eksentrisen ja konsentrisen lihassupistuksen välillä on lyhyt. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että isometrinen vaihe korkeushypyn ponnistuksessa on mahdollisimman lyhyt. Lajitekniisesti ajateltuna

isometrinen vaihe saadaan minimoitua, jos tehosteet on ajoitettu oikein, riittävän aikainen tehosteiden ylösrepäisy mahdollistaa nopean ponnistuksen. Jos tehosteet sen sijaan ajoitetaan väärin, ne siis ovat kaukana takana ponnistuskontaktin alussa, ei ponnistuksesta mitenkään voi saada nopeaa ja räjähtävää. Ponnistava jalka pystyy näet ojentumaan vasta sen jälkeen, kun vapaa jalka on siirtynyt sen etupuolelle, toisin sanoen ohittanut ponnistavan jalan. Täten ajateltuna korostuu tehosteiden tehokkuuden ohella niiden oikean ajoituksen merkitys.

III 5. Korkeushyppysuorituksen tehokkuutta määrävät tekijät

Tässä kappaleessa tarkastellaan korkeushyppysuorituksen tehokkuutta eli siis sitä, miten korkeushyppytuloksia voidaan maksimoida. Lähtökohtana tälle tarkastelulle voidaan ottaa kappaleessa III 3. esitelty 5:n H:n periaate ja sen eri tekijöihin vaikuttaminen. Tärkeysjärjestyksessä nämä korkeushyppysuorituksen tehokkuuteen liittyvät tekijät voidaan luetella seuraavasti:

1. Vertikaalinen (pystysuora) lähtönopeus (V_v) määrää KPP:n nousukorkeuden ilmalennon aikana (H_4), joka on tärkein tekijä korkeushyppytuloksen kehittymiselle.
2. V_v määräytyy ns. impulssiperiaatteen mukaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$F_{t_{pos}} = M V_v \rightarrow V_v = \frac{F_{t_{pos}}}{M} + V_0$$

kaavassa F = keskiarvoinen vertikaalinen kontaktivoima ponnistuksen aikana, t_{pos} = ponnistuskontaktin positiivinen kontaktiaika (aika, jolloin KPP nousee), M = hyppääjän massa, ja V_0 = KPP:n vertikaalinen nopeus ponnistuskontaktin alkamishetkellä.

3. Edellisen impulssikaavan mukaan V_v :n suuruden määrävät lähinnä F ja t_{pos} . M on kullekin hyppääjälle suurin piirtein vakio (vaihteluväli ehkä 2 - 3 kg).

4. F :iin vaikuttavat a) puhtaat tekniset muotoiseikat (tehosteiden kulkurata, tehosteiden ajoitus, nivelkulmat, KPP:n kulkurata ponnistuksen aikana), b) tekniset tehoseikat (tehosteiden räjähtävä toiminta ponnistuksen aikana), sekä c) fyysiset ominaisuudet (ponnistavan jalan elastisuus ja kyky tuottaa voimaa räjähtävästi). Ponnistuskontaktin keskiarvoiseen voimaan vaikuttaa huomattavasti se, onko KPP:n lähtönopeus ponnistuskontaktin alussa positiivinen vai negatiivinen.

5. T_{pos} :in suuruuteen vaikuttaa KPP:n kulku välillä $H_1 - H_2$ sekä välillä $H_2 - H_3$, toisin sanoen nouseeko KPP koko ajan toiseksi viimeisestä askelkontaktista ponnistuksen irtoamiseen saakka vai ei; toisaalta miten nopeasti KPP nousee välillä $H_1 - H_2$. Jos KPP nousee koko ajan

välillä $H_1 - H_2$, muodostuu painopiteen lähtönopeus, ponnistuskontaktin alussa positiiviseksi ($V_0 > 0$), jos taas KPP laskee viimeisestä askelkontaktista ponnistukseen tultaessa, on painopiteen vertikaalinen lähtönopeus ponnistuskontaktin alussa negatiivinen. Jos painopiteen lähtönopeus ponnistuskontaktin alussa on negatiivinen (KPP liikkuu siis alaspäin), muodostuu positiivisesta kontaktiajasta lyhyempi kuin kokonaiskontaktiaika. Tämän seurauksena on se, että ponnistuksessa tuotetut voimatasot kasvavat (vrt. kuvat 27 ja 28).

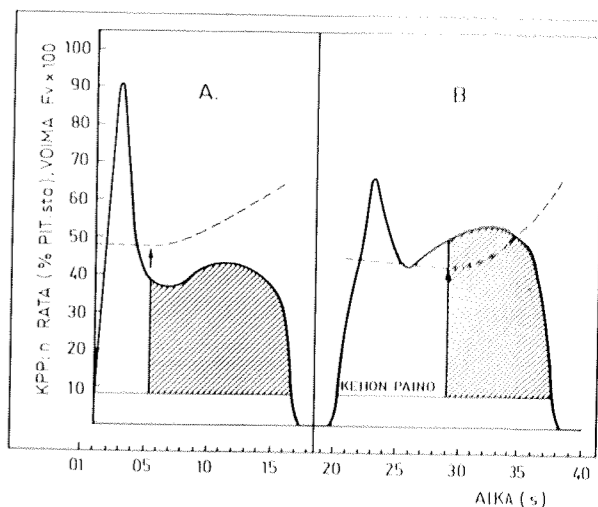
6. Tehosteiden sijainti (ajoitus notkeus), vaikuttaa H_3 :een jopa 6 - 10 cm, kun asiaa tarkastellaan samanpituisilla hyppääjillä.

7. Hyppääjän massa (kehon paino) vaikuttaa ponnistuksessa tuotettaviin voimiin ($F = M V_v$; t_{pos}), jos hyppääjän tekniikka pysyy vakiona (siis t_{pos} samana). Kehon painon vaikutus on kuitenkin melko pieni.

8. Hyppääjän pituus vaikuttaa ensisijaisesti KPP:n sijaintiin ponnistuksen irrotessa (H_4) ja sen kautta tuloksiin, pitkällä hyppääjällä on luonnollisesti etulyöntiasema lyhyeen hyppääjään verrattuna.

9. H_5 eli KPP:n sijainti rimaan nähden rimanylityksen aikana voi vaihdella - 6 cm:stä + 6 cm:iin, parannukset samalla hyppääjällä ovat kuitenkin korkeintaan 2 - 4 cm:n luokkaa.

Seuraavan kuvaan 27 on piirretty kaksi korkeushypyn ponnistuskontaktin voima/aika-käyrää, joiden tarkoituksena on selvittää kehon painopiteen liikeradan vaikutuksia tuotettuihin kontaktivoimiin. KPP:n liikeratahan määrittelee positiivisen kontaktiajan, joka on siis se aika, jolloin KPP nousee ponnistuskontaktin aikana.



Kuva 27. Kehon painopiteen liikerata (---) ja vertikaalinen voima F_v korkeushypyn ponnistuskontaktissa. Kuvassa 27 A $t_{pos} = 120$ ms, kuvassa 27 B $t_{pos} = 90$ ms.

Kuvassa 27 on siis esitetty kaksi teoreettista tilannetta, joissa a) hyppääjät ovat samanpituisia ja painoisia, b) H_3 ja H_5 ovat samat eli siis H_4 (painopiteen nousukorkeus ilmalennon aikana)

on sama, c) ponnistuksen kontaktiajat ovat samat (170 ms), ja d) ponnistavan jalan polvi-, lantiokulmat ovat samat. Näin määriteltynä tuntuisi siltä, että hypyn fyysiset vaatimukset ovat kummassakin tapauksessa samat, mutta näin ei suinkaan ole! Syy tähän on se, että hypyn tehokkuuden kannalta ratkaisevin tekijä (KPP:n liikerata) eroaa, tapauksissa A ja B, ja siksi t_{pos} on A:ssa 120 ms ja B:ssä 90 ms. Kuten kuvasta 27 havaitsemme positiivisen kontaktiajan lyhentyminen aiheuttaa välttämättömästi ponnistuksessa tuotettujen voimatasojen nousun (vrt. impulssi-kaava). Positiivisen kontaktiajan lyhentyessä saman tuloksen saavuttaminen edellyttää siis huomattavasti parempia fyysisiä ominaisuuksia. Huomautettakoot vielä, että vertikaalisen lähtönopeuden luomiseksi vaadittava voima/aika-impulssi on kuvaan 27 merkitty viivoitettuna alueena, saman lähtönopeuden luomiseksi näitten alueitten tulee olla yhtä suuria. Tällöinhän on luonnollista, että ajan lyhentyessä voimatason tulee kasvaa.

Hypytekniisesti ajateltuna KPP:n laskeminen ponnistuksen aikana saattaa johtua esim. seuraavista tekijöistä:

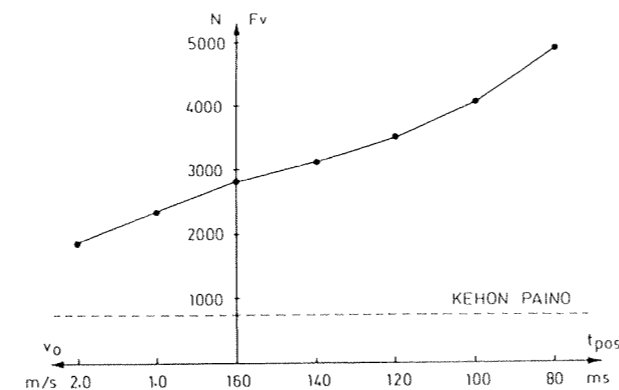
- hidas passiivinen loppuvauhti
- ei riittävää kaarenkallistusta loppuvauhdissa
- passiivinen toiseksi viimeinen askelkontakti - ei takakallistusta ponnistukseen tuloasennossa
- tehosteet myöhässä, jolloin ne laskevat ponnistuksen alkuvaiheessa
- ponnistavan jalan heikkous tai esiaktiivisuuden puuttuminen, joka pettää ponnistuksessa tai
- kaikki edelliset yhdessä.

Tämän kirjasen kappaleessa II 4. kerrotaan hypyn oikeasta suorittamisesta, mutta korostetut tässäkin yhteydessä seuraavia seikkoja: hypyn tehokkuuden kannalta erittäin ratkaisevaa on aktiivinen toiseksi viimeinen askelkontakti, jossa vapaalla jalalla työnnetään lantio ja ponnistava jalka eteen, ponnistavan jalan polvi tulee olla suorana ponnistuskontaktin alkaessa.

Edellä esitetystä impulssikaavasta voidaan nähdä, että painopisteen vertikaalisella nopeudella ponnistuskontaktin alussa (V_0) on merkitystä ponnistuksen fyysisten vaatimusten määrittämisessä. Jos V_0 on negatiivinen, kasvavat ponnistuskontaktin fyysiset vaatimukset, jos taas V_0 on positiivinen, vähentyvät ponnistuksen fyysiset vaatimukset. V_0 saadaan positiiviseksi (KPP nousee ponnistuskontaktin alkaessa), jos toiseksi viimeinen (vapaan jalan viimeinen) askelkontakti suoritetaan oikein. Tällöin kaarenkallistuksen tulee olla melko suuri ja polvikulman vapaassa jalassa tulee olla melko pieni (100 - 120°), silti näistä suurista rasituksista huolimatta vapaalla jalalla on tehtävä erittäin aktiivinen ylöseteen työntö **nopeasti**. Tällöin siis toiseksi vii-

meisen askelkontaktin sekä fyysiset että taidolliset vaatimukset korostuvat. Kuitenkin mitä suuremmaksi V_0 ponnistuskontaktin alussa saadaan, sitä pienemmät ovat varsinaiset ponnistuksen fyysiset vaatimukset.

