

**This is an electronic reprint of the original article.  
This reprint *may differ* from the original in pagination and typographic detail.**

**Author(s):** Ahtiainen, Juha

**Title:** Maksimi- ja nopeusvoiman kehittäminen tukee tehokasta ja taloudellista lajisuoritusta.

**Year:** 2014

**Version:**

**Please cite the original version:**

Ahtiainen, J. (2014). Maksimi- ja nopeusvoiman kehittäminen tukee tehokasta ja taloudellista lajisuoritusta.. *Liikunta ja tiede*, 51(2-3), 61-65.

All material supplied via JYX is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

## **Maksimi- ja nopeusvoiman kehittäminen tukee tehokasta ja taloudellista lajisuoritusta**

**Lihassoima on keskeinen osa motorista kyvykkyyttä. Taitavan suorituksen taustalla usein kyky tuottaa voimaa niin nopeasti kuin mahdollista.**

**Nopeusvoimaominaisuuksien kehittäminen on optimaalisinta kun harjoittelu sisältää harjoitteita kaikilla kolmella kuorma-liikenopeus alueella; pieni kuorma-suuri liikenopeus, optimitheoalue sekä suuri kuorma-pieni liikenopeus.**

**Kuntosalilla kehitetty lihasvoima siirtyy itse lajisuoritukseen, kun harjoitusohjelmassa on lajinomaista voimaharjoittelua kentällä tai vastaavissa lajiolosuhteissa, esimerkiksi käyttämällä lisäpainoja lajinomaisissa harjoitteissa.**

Voimaharjoittelu voidaan jakaa toteutustavan mukaan eri tyyppeihin, joiden harjoitteluvasteet eroavat toisistaan. Kestovoimaharjoittelussa kuormat ovat esimerkiksi 30–50 prosenttia yhden toiston maksimista ja sarjoissa tehdään tyypillisesti yli 15 toistoa. Voimaharjoittelun toteutus on usein kuntopiirimäistä ja kehittää paikallista lihaskestävyyttä. Maksimivoimaharjoittelu voidaan jakaa hypertrofiseen ja hermostolliseen maksimivoimaharjoitteluun.

Hypertrofisessa harjoittelussa kuormat ovat 60–80 prosenttia yhden toiston maksimista ja sarjoissa tehdään 6–12 toistoa. Usein ainakin osa sarjoista tehdään uupumukseen saakka ja sarjojen välissä pidetään suhteellisen lyhyt palautus. Hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa kuormat ovat 90–100 prosenttia yhden toiston maksimista ja sarjoissa tehdään 1–3 toistoa. Sarjojen välinen palautus on yleensä suhteellisen pitkä. Hypertrofinen harjoittelu kehittää sekä lihasvoimaa että lihasmassaa, kun taas hermostollinen maksimivoimaharjoittelu kehittää lihasvoimaa, mutta lihasmassa kehittyy hypertrofista harjoittelua vähemmän.

Nopeusvoimaharjoittelussa kuormat ovat selvästi submaksimaalisia, esimerkiksi 30–60 prosenttia yhden toiston maksimista ja sarjoissa tehdään yleensä 3–10 toistoa per sarja.

Nopeusvoimaharjoittelussa pyritään aina maksimaaliseen suoritusnopeuteen. Yleensä nopeusvoimaharjoittelussa väsymystä pyritään välttämään ja siksi sarjapalautukset ovat pitkiä. Lihasmassan ja voiman kasvu nopeusvoimaharjoittelun myötä on vähäistä, mutta toisin kuin muussa voimaharjoittelussa, voimaa opitaan tuottamaan nimenomaan suorituksen alussa maksimaalisesti. Tämä on oleellista, koska maksimaalisen voiman tuottaminen voi viedä aikaa lihasryhmästä ja liikkeestä riippuen 0.5–2.5 sekuntia. Monissa urheilusuorituksissa ei ole riittävästi aikaa tuottaa maksimivoimaa vaan voimaa tulee kyetä tuottamaan nopeasti, joissakin sadoissa millisekunneissa. (Häkkinen 1990; Kraemer & Häkkinen 2002)

Lähes lajista riippumatta urheilussa korostuu nopean voimantuoton tärkeys. Nopea voimantuotto on oleellista kun tarvitsee nopeasti liikuttaa omaa kehoa (esim. juoksupyrähdykset, hyppy, loikat, suunnanvaihdot) tai kun tarvitsee liikuttaa nopeasti vastustajaa tai pelivälinettä. **Lihassoima on keskeinen osa motorista kyvykkyyttä. Taitavan suorituksen taustalla usein kyky tuottaa voimaa**