Kuvassa 28 esitetään positiivisen kontaktiajan (t_{pos}) vaikutus ponnistuksessa tuotettuihin keskiarvovoimiin (F), kun muut hypytekniiset ja antropometriset tekijät ovat samat (hyppääjän pituus, paino, H_3 , H_4 ja H_5). Kuvassa pystyakselin vasemmalla puolella on esitetty tilanne, jossa V_0 on positiivinen ja pystyakselin oikealla puolella ovat tilanteet, jossa positiivinen kontaktiaika vaihtelee. Kuvan 28 "teoriahyppääjä" on 190 cm pitkä, painaa 75 kg, H_3 on 68 % kehon pituudesta eli 129.2 cm, H_5 on ± 0 ja kyseessä on 230 cm:n hyppy.



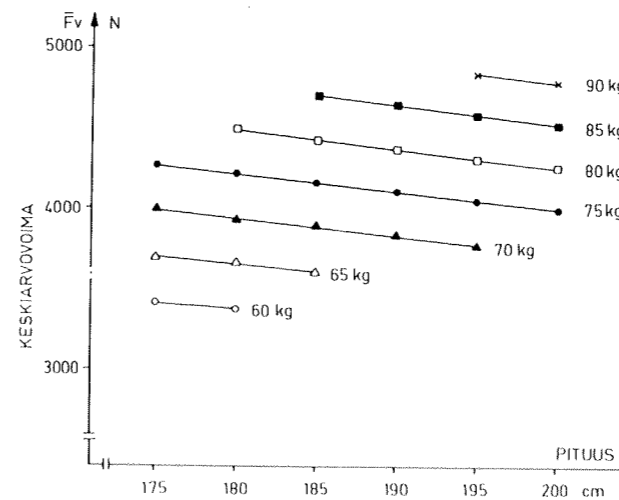
Kuva 28. Korkeushypyn ponnistuskontaktissa tuotettu keskiarvoinen vertikaalivoima suhteutettuna positiiviseen kontaktiaikaan (t_{pos}) ja KPP:n lähtönopeuteen ponnistuskontaktin alussa (V_0).

Kuvasta 28 voidaan edelleen havaita sama asia kuin kuvasta 27 eli siis mitä heikompi on hypääjän tekniikka, sitä suuremmat ovat ponnistuksen fyysiset vaatimukset. Positiivisen kontaktiajan lyheneminen kuvastaa hypytekniisiä heikkouksia. Erot ponnistuksen fyysisissä vaatimuksissa saattavat olla ääritapauksissa jopa 2 - 2.5-kertaisia! Jos ponnistus tapahtuu lähes paikaltaan "pumpaten" (t_{pos} on 80 ms) on ponnistuksessa vaadittava keskiarvovoima noin 5000 N. Jos taas kehon painopiste on jo reilusti nousussa ponnistukseen tultaessa V_0 on 2.0 m/s) on pudotuskykyt ja jatkuvat hyppelyt painojen kanssa olivat huomattavasti tehokkaampia kuin

Kuvia 27 ja 28 tarkasteltaessa on muistettava, että niissä on esitetty vain vertikaalinen (pysty-suora) voima, joka siis luo KPP:n nousukorkeuden (H_4). Vaakasuoralla eli horisontaalisella nopeudella ei välttämättä periaatteessa ole merkitystä, se määrää ainoastaan hypyn ilmalennon muodon, ei sen korkeutta. Kuitenkin käytännössä horisontaalinen kontaktivoima F_h tulee olla melko suuri, jottei hypystä muodostuisi "pituushyppyä".

Jos hypääjä pääsee tilanteeseen, jossa KPP:n vertikaalinen nopeus on positiivinen ponnistuskontaktin alkaessa (kuvan 28 vasen osa), on silloin erittäin tärkeää lantion tiukka hallinta ponnistuksen aikana. Tällöin kaikki alaspäin suunnattu voima luo vertikaalista lähtönopeutta. Jos kuitenkin lantio pettää ponnistuksen aikana, on siitä seurauksena ns. energiahäviöitä, toisin sanoen jaloista ylöspäin kohdistuva liike-energia ei nosta KPP:tä, vaan se menetetään lantion löysyyteen. Yleensäkin lantion tiukkuus ja hyvä hallinta on tehokkaan ponnistuksen perusedellytys.

Impulssikaavalla $F_t = MV$ voidaan laskea myös hypääjän painon ja pituuden merkitys vaadittuihin fyysisiin ominaisuuksiin, kunhan ensin tehdään tiettyjä oletuksia. Kuvassa 29 on hypyn biomekaaniset perustekijät vakioitu (t_{pos} on 100 ms, H_3 68 % hypääjän pituudesta ja H_5 on -2.0 cm) ja sen jälkeen vaihdeltu hypääjän pituutta ja painoa.



Kuva 29. Hypääjän pituuden ja painon vaikutukset korkeushypyn ponnistuksessa tuotettuihin keskiarvoisiin vertikaalivoimiin, kun tietty biomekaaniset tekijät on vakioitu. $t_{pos} = 100$ ms, $H_3 = 68$ % hypääjän pituudesta ja $H_5 = -2.0$ cm. Kyseessä on 230 cm:n hyppy.

Kuvaan 29 on vaakaa-akselille merkitty siis hypääjän pituus ja pystyakselille ponnistuksessa tuotetut keskiarvoiset vertikaalivoimat. Tämän jälkeen hypääjän painoa on vaihdeltu 5 kg:n välein eri pituuksille. Kuvasta 29 voidaan havaita, että hypääjän painon merkitys ponnistuksen fyysisiin vaatimuksiin on huomattavasti suurempi kuin hypääjän pituuden merkitys. Suhteessa 1 kg:n painon lisääntyminen vastaa noin 5 cm:n pituuden lyhenemistä. Täten siis painon järkevään pudottamiseen on kiinnitettävä huomiota, pituushan ei aikuisiässä enää lisäännä (eikä onneksi myöskään vähene!). Hypääjän "biomekaanista pituutta" eli siis KPP:n korkeutta ponnistuksen irrotessa (H_3) voidaan kylläkin lisätä tehosteiden ajoitusta ja lantion notkeutta parantamalla. Painon pudottamisessa tulisi pyr-

kiä kehon rasvakudoksen vähentämiseen (ns. rasva %), miehillä rasva % tulisi olla 6 - 8 % ja naisilla 15 - 20 %. Ennen tärkeimpiä kilpailuja painoa voidaan vielä pudottaa 1 - 2 kg lihaksiston ylimääräinen neste poistamalla pienimuotoisen ponnistuksen avulla, ks. kpl II 7.

Yhteenvedona kuvista 27, 28 ja 29 voidaan sanoa seuraavaa: Suurin vaikutus korkeushypyn ponnistuksen fyysisiin vaatimuksiin on hypytekniikalla (t_{pos}), hypääjän kehon painon vaikutus on suurempi kuin hypääjän pituuden vaikutus. Seuraavassa kappaleessa käsitellään sitä, mitkä tekijät vaikuttavat positiiviseen kontaktiaikaan ja mitkä ovat voimantuottomekanismit korkeushypyn ponnistuksessa.

Positiivinen kontaktiaika t_{pos} on siis se aika ponnistuskontaktista, jolloin kehon painopiste nousee. T_{pos} voi olla sama kuin kokonaiskontaktiaika tai tietty osa siitä, yleensä t_{pos} on 80 - 90 % kokonaiskontaktiajasta. T_{pos} :een vaikuttavia tekijöitä on jo käsitelty, mutta kertaushan on opintojen äiti:

1. KPP lasketaan alimmilleen toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana, tällöin on kaarenkallistuksen oltava riittävä sekä vapaan jalan polven taivuttava optimaalisesti.

2. KPP nousee viimeisen askeleen aikana ($H_1 - H_2$), tämä edellyttää vapaan jalan aktiivista työntöä, ponnistukseen tuloasento on riittävän takakenoinen ja nilkka-polvi-lantio-hartia-linja on suora. Myös tehosteiden tulee olla nousussa ponnistuskontaktin alkaessa.

3. KPP ei lysähdä ponnistuksen alussa, tehosteet nousevat koko ajan (ks. kuva 25), lantio- ja polvikulmat eivät anna periksi. Tämä edellyttää rajua lihastyötä ponnistuskontaktin aikana.

Jos edellä esitetyistä kohdista 1 - 3 jokin ei toteudu, seuraa siitä positiivisen kontaktiajan lyheneminen ja vastaavasti ponnistuksessa vaadittavien voimatasojen kasvaminen. Huomattakoot erityisesti, että t_{pos} :en muotoutumisessa näyttelee erittäin tärkeää osaa vapaan jalan viimeinen kontakti ja vapaan jalan aktiivinen työskentely tuon kontaktin aikana (kohdat 1 ja 2). Siispä vapaan jalan sekä taidollisiin että fyysisiin tekijöihin on kiinnitettävä harjoittelussa entistä enemmän huomiota.

Korkeushypyn ponnistuskontaktin aikana on tuotettava suuri voima lyhyessä ajassa. Tämän voiman tuottamiseen on olemassa seuraavat mekanismit:

- Kehon paino (MG) on aina vakio.
- Törmäyspiikki, nopea voimapiikki kontaktin alussa jopa 8000 - 10 000 N.
- Tehosteet. Tehosteiden yhdistynyt positiivinen kiihtyvyys lisää voimaa ($F = ma$).
- Lihastyö sekä eksentrisen että konsentrisen antaa koko kehon painopisteelle kiihtyvyyttä.

Voimantuoton mekanismeista kohta 1 (kehon paino) on aina vakio, joten sitä ei kannata enemältä tarkastella. Sen sijaan kohta 2 - 4 voidaan tarkastella sen johtoaikatuksen mukaisesti, että korkeushypyn ponnistuksessa on mahdollisim-

man suuri voima pyrittävä tuottamaan mahdollisimman lyhyessä ajassa.

Kohta 2. Törmäyspiikki. Korkeushypyn ponnistuskontaktissa törmäyspiikki ajoittuu kontaktin alkuun ja on melko lyhykestoinen. Tämä voimapiikki on lähinnä luihin ja niveliin kohdistuvaa voimaa ja aiheuttuu ponnistavan jalan aktiivisesta alaslyönnistä. Kyseinen voimapiikin hyödyntäminen ponnistuksessa edellyttää sitä, että polvi- ja lantiikulmat ovat suoraa (180°) ponnistuskontaktin alussa ja toisaalta sitä, että ponnistavan jalan lihaksisto on esijännitettynä (pönnkänä) ponnistuksen alkaessa. Jos ponnistava jalka lyöddään ponnistusalustaan polvestaan koukistuneena, aiheutuu siitä ensinnäkin suuri rasitus polvijänteeseen ja toisaalta ponnistavan jalan pettäminen, polvikulma vaipuu liian alas. Tällöin luonnollisesti ponnistuksen tehokkuus kärsii.

Kohta 3. Tehosteet. Tehosteet luovat kiihtyvyyttä (voimaa) **vain** jos ne liikkuvat **kiihtyen ylöspäin**.

a) Tehosteet liikkuvat alaspäin, niillä on tällöin ponnistusta keventävä vaikutus eli ponnistuksen kontaktivoima vähenee. Tällöin ponnistuksen tehokkuus heikkenee.

b) Tehosteet paikallaan, kiihtyvyys = 0, vaikutus ponnistuksen tehokkuuteen + - 0.

c) Tehosteet liikkuvat ylöspäin **hidastuen**, kiihtyvyys negatiivinen, vaikutus ponnistuksen tehokkuuteen -, negatiivinen.

d) Tehosteet liikkuvat ylöspäin **vakionopeudella**, kiihtyvyys 0, vaikutus ponnistuksen tehokkuuteen + - 0.

e) Tehosteet liikkuvat ylöspäin **kiihtyen**, kiihtyvyys positiivinen, vaikutus ponnistuksen tehokkuuteen +.

Edellisen luettelon perusteella tehosteet on siis heilautettava/repäistävä räjähtävästi ylöspäin, tämä edellyttää sitä, että niiden asento/sijainti on optimaalinen ponnistuskontaktin alussa, jolloin liike alaspäin estetään. Tehosteista saatu voimaimpulssi on n. 30 - 50 % ponnistuksessa tuotettavasta kokonaisimpulssista, loppu impulssista saadaan eksentrisen ja konsentrisen lihastyön avulla. Tehosteisiin on siis kiinnitettävä erityistä huomiota, ne eivät ole vain muutoseikka, vaan ponnistuksen tehokkuutta määräävä tärkeä tekijä!

Kohta 4. Lihastyön tehokkuuteen ponnistuksessa vaikuttavat seuraavat tekijät:

a) Esiaktiivisuus, ponnistava jalka lyöddään jännitettynä (pönnkänä) ponnistavan jalan polvikulma on siis 180° .

b) Esivenytys, aktiivista lihasta venytetään ennen konsentrista supistusta, korkeushypyssä tämä tapahtuu luonnollisena ponnistavan jalan koukistumienä ennen konsentrista supistusta.

c) Optimaaliset lihaspituudet/nivelkulmat, jalan ojentajalihasisto toimii kokonaisuudessaan sitä tehokkaammin, mitä suuremmat polvi- ja lantiikulmat suorituksessa ovat. Ponnistavan jalan polven taipuminen ponnistuksen eksentrisessä vaiheessa tulee olla siis mahdollisimman

vähäistä.

d) Isometrinen vaihe mahdollisimman lyhyt, näin mahdollistetaan ns. elastisen energian hyödyntäminen ponnistuksen konsentrisessä vaiheessa. Korkeushypyn ponnistuksessa isometrinen vaihe saadaan lyhyesti ns. vastaan ponnistamisen avulla, eksentrisessä vaiheessa hypääjä kuvittelee ikään kuin ponnistavansa taaksepäin.

e) Suoritusta rajoittavien (inhiboivien) refleksien korkea syttymiskynnys, ponnistava jalka ei "petä" ponnistuksen eksentrisessä vaiheessa. Kyseinen inhiboivien refleksien syttymiskynnys saadaan korkeaksi kovalla ja vuosia kestäväällä ns. iskuharjoittelulla (vauhtiloikat, plyometriset harjoitteet, aitahyppelyt jne.).

f) Suoritusta parantavien (fasilitoivien) refleksien oikea toiminta, näiden refleksien avulla lihassupistus ponnistuksessa saadaan räjähtävämmäksi. Fasilitoivien refleksien hyväksikäyttöä edesauttaa yksinkertaisesti sanottuna taito, hermosto ikäänkuin tietää jo etukäteen mitä sen tulee tehdä. Toisaalta myös esihermotus/aktiivisuus helpottaa fasilitoivien refleksien toimintaa.

g) Suoritustekniset seikat. Lihastyön tehokkuuden kannalta tulee tukipiste ponnistuksessa saada ehdottomasti painopisteen eteen. Tällöin varmistuu se, että ponnistus saadaan suunnatuksi oikein ja toisaalta tällöin myös kaikki tehty lihastyö edesauttaa tehokasta ponnistusta. Suoritusteknisiä tekijöitä ovat myös luonnollisesti optimaalinen ponnistukseen tuloasento (polvi- ja lantiikulmat 180°) sekä tehosteiden räjähtävä toiminta.

Ylläolevasta lihastyön tehokkuutta käsittelevässä luettelossa kohtien a - f sisällöllä tähdätään konsentrisen lihassupistuksen räjähtävyyteen sekä elastisuuden hyödyntämiseen korkeushypyn ponnistuksessa. Näiden kahden tärkeän tavoitteen saavuttaminen vaatii hyppytilanteissa teknistä taitavuutta ja psyykkistä terävyyttä sekä harjoittelussa oikeantyyppisiä lihassupistuksia paljon (vauhtiloikat, aitahyppelyt, plyometriset harjoitteet, jalkakyykyt hypellen jne.). Yleisesti harjoittelusta voidaan sanoa, että lajisuorituksesta lähinnä korkeushypyn ponnistuksesta saatu biomekaaninen tietous ohjaa pitkälti harjoittelua nykyisin.

Yhteenvedona korkeushypyn ponnistuksen voimantuottomekanismista voidaan sanoa, että tärkeimmät mekanismit ovat tehosteiden raju heilautus sekä lihastyö eksentrisessä ja konsentrisessä vaiheessa. Luonnollista on, että kaikki eri mekanismeilla tuotettu voima (painopisteen kiihtyvyys) kohdistetaan ponnistusalustaan ponnistavan jalan kautta. Näin ollen ponnistavan jalan lihaksisto ja nivelet joutuvat **erittäin** suuren rasituksen alaiseksi korkeushypyn ponnistuksessa ja niinpä tehokkaiden loikka- ja hyppelyharjoitteiden sisällyttäminen korkeushyppääjän harjoitteluun on 100 %:sti perusteltua. Olennaista harjoittelussa on kuitenkin harjoitteiden (harjoitusrasituksen/intensitee-

tin) asteittainen nostaminen urheilijan kehityksen mukaan. Liian nopeasti liian koviin harjoitteisiin ei kannata edetä.

Yhteenvedona koko kappaleesta III 5. voidaan sanoa, että hyppääjän tekniikka (taito) ohjaa pitkälti korkeushypyn fyysisiä vaatimuksia. Hyvän tekniikan omaava hyppääjä (KPP nousee **koko** ponnistuskontaktin ajan) suoriutuu tietystä korkeudesta heikommilla fyysisillä ominaisuuksilla kuin huonon hyppytekniikan omaava hyppääjä. Rajattomasti kuitenkin hyppytekniikan avulla ei fyysisien ominaisuuksien vaatimuksia voida vähentää, korkeushyppy vaatii aina suurta iskunvietokykyä ja räjähtävää lihassupistusta ponnistuksessa. Voidaan jopa sanoa, että hyppytekniikan jatkuva kehittyminen (KPP:n lähtönopeus V_0 ponnistuksen alkaessa positiivinen, kuvan 28 vasen osa) siirtää korkeushypyn fyysisiä vaatimuksia ponnistavan jalan osalta loppuvauhdin erityisesti vapaan jalan viimeisen kontaktin osalle. Niinpä korkeushyppääjän tulee taitoharjoittelun ohella keskittyä monipuoliseen ominaisuusharjoitteluun, jossa otetaan huomioon mahdolliset tekniikkamuutokset. Tällöin esimerkiksi vapaan jalan voimantuotto-ominaisuuksiin alhaisilla polvikulmilla tulee kiinnittää erityistä huomiota.

III 6. Hermolihasjärjestelmän toimintamekanismeista korkeushypyssä

Tässä kappaleessa suoritetaan lyhyt ja pelkistetty katsaus niihin tärkeimpiin hermolihasjärjestelmän toimintamekanismeihin, joista valmentajan tulisi valmennuksen kannalta tietää. Tarkemmin hermolihasjärjestelmän toimintaa on käsitelty esimerkiksi SVUL:n B- ja A-valmentaja seminaarien perusosien kirjallisissa materiaaleissa.

Hermolihasjärjestelmä käsittää nimensä mukaisesti hermoston ja lihaksiston. Tässä yhteydessä käsitellään lyhyesti seuraavat osat hermolihasjärjestelmästä: tahdonalainen hermotus, fasilitoivat refleksit, inhiboivat refleksit, lihasmekaaninen perusmalli. Lisäksi kappaleen lopussa käsitellään lihassupistukseen liittyviä tekijöitä urheilu-suorituksen kannalta.

Tahdonalainen hermotus

Isojen aivojen motorisessa kuoressa syntyy hermoimpulssi, joka eräiden välivaiheiden kautta siirtyy selkäyttimeen haarautuen siitä motoriseen hermoon/hermoin. Kyseinen hermoimpulssi on sähköinen ilmiö, joka kulkee siis hermoa pitkin aivan kuin sähkö kulkee pihassa. Kukin motorinen hermo päättyy lihaksen pinnalle niin sanottuun hermolihasliitokseen, jonka kautta hermoimpulssi siirtyy lihassoluun/-soluihin. Hermoimpulssin saavuttua lihassolu supistuu, mikäli tietyt perusedellytykset ovat olemassa (kalsium, ATP jne.). Mainittakoot vielä, että yksi motorinen (liike) hermo hermottaa useampaa lihassolua, jotka muodostavat täten ns. motorisen yksikön.

Tahdonalaisessa hermotuksessa isojen aivojen motorinen kuori saa kaiken alkuunpanevan ärsyksen sensorisen (aisti) järjestelmän kautta tai aivojen ns. "ajattelupuolelta". Tahdonalaisen hermotuksen aiheuttaman lihassupistuksen tehon (voima/voimantuoton) määrää hermotuksen määrä (rekrytointi) ja sen tiheys (frekvenssi). Rekrytoinnin ja hermotuksen frekvenssin avulla määrättyy siis se, kuinka monta motorista yksikköä kulloinkin supistuu, ja mikä on näiden supistuvien yksiköiden voimataso.

Fasilitoivat refleksit

Fasilitoivat refleksit helpottavat motorisen liikehermon toimintaa parantaen täten lihassupistuksen tehokkuutta. Fasilitoivista reflekseistä tärkein on ns. venytysrefleksi, joka toimii lihaspindelin (lihaskäämi, -sukkula) avulla. Spindelii sijaitsee lihaksen sisällä lihassyitten välissä. Lihasspindelii aktivoituu lihasta venyttäessä ja se helpottaa selkäytimestä motorisen hermon impulssien kulkua. Lihaksen venytysnopeuden kasvaminen lisää periaatteessa lihasspindeliiin fasilitoivien impulssien määrää ja täten lihassupistuksen räjähtävyyttä. Esihermotus eli lihaksen aktiivisuus ennen venytystä tehostaa myös spindelin toimintaa.