**niin nopeasti kuin mahdollista.** Taitoon yhteydessä olevia motorisia kykyjä ovat muun muassa liikenopeus, ketteryys ja tasapainon ylläpito, jotka kaikki edellyttävät äärimmäisissä suorituksissa myös optimaalista nopeaa voimantuottoa. Usein myös lajitekkinen suoritus vaatii riittävää nopeaa voimantuottoa. (Cormie ym. 2011; Haff & Nimphius 2012; Newton & Kraemer 1994)

Nopeusvoima on siis lajikohtaista eli opittu ominaisuus ja osa motorisia kykyjä, joita käytetään tietyssä toiminnassa. Kriittistä nopeusvoiman maksimaalisessa kehittämisessä on lihaksen nopeiden motoristen yksiköiden aktivointi.

### **Hermostollinen maksimivoima- ja nopeusvoimaharjoittelu sopii useimmissa lajeissa**

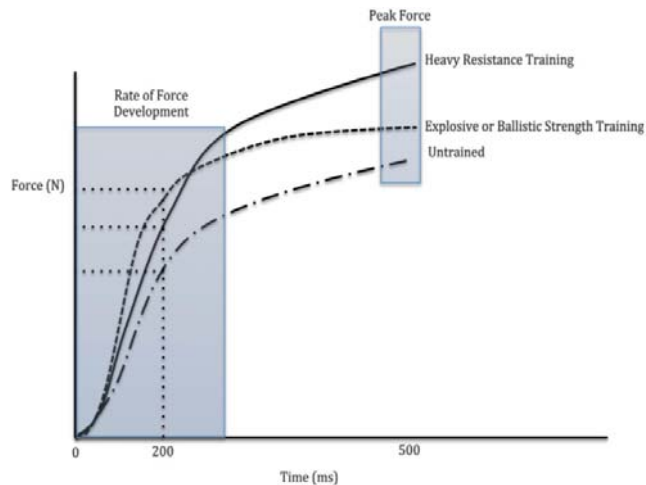
Tyyppin I hitaat motoriset yksiköt tuottavat alhaisen voimatason, mutta ovat kestäviä. Tyyppin II nopeat motoriset yksiköt taas tuottavat paljon voimaa, mutta myös väsyvät nopeasti. Lihaksen motoristen yksiköiden aktivointi alkaa hitaista ja etenee nopeisiin vain, kun tarvitaan suurta voimaa tai kun voimaa tarvitaan nopeasti. Teoriassa hypertrofisessa harjoittelussa sarjan alussa aktivoidaan lähinnä tyyppin I hitaita motorisia yksiköitä. Kun sarja etenee, otetaan yhä enemmän motorisia yksiköitä käyttöön, myös tyyppin II nopeita motorisia yksiköitä. Sarjan yhä edetessä osa motorisista yksiköistä väsyä ja yhä uusia motorisia yksiköitä aktivoidaan. Kun harjoitussarja suoritetaan hetkelliseen uupumukseen saakka, on kaikki ne motoriset yksiköt aktivoitu, mitkä sillä hetkellä on mahdollista saada käyttöön.

Hermostollisessa maksimivoima ja nopeusvoimaharjoituksessa harjoitusvaikutus kohdistuu lähinnä vain tyyppin II nopeisiin motorisiin yksiköihin. (Zatsiorsky & Kraemer 2006) Hypertrofinen voimaharjoitus kasvattaa tehokkaasti maksimaalista lihasvoimaa, mutta nopeusvoimaominaisuuksien kehittyminen on vähäistä. Hypertrofinen voimaharjoittelu voi myös lisätä muita voimaharjoittelumuotoja enemmän lihasmassaa haitaten suorituskykyä joissakin lajeissa, vaikkakin muun urheiluharjoittelun lomassa lihasten koon kasvu voi jäädä hyvin vähäiseksi (Aagaard & Andersen 2010; Ronnestad & Mujika 2013). Lisäksi raskas hypertrofinen voimaharjoitus tyhjentää lihasten glykogeenivarastoja ja saa aikaan mikroskooppisia lihaskudosvaurioita, joista palautuminen saattaa kestää useita päiviä (Roth ym. 2000; Vierck ym. 2000). Siksi useimpien urheilulajien harrastajien kannattaa suosia pääasiallisena voimaharjoittelumuotona hermostollista maksimivoimaharjoittelua ja nopeusvoimaharjoittelua. (Beattie ym. 2014; Haff & Nimphius 2012)

### **Nopean voimantuoton kehittyminen edellyttää myös maksimaalisen voimantuoton kehitystä**

Henkilön kykyyn tuottaa suuria liikenopeuksia vaikuttaa useat eri tekijät. Näitä ovat muun muassa lihasaktivaatio (motorinen oppiminen), johon liittyy valikoiva lihasten ja motoristen yksiköiden aktivointi eli koordinaatio, lihasaktivaation tuottonopeus ja lihasten esiaktiivisuus. Lihäs-jänne -kompleksin toimintaan puolestaan liittyy elastisen energian vapautuminen suorituksessa ja lihassolujen tyyppijakauma, josta riippuu lihassupistuksen nopeus (kyky muodostaa ja irrottaa poikkisiltoja) ja lihasten aineenvaihdunnan tehokkuus (välittömät energialähteet, entsyymipitoisuudet, kalsiumin vapautuminen). Lisäksi liikenopeuteen voi vaikuttaa muun muassa kudosten viskositeetti, notkeus ja antropometriset tekijät. (Cormie ym. 2011) Monia näistä yksilöllisistä fysiologisista taustatekijöistä on haastavaa selvittää tyypillisessä testaustilanteessa,

mutta tahdonalaisen lihastyön lopputuotosta, voimantuotto-ominaisuuksia, voidaan mitata muun muassa voima-aika -analyysin avulla isometrisessä maksimivoimatestissä. Voimakäyrän analyysi ensimmäisten satojen millisekuntien aikana kertoo nopeusvoimaominaisuuksista. Hypertrofinen ja hermostollinen maksimivoimaharjoittelu kasvattaa erityisesti maksimaalista voimantuottoa, mutta nopea voimantuotto ei juuri kehity. Nopeusvoimaharjoittelu puolestaan kehittää nopeaa voimantuottoa, mutta maksimivoiman kehittyminen jää alhaiseksi. (Häkkinen & Keskinen 1989; Häkkinen ym. 1985a,b; Sale 1992) Kehittääkseen maksimaalisesti nopeaa voimantuottoa, tulee koko voimantuottokäyrän siirtyä ylöspäin eli myös maksimaalisen voimantuoton tulee kehittyä (Kuva 1).

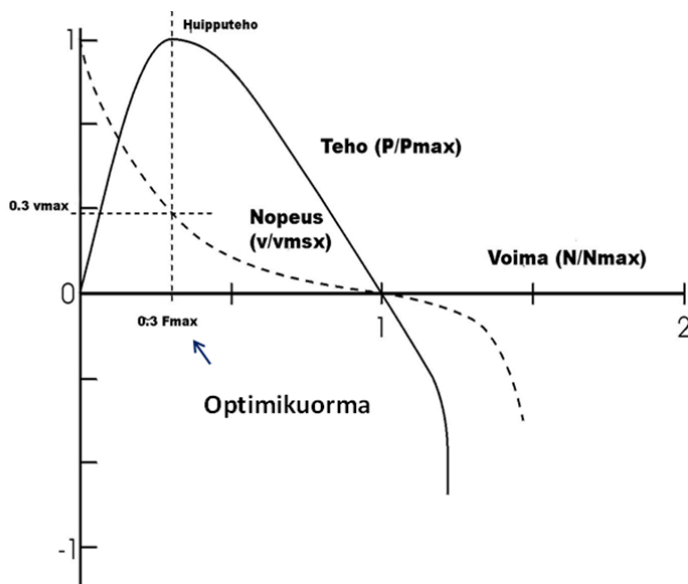


Kuva 1. Voima-aika käyrä maksimaalisen isometrisen voimantuoton aikana ja erityyppisen voimaharjoittelun vaikutukset käyrän profiiliin (Haff & Nimphius 2012)