Inhiboivat refleksit

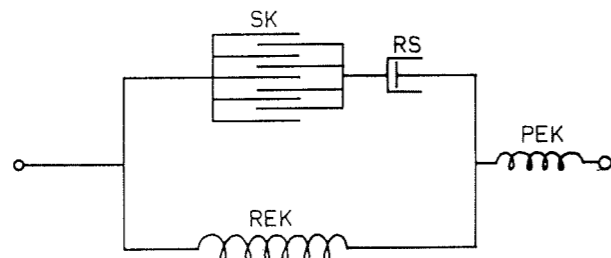
Inhiboivat refleksit estävät hermoimpulssin kulun lihakseen, jolloin lihas relaksoituu. Tärkein inhiboivien refleksien aistinelin on Golgin jänneelin, joka sijaitsee jänteiden kiinnityskohdissa. Golgin jänneelin aistii lihasta venyttäviä voimia ja jos venytysvoima nousee liian suureksi, lähettää Golgi ehkäiseviä impulsseja selkäyttimeen, jolloin siis hermoimpulssin kulku motoriseen hermoon estyy. Golgin jänneelin estää näin liian suurista venyttävistä voimista mahdollisesti aiheutuvat lihasvammat. Voimataso (kynnys), jolla Golgin jänneelin aiheuttaa lihaksen relaksoitumisen, on kullekin urheilijalle yksilöllinen. Kyseinen voimataso (ns. Golgin kynnys) nousee harjoittelun myötä samalla kun lihas ja jänne vahvistuvat kestävämmän yhä suurempia rasituksia. On luonnollista, että harjoittelun tällöin tulee olla ns. iskuharjoittelutyyppistä (vauhtiloikat, aitahyppelyt, plyometriset harjoitteet).

Lihasmekaaninen perusmalli

Lihasmekaaninen perusmalli on esitetty kuvassa 30.

Supistuva komponentti SK on varsinaista lihaksen supistuvaa proteiinia, johon siis motoriset hermot yhdistyvät. REK ja PEK ovat elastista kudosta, joita voidaan hyödyntää urheilu-suorituksissa, mutta vain silloin, jos lihaskudos itse on aktiivinen (kova, ei periksi antava). Elastisista komponenteista PEK on lähinnä jännekudosta, kun taas REK:ksi käsitetään nykyisin lihasfilamenttien välisten välisiltojen elastisuus. RS

kuvaa refleksejä, joiden tehtävänä liikunta/urheilusuorituksissa on tehdä lihassupistuksista sujuvia ja ei-kulmikkaita.

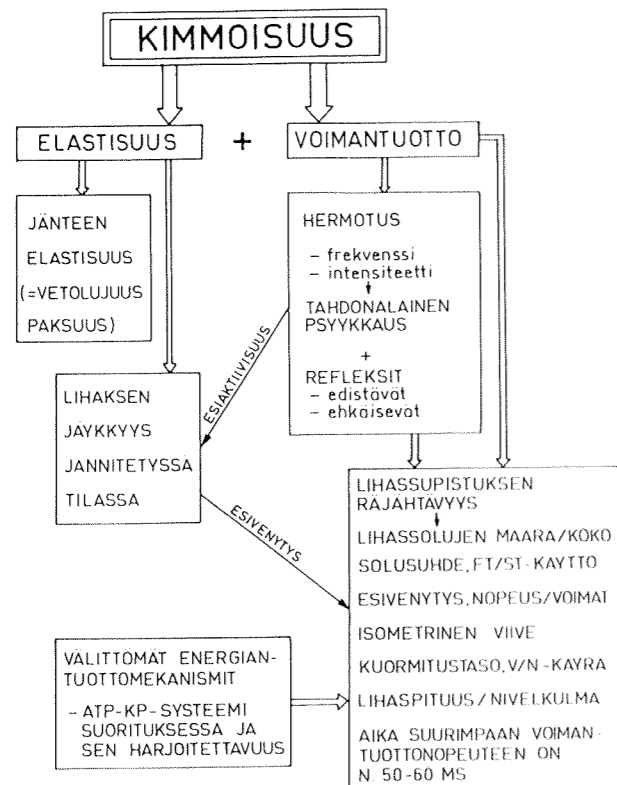


Kuva 30. Lihaksen mekaaninen perusmalli. SK = supistuva komponentti, REK = rinnakkainen elastinen komponentti, PEK = peräkäinen elastinen komponentti, RS = reflektorinen systeemi (mm. lihasspindel ja Golgin jänne-elin).

Lihassupistuksen tehokkuus

Tässä kappaleessa käsitellyt asiat on koottu seuraavaan kuvan otsikon "kimmoisuus" alle. Kuvalla 31 on tavoitteena selvittää "käsitesekamelskaa" elastisuus, kimmoisuus, pomppu jne. Tässä ja nyt kimmoisuudella käsitetään kokonaisuutta, johon liittyvät hermostolliset, lihasmekaaniset ja lihaksien aineenvaihdunnalliset tekijät.

Kuten kuvasta 31 nähdään, koostuu lihaksiston varsinainen mekaaninen elastisuus kah-



Kuva 31. Kaavakuva elastisuuden ja voimantuoton tekijöiden välisistä yhteyksistä otsikolla "kimmoisuus".

desta eri osasta, janteen elastisuudesta ja lihaksen jäykkyydestä (stiffness). Janteen elastisuus on kyseiselle kudokselle luontainen ominaisuus, mutta lihaksen elastisuuden/jäykkyyden hyödyntäminen edellyttää ehdottomasti lihaksen aktiivisuutta. Tällöin esiaktiivisuus ennen ponnituskontaktin alkua on tärkeä. Lihaksiston elastisuus voidaan hyödyntää ponnistuksissa ainoastaan esivenytyksen avulla. Esivenytys tehostaa myös hermotusta refleksien kautta, joten harjoitteiden valintaan tulee suhteen kiinnittää erityistä huomiota (vauhdilliset loikat, aitahyppelyt, punttihyppelyt jne.).

Kaikkiin ponnistuksiin liittyvä lihasperäinen voimantuotto koostuu kahdesta osasta: hermotus ja varsinainen lihassupistus. Kuten jo aiemmin tässä kappaleessa mainittiin, määrää hermotuksen tehokkuutta tahdonalaisen hermotuksen ohella tietyt refleksitoiminnot. Hermotuksen tehokkuudella on ensisijainen ratkaiseva merkitys lihassupistuksen räjähtävyyden tasoon.

Lihassupistuksen räjähtävyyteen vaikuttavia tekijöitä on monia. Ensinnäkin lihassolujen määrä/koko eli siis lihasmassan määrä ratkaisee pitkälti voimantuotto-ominaisuuksien tason. Toisaalta räjähtävässä lihassupistuksessa on ns. solujakaumalla jonkin verran merkitystä, enimmäkseen ns. nopeita soluja (FT) omaavat henkilöt saavat aikaan räjähtävämmän supistuksen kuin henkilöt, joilla on enimmäkseen ns. hitaita soluja (ST). Tosin tässä yhteydessä on korostettava, että harjoittelun merkitys on suurempi kuin pelkän solusuhteen. Harjoittelussa ovat erittäin tärkeitä käytetyt supistusnopeudet ja mekaaniset tehot, kun ao. tehot ovat maksimissaan, on nopeiden lihassolujen käyttö myös maksimaalista; jos taas supistusnopeudet ja tehot ovat alhaisia, käytetään lihassupistuksissa vain hitaita lihassoluja. Mainittua "hidastyyppistä" harjoittelua tehtäessä on täysin harhaluuloista kuvitella, että korkeushypyssä tarvittavat nopeat lihassolut kehittyisivät. Siis hitaat ja "junnaavat" suoritukset eivät suoranaisesti kehitä korkeushypyssä vaadittavia räjähtäviä voimantuotto-ominaisuuksia!

Esivenytys tehostaa lihassupistusta (esiaktiivisuus!), isometrinen viive eksentrisen ja konsentrisen lihassupistuksen välillä on pyrittävä minimoimaan lihaksiston elastisuuden hyödyntämiseksi. Lihaksen kuormitustaso (voima/nopeus -käyrä) on lihassupistuksen räjähtävyyden kannalta tärkeä tekijä: mitä suurempi vastus, sitä hitaampi on supistus (punttiharjoitteissa kilot ylös = supistusnopeus alas). Lihaspituuden/nivelkulman merkitys lihassupistuksen räjähtävyyteen on itsestään selvä, ponnistuksissa/jalkakyykyharjoitteissa mitä syvämpi on polvikulma sitä hitaampi on supistusnopeus. Tämä johtuu siitä, että lihasvoima heikkenee, kun lihaksen pituus kasvaa. Kyseinen voima/pituus-riippuvuus pätee jalkojen ojentajalihasille ponnistusliikkeissä. Tieteellisten tutkimusten avulla on selvitetty, että aika, jolloin lihassupistus

on räjähtävimmillään on lihassupistuksen alusta noin 50 - 60 ms (0.05 - 0.06 s). Kyseinen aika mahtuu hyvin korkeushyppyn ponnistuksen kontaktiaikaan.

Välittömät energiantuottomekanismit (ATP - KP-systeemi) liittyvät olennaisesti jokaiseen lihassupistukseen, vaatiihan lihassupistus aina energiaa. Energiaa lihassupistus saa ainoastaan ATP:stä, jota on rajallisesti varastoituneena lihaksiin (ns. fosfageenit, ATP, KP). Yksittäisessä kilpailusuorituksessa energiavarastot eivät ole suoritusta rajoittava tekijä, mutta harjoitteluvaiheessa energiavarastojen (fosfageenien) maksimointiin on pyrittävä. Täten taataan enemmän tehokkaita supistuksia harjoittelun aikana, jolloin myös hermoston (nopeat lihas-solu) adaptoituminen onnistuu varmennin (ks. kuvat 11 ja 12 kpl I 9.). Harjoittelun kannalta myös aerobisten energiantuottomekanismin on oltava kunnossa, koska ATP:n varastomuodon KP:n palautuminen tapahtuu vain aerobisen energiantuottosysteemin kautta.

III 7. Tutkimuksia korkeushyppyn biomekaniikasta/tekniikasta

Tässä kappaleessa käsitellään Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella vuosina 1980 - 83 tehtyjä tutkimuksia, joita tämän kirjasen kirjoittaja on tehnyt apulaisprofessori Jukka Viitasalon johdolla ja opastuksella. Osaan tutkimuksista on taloudellista tukea antanut Suomen Olympiakomitea, jota tässä yhteydessä kiitettävästi. Osa tutkimuksista on jo raportoitu SUL:n

tiedotteissa tai Valmennuslehdessä ja loput tulilaan raportoimaan erikseen, joten tässä esitetään vain hyppäämisen ja valmentamisen kannalta keskeisiä tuloksia ja johtopäätöksiä.

A Kehon painopisteen rata korkeushypyssä

Kehon painopiste ja sen kulkurata voidaan määrittellä liike- eli filmianalyysin avulla. Korkeushyppyä on tässä tarkoituksessa filmattu ensi kerran keväällä 1980 Peurungan sisähallissa ja sen jälkeen kesinä 1981, -82 ja -83 eri kilpailuissa. Taulukossa 8 on esitetty tulokset keväältä 1980, myöhemmin saadut tulokset ovat yhteneviä KPP:n kulun suhteen.