Harjoitteluadaptaatiot ovat siis spesifejä maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelussa; maksimivoimaharjoittelussa kasvaa maksimaalinen voimantuotto, mutta ei voimantuotto suurella liikenopeudella ja nopeusvoimaharjoittelussa, jossa käytetään pienempiä kuormia ja suurempia liikenopeuksia, voimantuotto suurella liikenopeudella kasvaa. Suorituksen teho on voiman ja nopeuden tulo eli voiman ja matkan tulo jaettuna ajalla. Koska voimaharjoitteissa "matka" on suhteellisen vakio, tehoa voidaan kasvattaa joko lisäämällä liikenopeutta tai lisäämällä voimantuottoa. Suoritusnopeuden kasvattaminen pitkällä aikavälillä on melko rajallista, mutta maksimaalista voimantuottoa kehittämällä voidaan suoritustehoa kasvattaa paljonkin. Siksi maksimivoiman harjoittaminen on keskiössä erityisesti harjoittelun alkuvaiheessa, kun nopeusvoimaa halutaan kehittää. (Haff & Nimphius 2012; Newton & Kraemer 1994)

Suorituksen tehoa voidaan tarkastella kuorma-liikenopeus -riippuvuuden avulla (Kuva 2). Hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa kuorma on hyvin suuri, joten liikenopeus jää alhaiseksi. Tällöin myös teho jää alhaiseksi. Liikenopeus-kuorma -jatkumon toisessa päässä nopea liike voidaan suorittaa, kun kuorma on alhainen. Tällöinkin suorituksen teho jää alaiseksi. Suurin mekaaninen teho voidaan suorittaa arviolta 30-60 prosentin kuormilla maksimaalisesta voimantuotosta. Tätä voidaan kutsua optimitehoalueeksi. (Newton & Kraemer 1994) Suurimman tehontuoton alue vaihtelee kuitenkin suuresti riippuen harjoitusliikkeestä ja henkilön harjoittelustaustasta, joten se on testattava yksilöllisesti jokaiselle urheilijalle erikseen. (Izquierdo

ym. 2002) Nopeusvoimaominaisuuksien kehittäminen on optimaalisinta kun harjoittelu sisältää harjoitteita kaikilla kolmella kuorma-liikenopeus alueella; pieni kuorma-suuri liikenopeus, optimitiheoalue sekä suuri kuorma-pieni liikenopeus. (Haff & Nimphius 2012)



Kuva 2. Teoreettinen voima-nopeus -käyrä (mukailtu Newton & Kraemer 1994)

### Harjoittelua jaksottamalla useita suorituskyvyn huippujaksoja

Urheilijan harjoittelussa voi kuitenkin olla haasteita harjoittaa näitä kaikkia yhtäaikaaisesti, joten usein harjoittelua jaksotetaan keskittymään kuorma-liikenopeus jatkumon jompaankumpaan päähän muutamiksi viikoiksi kerrallaan, samalla kuin muita ominaisuuksia jatkumolla ylläpidetään. Nopeusvoimaharjoittelussa tuleekin huomioida, että harjoittelu sisältää sekä suurella että pienellä kuormalla ja vastaavasti pienellä ja suurella nopeudella tehtäviä harjoitteita. (Haff & Nimphius 2012; Newton & Kraemer 1994) Niin sanotussa blokkiharjoittelumenetelmässä nopeusvoimaharjoittelu jaetaan kolmeen peräkkäiseen jaksoon, joissa keskitytään vain muutaman ominaisuuden harjoittamiseen kerrallaan samalla kuin muita ominaisuuksia ylläpidetään. Ensimmäinen jakso (2-4 viikkoa) on tehostettu harjoitusjakso, jossa harjoitusmäärä on normaalia suurempi ja pääpaino on maksimivoiman harjoittamisessa. Toisella jaksolla (2-4 viikkoa) pääpaino on nopeusvoiman harjoittamisessa ja harjoittelun määrä normaali. Tällöin edellisellä jaksolla kasvanut maksimivoima pyritään siirtämään nopeusvoimaominaisuuksiksi. Kolmas jakso (1-2 viikkoa) on herkistelyjakso, jolloin harjoittelumäärä on alhainen ja pääpaino nopeus ja taitoharjoitteissa. Kehittyneet nopeusvoimaominaisuudet pyritään siirtämään lajisuoritusnopeuteen. Tällainen harjoittelu mahdollistaa useita suorituskyvyn huippujaksoja vuodessa. (Haff 2012)

Nopeusvoimaharjoittelua voidaan suorittaa myös niin sanotulla kontrasti periaatteella, jolloin suurella kuormalla tehtävää maksimivoimaharjoitetta seuraa lyhyen ajan sisällä pienellä kuormalla

suoritettava nopeusvoimaharjoite. Ajatuksena on, että maksimivoimaharjoitteen jälkeen kyetään tuottamaan suurempi teho nopeusvoimaharjoitteessa. (Häkkinen 1990) Lisäksi harjoitteet voivat sisältää heittoa ja hyppyjä lisäkuorman kanssa, jolloin liike on ballistinen eli jatkuvasti kiihtyvä koko voimantuottoajan. Tämä voi olla edullista esimerkiksi heittojen harjoittamisessa. (McArdle ym. 2014) Kaikessa normaalissa liikkumisessa on mukana vastaliike (venymis-lyhenemissyklus), joka parantaa tehontuotto arviolta 15-20 prosenttia. Vaikutusmekanismeina ovat lihasten esiaktiivisuus, elastisuus ja refleksitoiminta. (Komi 1986) Tätä ominaisuutta voidaan harjoittaa suorittamalla liikkeitä sellaisilla venyttävillä kuormituksilla, joihin ei ole totuttu. Esimerkkinä tällaisesta niin sanotusta plyometrisestä harjoittelusta voisi olla pudottautuminen jalkaralta alas lattialle ja välittömästi hyppy toiselle jalkaralle. Hermostollinen maksimivoimaharjoittelu ja nopeusvoimaharjoittelu ilman tällaista iskutusharjoittelua eivät kehitä venymis-lyhenemissyklusen toimintaa, joten plyometrinen harjoittelu on avainasemassa monissa esimerkiksi hyppyjä ja loikkia sisältävissä urheilulajeissa. (Haff & Nimphius 2012; Kraemer & Häkkinen 2002; McArdle ym. 2014)

### **Kestävyyсурheilijakin hyötyy voimaharjoittelusta**

Myös kestävyysurheilijoiden optimaalisen voimaharjoittelun tulisi sisältää hermostollista maksimivoima- ja nopeusvoimaharjoittelua, lisättyä mahdollisesti venymis-lyhenemissyklus harjoittelulla. Tällaisen voimaharjoittelun avulla kestävyysurheilija voi mahdollisesti parantaa taloudellisuutta, viivästyttää väsymystä, kehittää anaerobista kapasiteettia, parantaa maksimaalista suoritusnopeutta, parantaa suoritustekniikkaa ja ehkäistä vammoja. Huomioitavaa on myös, että tutkimuksissa voimaharjoittelun ei ole havaittu heikentävän kestävyysominaisuuksia.

Voimaharjoittelun positiivisen vaikutuksen kestävyysuorituskykyyn arvellaan johtuvan hermostollisista, rakenteellisista ja aineenvaihdunnallisista tekijöistä. Parantuneen lihasaktivaation ja lihas-jännekompleksin elastisuuden myötä maksimaalinen voimantuotto ja voimantuottonopeus paranevat. Tämän johdosta voimantuoton suhteellinen tarve suorituksessa alenee sekä suorituksessa tarvittava submaksimaalinen voima kyetään tuottamaan nopeammin. Tämän seurauksena relaksaatioaika lihassupistusten välillä voi kasvaa ja verenkierto tehostua työskentelevissä lihaksissa. Lihasten aineenvaihdunta paranee ja suorituksesta tulee taloudellisempi. Voimaharjoittelun myötä myös tyypin I lihassolujen voimantuottokyky paranee ja tyypin II lihassolujen käyttöönotto kestävyysuorituksessa alenee. Lisäksi glykogeenivarastot kasvavat ja anaerobinen ja aerobinen energiantuotto paranee. Lopputuloksena glykogeenivarastot säästyvät kestävyysuorituksen aikana, väsyminen hidastuu ja loppukirikyky paranee. (Aagaard & Andersen 2010; Beattie ym. 2014; Ronnestad & Mujika 2013)

### **Lajinomainen voimaharjoittelu siirtää lihasvoimaa suoritukseen**

Maksimoidakseen nopeusvoimaominaisuuksien kehittymisen urheilijan tulee tehdä hermostollista maksimivoimaharjoittelua, nopeusvoimaharjoittelua optimitehoalueella sekä räjähtävää voimaharjoittelua pienellä kuormalla kuntosalilla levytangolla, käsipainoilla ja painopakalaitteilla.

Lisäksi harjoittelun tulee sisältää plyometristä harjoittelua, kuten niin sanottuja box-hyppyjä tai loikkaharjoituksia, erityisesti jos laji vaatii iskutuksia. Myös hypertrofista voimaharjoittelua tulee olla mukana harjoittelussa ainakin vähäisessä määrässä, koska se kehittää lihasten anaerobista aineenvaihduntaa ja kehittää lihas-jänne -rakenteita kestävästi suuri tehoista harjoittelua.