Taulukon 9 perusteella voidaan tarkastella Flop 1:n (nopea Flop) ja Flop 2:n (hidas Flop) välisiä eroja KPP:n kulkuradan suhteen. Flop 1:ssä KPP sijaitsee korkeammalla ponnistuksen alkuaikana, mutta matalammalla ponnistuksen irrotessa kuin Flop 2:ssä. Niinpä KPP:n vertikaalinen nousu ponnistuskontaktin aikana on Flop 1:ssä 33 cm ja Flop 2:ssä 43 cm. KPP:n korkeus ponnistuksen irrotessa (H₃) on kummallakin floppajaryhmällä hieman alhainen kuvastaan täten hyppytekniikan heikkoutta. Myös KPP:n vajoaminen ponnistuksen aikana lähes kaikilla tutkimuksessa tuolloin mukana olleilla korkeushyppäjillä kertoo selvästi teknisistä puutteista. Rimanylitys molemmilla floppajaryhmillä on erittäin taloudellinen ja huomattavasti parempi kuin kahdella mukana olleella kierähtäjällä.

Korkeushyppyn liikeanalyysistä on siis tehty kolmen vuoden ajan vuosina 1980 - 83. Näin saatu-

TAULUKKO 9. Kehon painopisteen (KPP) sijainti korkeushyppyn eri vaiheissa eri tekniikoissa.

	Hidas flop	Nopea flop	Kierähdys
KPP ponnistuskontaktin alussa	86.0 cm	87.0 cm	100.0 cm
- % tehon pituudesta	45.4 %	46.7 %	51.4 %
KPP alimmillaan ponnistuksessa	84.7 cm	86.3 cm	96.5 cm
KPP ponnistuksen irrotessa	129.0 cm	120.0 cm	137.0 cm
- % kehon pituudesta	68.1 %	64.4 %	70.4 %
KPP:n nousu ponnistuskontaktin aikana	43.0 cm	33.0 cm	37.0 cm
KPP:n nousukorkeus ilmalennon aikana	70.0 cm	76.0 cm	75.0 cm
KPP:n ylin sijaintikohta	199.0 cm	196.0 cm	212.0 cm
Riman korkeus	203.0 cm	200.0 cm	203.0 cm
KPP:n kulku riman suhteen (+ = KPP riman ali, - = KPP riman yli)	+ 4.0 cm	+ 4.0 cm	- 9.0 cm

TAULUKKO 10. KORKEUSHYPYN TEKNISTEN ERI OSATEKIJÖIDEN MUUTOSTEN VAIKUTUKSET KORKEUSHYPPYTULOKSEN MUUTOKSIIN KAUSIEN 1980 -83 AIKANA SUOMALAISILLA KORKEUSHYPPÄÄJILLÄ

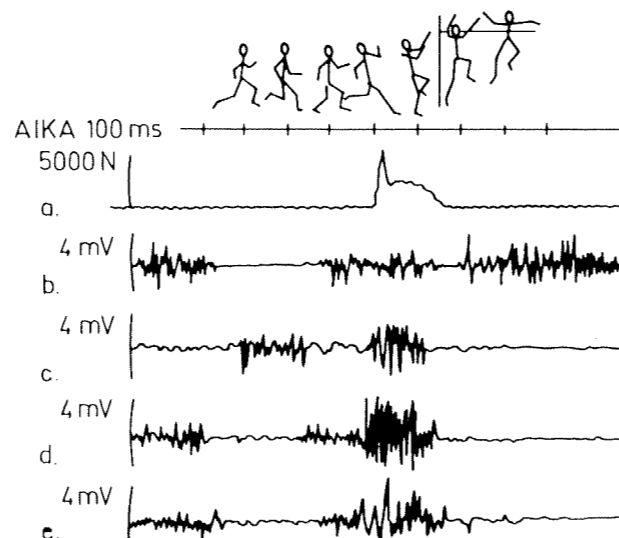
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
viim. ask. nopeus	1.	-						n = 20		
2.viim. ask. nop.	2.	.39	-					p < 0.05, r ≥ .433		
viim. ask. pit.	3.	.19	.05	-				p < 0.01, r ≥ .549		
2. viim. ask. pit.	4.	.09	.41	-.12	-			p < 0.001, r ≥ .665		
korkeushyppytulokset	5.	.56**	.30	-.44**	-.04	-				
3. viim. ask. frekv.	6.	.03	.00	.28	-.36	.24	-			
2. viim. ask. frekv.	7.	.25	.73**	-.17	.13	.58**	.13	-		
ponn. ask. frekv.	8.	.49*	.22	-.21	-.12	.45*	.21	.15	-	
ponn. kontakti	9.	.12	-.21	-.18	-.24	.17	.43	.22	.11	-
ponn. kulma	10.	.82**	-.38	.23	-.01	.73*	.13	.78*	.73*	-.26 -

jen tulosten perusteella voidaan selvittää mitkä tekniikan osa-alueiden muutokset parantavat tulosta ja mitkä taas mahdollisesti heikentävät sitä. Taulukon 10 korrelaatiomatriisiin on koottu tulokset tekniikan seurannasta vuosien 1980 -83 ajalta.

Taulukon 10 korrelaatiomatriisia kommentoitaessa täytyy ensinnäkin mainita, että tutkimuksen koehenkilöinä olivat kaikki Suomen parhaat korkeushyppääjät, tapahtuihan hyppyjen filmaus vuosina 1981 ja -82 RIMARALLI-kisoissa ja vuonna 1983 ns. superpiiriottelussa. Liikeanalyysiä tehtäessä korkeushyppysuoritus on jaettu osiin, joiden muutoksia on suhteutettu korkeushyppytuloksen muutoksiin kullakin hyppääjällä. Muutoksen tärkeyttä/merkitsevyyttä kuvaa korrelaatiokerroin; mitä suurempi korrelaatiokerroin on, sitä merkittävämpi on muutos. Kyseisen periaatteen mukaisesti korkeushyppytuloksen paranemista edesauttoi vauhdin paraneminen, sekä vauhdin nopeus että askelfrekvenssit lisääntyivät. Myös ponnistuskontaktin nopeutuminen oli yhteydessä korkeushyppyn tulosparannukseen.

Helmikuussa 1983 tehtiin korkeushyppystä tarkempaa lajiansyysä ns. harjoitteiden analyysiprojektin yhteydessä. Lajiansyysissä pyrittiin selvittämään ensinnäkin ponnistuskontaktin aikaiset voimat (ks. kuva 26) sekä lihasten elektrinen aktiviteetti ponnistushetkellä. korkeushyppyn ponnistuksesta täten saatuja tietoja voitiin myöhemmin verrata eri harjoitteista saatuihin vastaaviin tietoihin (loikat, aitaohjaukset, plyometriset harjoitteet, voimaharjoitteet). Kuvassa 32 on esitetty esimerkinomaisesti mitatut voima- ja EMG-arvot korkeushyppyn ponnistuksen ajalta (Mikko Levolan 210 cm:n hyppy).

Kuvasta 32 voidaan nähdä, että lihasaktiivisuus korkeushyppyn ponnistuksen aikana on erittäin suuri, suurempi kuin mitkään analysoiduista harjoitteista oli (loikat, aitaohjaukset, plyometriset harjoitteet jne.). Harjoitteiden analyysiprojektissa pyrittiin EMG:n perusteella määrittämään

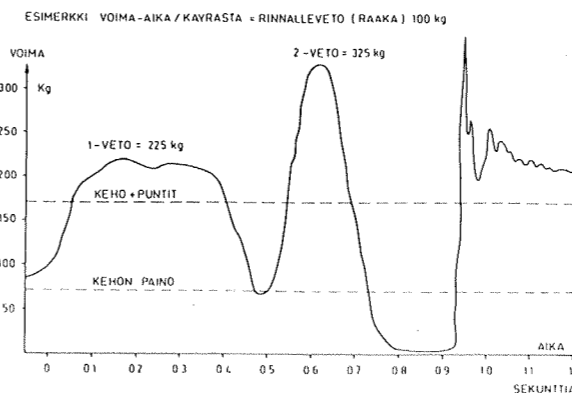


Kuva 32. Vertikaalinen kontaktivoima korkeushyppyn ponnistuksessa sekä eri lihasten elektrinen aktiviteetti (EMG) korkeushyppysuorituksen aikana. Lihakset ovat alhaalta ylöspäin seuraavat: gluteus (pakaralihas), rectus femoris (suora reisilihas), vastus lateralis (ulompi reisilihas), gastrocnemius (kaksoiskantalihas)

eri harjoitteiden lajinomaisuutta (harjoitteen hermostollinen vastaavuus korkeushyppyn ponnistukseen). Kyseisen lajinomaisuustarkastelun perusteella parhaaksi harjoitteeksi havaittiin vauhdillinen kinkkaus, jonka lajinomaisuus oli noin 90 %. Seuraavina olivat pudotushyppy (lajinomaisuus 80 %), vauhdillinen vuoroloikka (85 %) sekä yhden jalan aitaohjaukset (70 %). Jalkojen ojentajalihasiston EMG:n kannalta heikoimmiksi harjoitteiksi punttiharjoitteiden ohella havaittiin vauhdittomat vuoroloikat. Tosin voimaharjoittelun tavoitteena ei suoranaisesti ole lajinomaiset lihassupistukset. Voimaharjoittelusta on myös mainittava se, että erot eri harjoitteiden välillä olivat huomattavia. Tällöin

pudotuskykyt ja jatkuvat hyppelyt painojen kanssa olivat huomattavasti tehokkaampia kuin "perinteiset" hitaat junnaavat jalkakyykkyliikkeet. Niinpä voimaharjoittelussakin on päästävää perinteisestä raudan ihannoinnista ja siirryttävä entistä nopeampiin ja terävämpiin harjoitteisiin submaksimaalisilla rasitustasoilla. Harjoitteiden analyysiprojektissa tutkittujen harjoitteiden kontaktiaika ja voima-arvot on esitetty taulukossa 4 kappaleessa I 14.

Valmentaja- ja urheilijapiireissä on pitkään ja hartaasti keskusteltu siitä, onko rinnalleveto (erityisesti raaka rinnalleveto) hyvä voimaharjoite vai junnaava, "pelkkää hidasta voimaa" kehittävä suorite. Tämän ikuisen väittelyn selvittämiseksi myös rinnalleveto tutkittiin kyseisessä harjoitteiden analyysiprojektissa. Kuvassa 33 on esitetty raa'an rinnalleveton voima/aikakäyrä, kun punttien paino on ollut 100 kg.



Kuva 32. Raa'an rinnalleveton (100 kg) voima/aika-käyrä.