Jotta raskasta voimaharjoittelua voidaan toteuttaa turvallisesti, tulee harjoitusohjelmaan sisällyttää kuntosalilla tapahtuvaa voimaharjoittelua tukevaa harjoittelua. Siinä tulee huomioida esimerkiksi lihastasapaino, ryhtiä ylläpitävät lihakset, notkeus ja mahdollisten lajivammojen ennaltaehkäisy.

Kuntosalilla kehitetty lihasvoima siirtyy itse lajisuoritukseen, kun harjoitusohjelmassa on lajinomaista voimaharjoittelua kentällä tai vastaavissa lajiolosuhteissa, esimerkiksi käyttämällä lisäpainoja lajinomaisissa harjoitteissa, yli/alipainoisia välineitä jne. Lisäksi lajitaito- ja tekniikkaharjoitteita tulee tehdä jatkuvasti.

Tällainen voimaharjoittelu sopii niin nopeus- kuin kestävyyslajien urheilijoillekin (Aagaard & Andersen 2010; Haff & Nimphius 2012; Newton & Kraemer WJ 1994). Voimaharjoitteluun tulee totuttautua lisäämällä vähitellen kuormituksen määrää ja tehoa. Parhain tulos saavutetaan, kun aikuisiän voimaharjoittelun vaatimukset huomioidaan tarkoituksenmukaisella tavalla jo lasten ja nuorten harjoittelussa. (Lloyd ym. 2104)

Juha Ahtiainen LitT

Yliopistotutkija

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Sähköposti: [juha.ahtiainen@jyu.fi](mailto:juha.ahtiainen@jyu.fi)

## **Kirjallisuutta:**

- Aagaard P, Andersen JL. 2010. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports* 20 (Suppl. 2): 39–47.
- Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. 2014. The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes. *Sports Med*. DOI 10.1007/s40279-014-0157-y.
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. 2011. Developing Maximal Neuromuscular Power Part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production *Sports Med* 41 (1): 17-38.
- Haff GG, Nimphius S. 2012. Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal*. 34: 6.
- Haff GG. 2012. Periodization of Training. Teoksessa Chandler JT and Brown LE (toim.). *Conditioning for Strength and Human Performance* (pp. 326-343). Lippincott Williams and Wilkins.
- Häkkinen K, Alén M, Komi PV. 1985a. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*. Dec;125(4):573-85.
- Häkkinen K, Keskinen KL. 1989. Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength- and endurance-trained athletes and sprinters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 59(3):215-20.
- Häkkinen K, Komi PV, Alén M. 1985b. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand*. Dec;125(4):587-600.
- Häkkinen K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet: vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Izquierdo M, Häkkinen K, Gonzalez-Badillo JJ, Ibáñez J, Gorostiaga EM. 2002. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol*. 87(3):264-71.
- Komi PV. 1986. Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *International Journal of Sport Medicine* 7:10
- Kraemer & Häkkinen. 2002. *Strength Training for Sport*. Blackwell Science Ltd.
- Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, Brewer C, Pierce KC, McCambridge TM, Howard R, Herrington L, Hainline B, Micheli LJ, Jaques R, Kraemer WJ, McBride MG, Best TM, Chu DA, Alvar BA, Myer GD. 2014. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med*. Apr;48(7):498-505.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. 2014. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*. 8th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, ML, USA.
- Newton RU, Kraemer WJ. 1994. Developing explosive muscular power: implications for a mixed method training strategy. *Strength Cond J*. 16 (5): 20-31.



- Rønnestad BR, Mujika I. 2013. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports*. doi: 10.1111/sms.12104.
- Roth SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. 2000. High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J Appl Physiol* (1985). Mar;88(3):1112-8.
- Sale, D.G. 1992. Neural adaptations to strength training. *Teoksessa Strength and power in sport, (toim.) P.V. Komi, 249-65. Oxford: Blackwell Scientific*
- Vierck J, O'Reilly B, Hossner K, Antonio J, Byrne K, Bucci L, Dodson M. 2000. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int.*;24(5):263-72.
- Zatsiorsky & Kraemer. 2006. *Science and Practice of Strength Training-2nd Edition. Human Kinetics, Champaign, IL., USA.*