Kuvasta 33 voidaan nähdä, että raaka rinnalleveto kokonaisuudessaan on verrattain hidas suoritus, kestäähän se kaiken kaikkiaan noin 1.1 sekuntia. Rinnalleveto jakaantuu kuitenkin neljään eri vaiheeseen, joita tulee tarkastella erikseen. Ns. 1-veto kestää ajallisesti noin 0.4 sekuntia ja vertikaalinen voima nousee sen aikana noin 225:een kiloon. 1-vedon jälkeen on kevennysvaihe, jota seuraa terävä ja rivakka 2-veto. Kyseinen 2-veto kestää ajallisesti kokonaisuudessaan noin 0.25 sekuntia, mutta sen varsinainen vetovaihe vain 0.12 sekuntia. 2-vedon aikana vertikaalinen voima nousee tässä esimerkkitapauksessa aina 325:een kiloon. 2-vedon jälkeen on vuorossa allemeno eli tueton vaihe, jossa siis vertikaalinen kontaktivoima tipuu 0:aan noin 0.15 sekunnin ajaksi. Kyseistä allemenoa seuraa luonnollisesti eksentrisen voimapiikki, jossa voima nousee aina 350:een kiloon. Kuvassa 33 on asian tarkastelun selkiyttämiseksi merkitty katkoviivoilla ensinnäkin urheilijan kehon paino ja toisaalta kehon ja punttien yhteinen paino. Rinnalleveton voima/aikakäyriä seurattaessa voidaan sanoa, että mitä enemmän kyseinen käyrä nousee kehon ja punttien painon katkoviivan yläpuolelle, sitä nopeammin ja räjähtävämmiin on urheilija tehnyt lihas-

työtä. Niinpä 2-vedon aikainen voimapiikki 325 kg on varsin korkea, kun muistetaan, että se lisäksi tuotetaan suhteellisen lyhyessä ajassa. Näin voidaan sanoa, että jos rinnalleveto tehdään oikein rytmitettyinä ja todella terävästi, on se myös varsin hyvä pikavoimaharjoite. Tämä edellyttää luonnollisesti, että nostotekniikka on kunnossa ja esimerkiksi vartalolihasisto on riittävän kehittynyt vammautumisen estämiseksi. Raa'an rinnalleveton etuja lisää myös se, että 2-vedon aikana polvikulmat ovat varsin lähellä lajisuorituksen polvikulmia (n. 140°). Kun otetaan huomioon rinnalleveton räjähtävän suorituksen vaatimukset, kannattaa rinnallevetoa testata submaksimaalisilla painoilla (70 %/max.) esimerkiksi viiden suorituksen sarjassa, josta otetaan aika.

IV YHTEENVETO KORKEUSHYPYN LAJIKIRJASESTA

Tämä korkeushyppyn lajikirjanen sisältää tietoa korkeushyppyn harjoittelusta, tekniikasta ja biomekaniikasta. Tämän lajikirjanen antaman valmennustietouden tavoitteena on suomalaisen korkeushyppyn nostaminen kansainväliselle tasolle. Kirjasta lukevien valmentajien lähtötason tulisi mielellään olla B-valmentajatasolla, toisaalta myös valmennuskokemus auttaa tiedon sulattamisessa.

Suomalaisen korkeushyppyn harjoituksellisen linjan tavoitteena on kehittää lajin vaatimia ominaisuuksia! Tämän vuoksi harjoittelullinen linja on kova, harjoitusmäärät vaihtelevat 25 - 45 harjoitusta kuukaudessa, harjoittelun intensiteetti on yleisesti melko kova. Harjoittelun rytmitys on nopea, harjoitusärsykkeet vaihtelevat 3 - 4 viikon välein, oikeastaan jatkuvasti, kahta täysin samanlaista harjoitusta ei korkeushyppääjän harjoitusohjelmassa "saa olla". Harjoitteiden valinnassa on otettava huomioon ensinnäkin harjoitteiden lajinomaisuus ja toisaalta hermolihasjärjestelmän toiminnan tehokkuus (esivenytys) sekä tietysti se, että harjoite/harjoituskokonaisuus kehittää sitä fyysisen kunnan osaluuetta, mitä on tavoitteena kehittää. Jokaisella harjoituskerralla tulee nimittäin olla selkeä tavoite "mitä tällä harjoituksella kehitetään!". Harjoittelulla kehitettäviä asioita voivat olla mm. taidon eri osa-alueet, maksiminopeus, energia-aineenvaihdunta sekä jokin ponnistusvoiman osa-alue (ks. kuva 31). Tavoitteen tulee olla siis selkeä ja myös urheilijan on ehdottomasti tiedettävä se!

Korkeushyppyn hyppytekniikassa (= tekniikan harjoittelemisessa) pyritään vauhdin parantamisen kautta nopeampaan ponnistuskontaktiin ja täten parempiin tuloksiin. Vauhdin parantaminen tarkoittaa vauhdin nopeuden lisäämistä ja kolmen viimeisen askeleen frekvenssin kasvattamista. Varsinkin toiseksi viimeinen (vapaan jalan viimeinen) askelkontakti on oltava erittäin aktiivinen, täten taataan KPP:n optimaalinen liike

ponnistuksen aikana. Tässä lajikirjasessa korkeushypyn tekniikka on pyritty esittämään "tekemisen tasolla" toisin sanoen kirjasessa esitetään, miten korkeushyppysuoritus on tehtävä vaihe vaiheelta, kokonaisuutta ei silti saa unohtaa. Tekniikkaa käsittelevän tekstin sanamuodon vuoksi olisi suositeltavaa, että ainakin vanhemmat urheilijat lukisivat sen: urheilijan tulisi nimittäin ehdottomasti tietää 100%:sesti mitä lajisuorituksessa tulee tehdä ja miten!

Korkeushypyn lajisuorituksen teoreettisia perusteita käsitellään kirjasen biomekaniikka-kappaleessa. Kyseisen kappaleen "sanoma" on ajoittain varsin vaikeaselkoista ja sen sisäistäminen vaatii jonkin verran perustietoja mekaniikasta ja hermolihasjärjestelmän toiminnasta. Asiaan vannoutuneelle valmentajalle

biomekaniikka-kappale tuonee kuitenkin lisätietoa.

Lajikirjasessa on sen eri kappaleissa esitelty Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella tehtyjä tutkimuksia. Mainittakoot vielä, että kaikki tutkimuksista ja ulkomaisista tutkimus- ja valmennusraporteista saatu tietous on sovellettu ja sisällytetty lajikirjasen aineistoon.

Lopuksi: vain valmennustietouden jatkuva kehittäminen takaa meille jatkuvan kehittymisen kilpa- ja huippu-urheilussa. Tähän valmennustietouden kehittämistyöhön liittyy olennaisesti jo saatavilla olevan kirjallisen materiaalin muokkaaminen, uudistaminen ja perusteltu kritisointi. Niinpä tämäkin lajikirjasen sisällön avoin ja perusteltu kritiikki ei ole vain sallittua vaan jopa "pakollista". SUL -sanomat lienee paras forumi kyseisen kritiikin esittämiselle.

LIITE

ERI OMINAISUUSHARJOITTELUKUOTOJEN MÄÄRITELMÄT

A Hyppely/loikkaharjoitusmuodot

a) Kestoloikat

- eteenpäin/ylöspäin suuntautuvia loikka-hyppelyharjoitteita (ei aita-hyppelyjä)
- toistoja 15 - 40 /sarja
- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa 250 - 500 - 800 !
- teho 75 - 90 %, verrattuna vauhdittoman 10-l:n loikkapituuksiin
- palautukset 3/5 min

b) 10-loikat

- eteen/ylöspäin suuntautuvia loikka- ja hyppelyharjoitteita, myös aita-hyppelyt tasahyppynä
- toistoja 8 - 12 /sarja
- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa 200 - 400
- teho 90 - 95 % 10-l:n ennätyksen loikkapituuksiin verrattuna, aita-hyppelyissä aidat 90 - 100 cm korkeita, aitojen väli 1.6 - 2.0 m (mieshyppääjillä)
- palautukset 0.5 - 1.0 min/4-5 min

c) 5-loikat

- eteen/ylöspäin suuntautuvia loikka- ja hyppelyharjoitteita sekä aita-hyppelyjä
- toistot 3 - 6 /sarja
- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa 100 - 150 - 300 kpl
- teho 100 % siis vauhdittoman 5-loikan maksimi, aita-hyppelyissä aitojen korkeus 100 - 110 cm, aitojen väli 1.8 - 2.2 m
- palautukset 2 min/4 - 5 min

d) Vauhdilliset loikat

- vauhdillisia vuoroloikkia, kinkkauksia, kovat aita-hyppelyt ja aita-kinkat
- toistot 3 - 5 /sarja
- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa 30 - 150 kpl
- teho 115 - 130 % verrattuna siis vauhdittoman 5-l:n tuloksiin 2-8 askeleen vauhdilla, aita-hyppelyissä aidan korkeus 110 - 120 cm, aita-väli 2.0 - 2.4 m, aita-kinkkauksissa aidan korkeus 70-90 cm sekä aitojen väli 2.4 - 3.2 m
- palautukset 3 / 5 min

e) Plyometriset harjoitteet

- vertikaalisia (ylöspäin suuntautuvia) ponnistuksia, joissa ponnistusta edeltää pudotus alas siis alas-ylös hyppäjä, pudotushyppy kahdella jalalla ja yhdellä jalalla sekä lajinomaiset plyometriat jne.
- toistoja 3 - 6 - 10 /sarja riippuen intensiteetistä

- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa yleensä 30 - 60 kpl, korkeintaan 100 kpl
- teho on suuri, rasitus vaihtelee lähinnä pudotuskorkeuden vaihtelun mukaan
- palautukset 3 / 5 min

f) Kevennetyt ponnistukset

- vertikaalisia ponnistuksia, joissa lihaksen supistusnopeus on "ylinopea" hyppääjä vedetään kuminauhoin ylös
- toistot 4 - 6 /sarja
- kokonaistoistomäärä yhdessä harjoituksessa 20 - 40 kpl
- teho suuri, psyykinen lataus tärkeä
- palautus sarjojen välillä 5 min

B Voimaharjoitusmuodot

a) Kestovoima

- levytankoharjoitteita, kuntopalloharjoitteita, voimakoneet
- toistot yli 15/sarja
- sarjoja 10 - 20 kpl yhdessä harjoituksessa
- rasitus (kuormitus) 40 - 60 % maksimista
- teho 60 - 80 % maksimista
- palautukset 2 - 3 /4 min

b) Perusvoima

- levytankoharjoitteita, voimakoneet
- toistot 8 - 15 /sarja
- sarjoja 10 - 20 /harjoitus
- kuormitus 60 - 85 % maksimista
- teho 80 - 90 % maksimista
- palautukset 1 - 3 /5 min

c) Maksimivoima

- levytankoharjoitteet, voimakoneet
- toistot 1 - 6 /sarja
- sarjoja 6 - 18 /harjoitus
- kuormitus 85 - 100 - 120 % maksimista, 100 % = konsentrisen maksimi sisältää siis myös puh-taita eksentrisiä harjoitteita
- teho 90 - 100 % maksimista
- palautukset 3 min /5 min

d) Pikavoima

- levytankoharjoitteet, jotkut voimakoneet (jotka sallivat suoritukset kiihtyvyyden)
- toistot 6 - 8 /sarja, jatkuvat sykliset suoritukset
- sarjoja 4 - 12 /harjoitus
- kuormitus 60 - 80 % maksimista
- teho 100 %
- palautukset 3 min /5 min

e) Räjähävä/erikoisvoima

- levytankoharjoitteita
- toistot 4 - 6 /sarja tehdään yksittäisinä supistuksina
- sarjoja 3 - 10 /harjoitus
- kuormitus 30 - 60 % maksimista
- teho 100 - 110 % maksimista, psyykinen lataus yli 100 %
- palautukset 3 min /5 min

C Nopeusharjoitusmuodot

a) Nopeuskestävyys

- maitohapottomia nopeuskestävyysharjoitteita (aLA), sisältää juoksua ja juoksuloikkaa
- teho 85 - 90 % maksimista
- kokonaismäärä 2 x 3 x 40 m - 4 x 4 x 60 m
- palautukset 1 min vetojen välillä, 5 min sarjapalautukset

b) "90 %:t"

- normaalia pikajuoksua, koordinaatioharjoitteita, juoksuloikkaa
- teho 90 - 95 % maksimista
- kokonaismäärät 2 x 3 x 30 m - 6 x 3 x 50 m
- palautukset 2 - 3 min /4 - 5 min

c) "95 %:t"

- pikajuoksua
- teho 95 - 98 % maksimista
- kokonaismäärät 2 x 3 x 30 m - 4 x 4 x 40 m
- palautukset 2 - 3 min /4 - 5 min

d) "100 %:t"

- pikajuoksua pysty- tai kyyrylähdestä
- teho 100 %
- kokonaismäärät 1 x 3 x 30 m - 4 x 3 x 40 m
- palautukset 4 - 5 min (ns. täydelliset palautukset)

e) Ylirytmiharjoitteet

- juoksua kumilankavedolla, alamäkeen tai myötätuuleen
- teho 100 - 110 % maksimista, askelfrekvenssi ylinopea

- kokonaismäärät 1 x 3 x 30 m - 3 x 3 x 30 m

Nopeusharjoituksissa esitettyjä minimimääriä voidaan soveltaa silloin, kun nopeusharjoitus on osa ns. yhdistelmäharjoituksesta, maksimimääriä voidaan tehdä silloin, kun nopeusharjoitus tehdään omana harjoitusyksikkönä.

D Tekniikka

a) Täysvauhtiset

- täyspitkä vauhti, normaali vauhdin nopeus
- rima 95 - 100 % maksimista, siis 10 cm alle ennätyskorkeuden
- hyppyjen kokonaismäärä yhdessä harjoituksessa harjoituskaudesta riippuen 10 - 40

b) 3/4 -vauhtiset

- täyspitkä- tai kaksi askelta normaalia lyhyempi vauhti, vauhdin nopeus 85 - 90 % normaali vauhdista
- rima 85 - 95 % maksimista, painotus tiettyyn hypyn osaan
- hyppyjen kokonaismäärä 30 - 60 yhdessä harjoituksessa

c) Osaharjoitteet/muoto

- hypyn jonkin osan osaharjoitteita (ks. kpl tekniikan harjoittelu II 5.)
- kokonaismäärä harjoitteena rasittavuuden mukaan 30 - 100 - 200 suoritusta/harjoitus

d) Osaharjoitteet/ominaisuus

- tiettyyn fyysiseen ominaisuuteen painottuvia tekniikanomaisia harjoitteita (ponnistus, vauhti, ks. kpl II 5. tekniikan harjoittelu).

LÄHDELUETTELO

Anzil, F., V. Bragagnola ja S. Zanon (1973) Die Lage der letzten Fusspuren beim bogenförmigen Flop-Anlauf. *Leichtathletik* 24, 51/52, 1825-1829.

Aura o. (1982) Korkeushypyn fyysiset vaatimukset. *Valmennuslehti* 1, 36-39.

Aura o. ja J. Viitasalo (1981) Suomalainen korkeushyppääjä vuonna 1980. *SUL:n tiedote II/1981*.

Beulke, H. (1973) Der physikalische Sinn des bogenförmigen Anlaufs beim Fosbury-Flop. *Leichtathletik* 24, 51/52, 1823-1825.

Bosco, C. ja C. Pittera (1982) The effect of new jumping drills on explosive power performance. *Leistungssport* 1982.

Dapena, J. (1980a) Mechanics of translation in the Fosburyflop. *Med. Sci. Sports Exercise* 12, 1, 37-44.

Dapena, J. (1980b) Mechanics of rotation in the Fosburyflop. *Med. Sci. Sports Exercise* 12, 1, 45-53.

Drehler, E. (1978) An approach to highjump. *Mod Ath. Coach* 16, 3, 10-12.

Eccer, T. (1975) High jump take-off. *Athletic Journal* 55, 7, 54-57.

Hay, J.G. (1975) Biomechanical aspects of jumping, in *Exercise and Sport Science Reviews* Vol 3, s. 135-164, J.H. Wilmore ja J.F. Keogh (toim). New York: Academic Press.

Hay, J.G. (1973) The Hay-technique - ultimate in high jump styles? *Athletic Journal* 53, 1, 46-48 ja 113-115.

Helin, P., E. Oikarinen ja S. Rehunen (1979) Nopeusvalmennus. Jyväskylä: Valmennuskirjat Oy.

Hirvonen, J. (1983) Lyhytaikaisen maksimaalisen lihastyön energia-aineenvaihdunta. *SUL-tiedote II/1983*.

Häkkinen, K. ja P.V. Komi (1981) Lihassoiman ja voimantuotto-nopeuden harjoitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä maksimaalivoimaharjoittelussa. *SVUL:n liikuntatieteellinen julkaisusarja n:o 26/81*.

Kerssenbrock, K. (1973) Konditionsübungen für Flopspringler. *Leichtathletik* 24, 34.

Knebel, K-P. (1977) Die leistungsbestimmenden Faktoren beim Hochsprung und ihre Trainingsmethodische Konsequenzen. *Praxis der Leibesübungen* 18, 11, 216-217.

Komi, P.V., L. Silen ja T. Jungman (1978) Voimavalmennus. Hanko: SVUL.

Lyle, B. (1979) The high jump. *Athletic Journal* 59, 7, 26-27.

Mero, A. ja P. Luhtanen (1980) Perusjuoksuno-

peus ja eräitä siihen vaikuttavia fysiologia- biomekaanisia tekijöitä pikajuoksijoilla. *SUL-tiedote 1/1980*.

Miettunen K. (1983) Lihastoiminta korkeushypyn ponnistuksessa ja ponnistusvoimaharjoitteiden lajinomaisuus lihastoiminnan suhteen. *VEA8-seminarityö, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän Yliopisto, Kevät-1983*.

Myers, B. ja R. Munroe (1981) Theory of training for explosive power. *Mod. Ath. coach* 19, 4, 3-6.

Pajala O. (1982) Lentopalloilijoiden kimmominaisuuksien muuttuminen pitkäaikaisen pudotushyppyharjoittelun vaikutuksesta. *Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, Jyväskylän Yliopisto*.

Reid, P. (1980) The various mechanics of efficient flopping. *Track and Field Journal* 1, 3, 5-8.

Rusko, H. ja R. Korpi (1974) Lihaksen energia-aineenvaihdunta ja fyysinen suorituskyky. *SVUL:n liikuntatieteellinen julkaisusarja 4/1974*.

Tancic, D. (1978) Moderne Techniken des Hochsprungs. *Leichtathletik* 29, 22-26 (n:ot)

Tancic, D. (1978 ja 1979) Zum Training des Hochspringers. *Leichtathletik* 29, 51/52 ja 30, 1.

Tancic, D. (1981) Moskovian analyysiseminaari. *SUL-tiedote 1/1981*.

Tihanyi, J., P. Apor ja G. Fekete (1981) Relationship between the structure of muscles and contractility physical test in competitive jumping performances. *Biomechanics VII-B-kirjassa*.

Unger, J. (1980) The take-off in jumping events. *Mod. Ath. Coach* 18, 4, 7-9.

Werchoshanski, Y. (1978) Training for explosive power. *Modern Athlete and Coach-lehdessä*.

Viitasalo, J.T. (1980) Lihassoima ja sen harjoittaminen. *Valmennuslehti* 3, 26-30.

Viitasalo J.T. ja O. Aura (1985) Korkeushyppääjien seuranta. *SUL:n tiedote*.

Viitasalo, J.T., O. Aura, K. Häkkinen, P.V. Komi & J. Nikula (1981) Untersuchung von Trainingwirkungen auf die Krafterzeugung und Sprunghöhe. *Leistungssport* II, 4, 278-282.

Viitasalo, J.T. ja H. Rusko (1977) Lihassoimia, lihaksen solusuhde - 1970-luvun taikasanoja. *Stadion* 77, 152-153.

Wilt, F. (1978) Plyometrics - what it is and works. *Mod. Ath. Coach* 16, 2, 9-12.

Yleisurheilutietoa, *SUL*, R. Niskanen (1976) Korkeushyppy - tekniikka ja harjoittelu.

SUOMEN URHEILULIIITTO RY

KORJAUS

Radiokatu 12

00240 HELSINKI

KORJAUKSIA KORKEUSHYPYN LAJIKIRJAAN:

- sivu 9 sarake 1, rivi 10 alhaalta (USA, DDR, NL jne)
- sivu 11 sarake 1, rivi 2 pois
- sivu 13 sarake 2, Ke 3 x 3 x 40 m/80 %
- sivu 21 sarake 1, kohta B rivi 9 luonnollista
- sivu 48 sarake 1, kohta B, rivi 3, poista % 60 - 80 jälkeen (eli 60 - 80 ms...)
- sivu 48 sarake 1, "Ponnistavan jalan toiminta eksentrisessä vaiheessa";
rivi 7, kulma no 4 kuvassa 21
- sivu 49 sarake 2, 3 rivi alhaalta, sarjassa 2 kuva 20;
- sivu 64 sarake 2, pois rivit 11-12 alhaalta, sekä täydennys lauseeseen, joka alkaa rivillä 14 alhaalta, lause on seuraava; Jos taas kehon painopiste on jo reilusti nousussa ponnistukseen tullessa (Vo on 2.0m/s) on ponnistuksessa vaadittu voimataso vain 2 000 N ! Ero on siis 2.5 kertainen.
- sivu 66 sarake 1, rivi 8 alhaalta, tapahtuu rivi 7 alhaalta, koukistumisena sarake 2, rivi 6, lyhyeksi
- sivu 70 Taulukko 10, siirrä vaakanumerointi (1-10) pykälä eteenpäin!

79.11
Aur

VARASTOKIRJASTO



165 0881112

SISÄLTÖ

ALKUSANAT	3	4.3. Ilmalento - rimanylitys	50
JOHDANTO	4	A Rimallennousu	50
I HARJOITTELU	6	B Rimaylitysvaihe	50
1. Yleistä	6	C Alastulo	51
2. Korkeushypyn fyysiset vaatimukset	6	4.4. Yhteenveto flopin tärkeimmistä kohdista	51
3. Harjoittelun kehittyminen iän myötä	8	5. Tekniikan harjoittelu	51
4. Lasten harjoittelu korkeushypyssä	10	5.1. Perusteet	51
5. Nuorten (15 - 18 v) harjoittelu korkeushypyssä	11	5.2. Kokonaissuorituksen harjoittelu	53
6. Aikuisten harjoittelu korkeushypyssä	14	5.3. Vauhdin osaharjoitteet	53
7. Huippukorkeushyppääjän harjoittelu	19	5.4. Loppurytmin (askelpituudet, kädet) osaharjoitteet	54
8. Harjoitteet ja testit korkeushypyn harjoittelussa	20	5.5. 2. viimeisen (vapaan jalan) askelkontaktin osaharjoitteet	54
9. Harjoittelun analysoiminen	24	5.6. Ponnistukseen tuloasennon osaharjoitteet	54
10. Syventävää tietoa harjoittelusta	25	5.7. Ponnistuksen osaharjoitteet	55
11. Korkeushypyn psyykkiset vaatimukset - psyykkinen valmennus	27	5.8. Tehosteiden osaharjoitteet	55
12. Huolto ja vammojen ennaltaehkäisy korkeushypyssä	29	5.9. Rimanylityksen osaharjoitteet	55
13. Tutkimustoiminta Suomessa korkeushypyn harjoittelussa	29	5.10. Tekniikkaharjoittelun toteuttaminen	55
14. Yhteenveto ja taulukoita korkeushypyn harjoittelussa	32	6. Tekniikkamuistio valmentajille	56
II TEKNIikka	39	7. Kilpailuun valmistautuminen ja kilpailukäyttäytyminen	56
1. Yleistä	39	III BIOMEKANIikka	59
2. Flopin perusteet	39	1. Yleistä	59
3. Flopin opettaminen	41	2. Korkeushyppäsuorituksen biomekaanista kuvailua	59
4. Flopin tekniikka	42	3. Kehon painopisteen (KPP) kulku korkeushypyssä	60
4.1. Vauhti	42	4. Kontaktivoimat korkeushypyn ponnistuksessa	61
A Alkuvauhti	42	5. Korkeushyppäsuorituksen tehokkuutta määräävät tekijät	63
B Loppuvauhti	43	6. Hermolihasjärjestelmän toimintamekanismeista korkeushypyssä	67
- kaarre - kallistus	43	7. Tutkimuksia korkeushypyn biomekaniikasta/tekniikasta	69
- askelpituudet, -frekvenssi	43	IV YHTEENVETO KORKEUSHYPYN LAJIKIRJASESTA	71
- käsien toiminta loppuvauhdin aikana	44	LIITTEET	73
- 2. viimeinen askel	45	LAHTEET	75
- 2. viimeinen (vapaan jalan) askelkontakti	45		
- viimeinen (ponnistus) askel	46		
- ponnistukseen tuloasento	46		
4.2. Ponnistus	47		
A Törmäysvaihe	47		
B Eksentrisen jarrutusvaihe	48		
C Isometrinen vaihe	49		
D Konsentrisen ojennusvaihe	49		

Alkusanat

Tämä on korkeushypyn lajikirjanen, jonka tavoitteena on valmennustietouden saattaminen nykyaikaiselle tasolle. Allekirjoittanut, joka on yksin vastuussa tämän kirjan tekstistä, haluaa heti aluksi kiittää Suomen Urheiluliittoa siitä, että se on antanut mahdollisuuden tällaisen kirjan tekemiseen. Kirjasessa pyritään esittämään se tieto/taitokokonaisuus, joka on saatavilla, ja joka on perusteltua esittää tämän tyyppisessä valmenusoppaassa. Tietoa on saatu ensinnäkin sekä kotimaisten että ulkomaisten valmentajien kokemuksista, ulkomaisista ja kotimaisista tutkimuksista sekä valmennustietouden perustiedoista. Ns. valmennusteoria ja kyseiset tutkimustulokset on tässä oppaassa sovellettu suoraan valmennukselliseksi ohjeiksi.

Tämän kirjan, kuten kaiken valmentautumisen, lopullinen ja päätavoite tulee olla huippu-urheilussa. Tavoitteina on esittää pitkäjännitteinen ja progressiivinen valmentautumisprosessi, joka tähtää huipputulosten syntymiseen aikuisiässä (24 - 30 vuotta). Valmentautumisprosessi on jatkuva ja kehittyvä, aina 12 ikävuodesta 30-vuotiaaksi. Vaikka kirjan tavoite on lopullisesti huippu-urheilussa, ei se silti tarkoita sitä, että juniori-iässä heikompien hyppääjien urheilu olisi turhaa. Suomi tarvitsee jokaisen mieshyppääjän, joka ylittää 200 cm, jokaisen joka ylittää 210 cm jne. tason nostamiseksi; toisaalta kova säännöllinen harjoittelu saattaa kantaa hedelmää joskus vasta useiden vuosien kuluttua.

Tämä lajikirjanen koostuu kolmesta osasta - harjoittelu, tekniikka ja biomekaniikka, joissa kaikissa aloitetaan perusteista edeten yhä syvemmälle tiedon pyörteisiin. Kokonaisuudessaan tämän kirjan antaman tiedon sisäistäminen ja soveltaminen edellyttää valmennuksellisia perustietoja, vähintään B-valmentajan perus- ja lajiosat, mieluusti A valmennuksen perusosan suorittamisen. Kirjasta tullaan jatkossa käyttämään nimenä A valmentajaseminaarin hyppyjen laji-

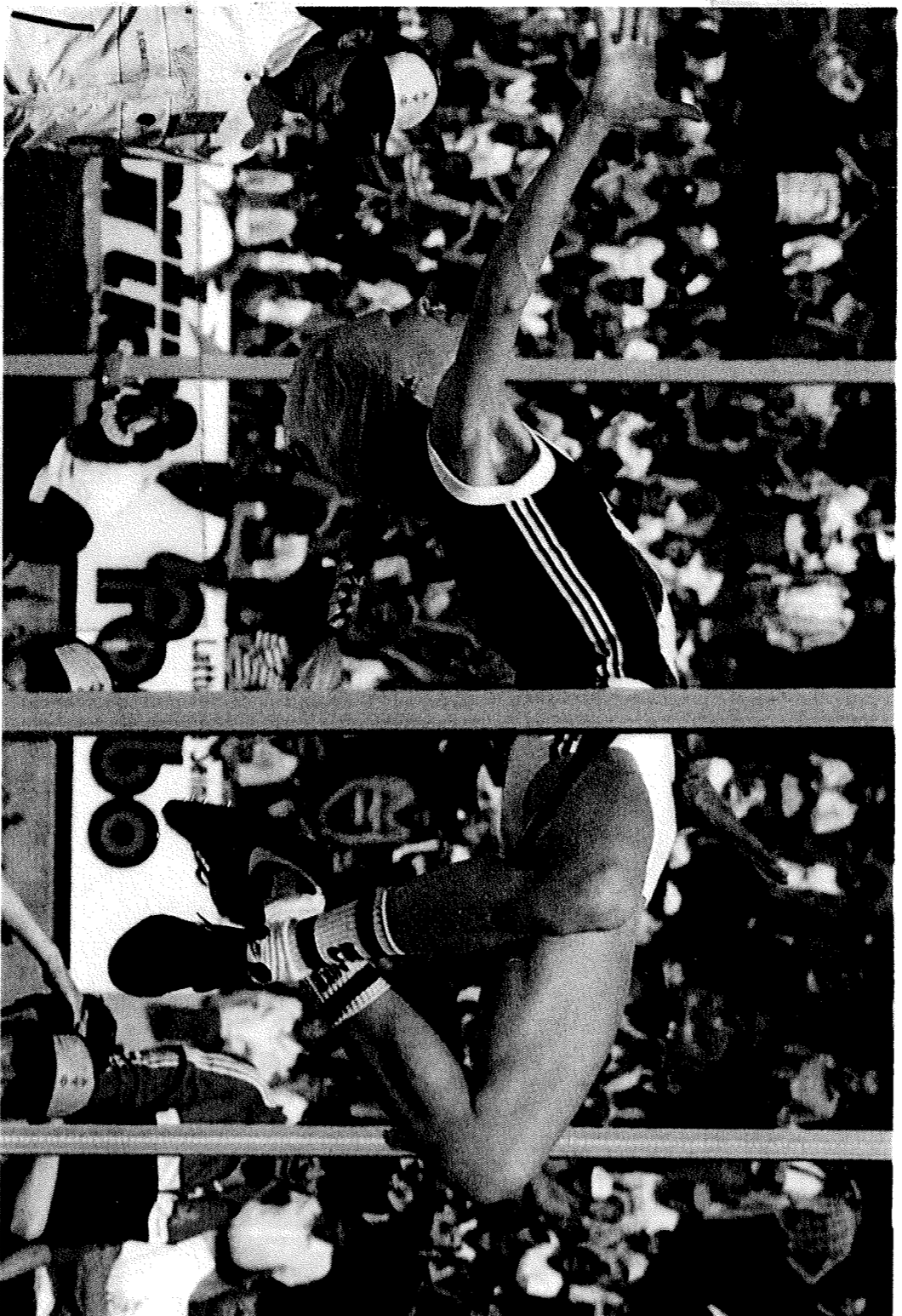
osalla. Kirjan sisällöstä voidaan todeta edelleen seuraavaa: joistakin asioista esitetyt tiedot (tekniikka, biomekaniikka) ovat tutkimukseen/teoriaan perustuvia faktoja, osa tiedoista (lähinnä harjoittelu) on taas ainoastaan osin tutkimukseen perustuvaa ja osin mielipidetyppeistä tietoutta. Harjoittelun osalta tiettyjä kaikille soveltuvia ohjeita ei voida antaa, ovathan urheilijat aina yksilöllisiä ja yksilöitä, mutta toki on tiettyjen perusasioiden oltava kaikilla samanlaisia harjoittelussakin. Tämän kirjan sisältöön kohdistuva kritiikki on tervetullutta, mieluummin kuitenkin julkisesti esitettynä, esimerkiksi SUL-sanomat lienee oikea "foorumi" kyseisen rakentavan kritiikin esittäminen. Tällaisen kritiikin avulla kehitämme kaikki edelleen korkeushypyn tietoutta ja kokemusperäistä valmennusoppia Suomessa.

Näin lajikirjanen alkusanoissa avautuu allekirjoittaneelle oiva mahdollisuus esittää julkisesti kiitoksia tämän kirjan syntyyn vaikuttaneille henkilöille. Ensinnäkin täytyy erityisesti kiittää apulaisprofessori Jukka Viitasaloa, joka on mahdollistanut korkeushypyn tieteellisen tutkimuksen nykyisessä laajuudessaan Suomessa jo vuodesta 1980 lähtien. Tutkimuksen tekemisen on osalta mahdollistanut myös Suomen Olympiakomitea, joka on myöntänyt useita apurahoja tutkimuksen taloudelliseen tukemiseen, samoin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitos on osalta edesauttanut kehitystä antamalla mitaus ja tutkimuslaitteiston tutkijoiden käyttöön. Jos tässä yhteydessä sallitaan kyseisen tutkimusprojektin luonnehtiminen muutamalla sanalla voidaan todeta että kyseinen projekti on laajuudessaan ainutlaatuinen ainakin länsimaissa. Tässä yhteydessä voin lausua kiitokset myös edeltäjälleni lajivalmentajana, Rauno Niskaselle, jonka viitoittamaa tietä allekirjoittaneen oli helppo jatkaa syksyllä 1982 lajivalmentajaksi tullessaan. Luonnollisesti täytyy kiittää myös niitä yksityisiä valmentajia, jotka ovat

1942/86



KORKEUSHYPPYN LAJIKIRJA



VARASTOKIRJASTO



L2 0 16474

EILULITTO R.Y.