



Suorituskykyvalmentaja



TUTKIMUSKATSAUS VKO 1/2021

Hyvää vuotta 2021 ja tervetuloa uunituoreen tutkimuskatsauksen pariin. Aihe on jälleen erittäin mielenkiintoinen, sillä **pureudumme kehonrakennusharjoittelun vaikutuksiin lihassolun ominaisuuksissa**. Lähiaikoina kannattaa myös seurata viestintäämme tarkasti, sillä julkaisemme pian uuden Jatkuvan Oppimisen Alustamme JOPAn, jossa voit opiskella suorituskyvyn kehittämiseen liittyviä asioita täysin haluamaasi tahtiin. **Voit voittaa jäsenyyden JOPAan uutiskirjeen lopusta löytyvässä arvonnassa**. Mutta nyt tutkimuksen pariin!

Tässä uutiskirjeessä:

- *Miten kehonrakentajien lihassolujen voimantuotto eroaa verrokeista?*
- *Miksi aiemmissa tutkimuksissa on saatu eroavia tuloksia?*
- *Voiko "lihaslaatu" olla selittävä tekijä ilmiön taustalla?*

Arvioitu lukuaika: 5min

LIHASSOLUKOON JA VOIMAN SUHDE



TUTKIMUSKATSAUS VKO 1/2021

Tarkoitus: Viime vuosina on kiistelty siitä, kasvaako lihaksen supistumissuorituskyky suhteessa massaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena olikin tarkastella, ilmeneekö lihashypertrofia suorituskyvyn kustannuksella.

KOEHENKILÖT

Tutkimukseen rekrytoitiin kuusi vähintään viiden vuoden treenikokemuksen ja IFBB-pro -kortin omaavaa naturaalia mieskehonrakentajaa sekä kuusi iän mukaan sovitettua vapaa-ajallaan aktiivista verrokkia, jotka eivät ottaneet osaa voimaharjoitteluun.

MITTAUKSET

Tutkijat määrittivät nelipäisen reisi- ja selän lihasmassan MVC:n ja CSA:n sekä ulomman reisi- ja selän lihasmassan CSA:n sekä lihasarkkitehtuurin (CSA ja lihaspaksuus). Lisäksi tutkittavilta otettiin lihassolunäyte yksittäisten lihassolujen analysoimiseksi, jonka perusteella laskettiin lihassolun spesifi jännite.

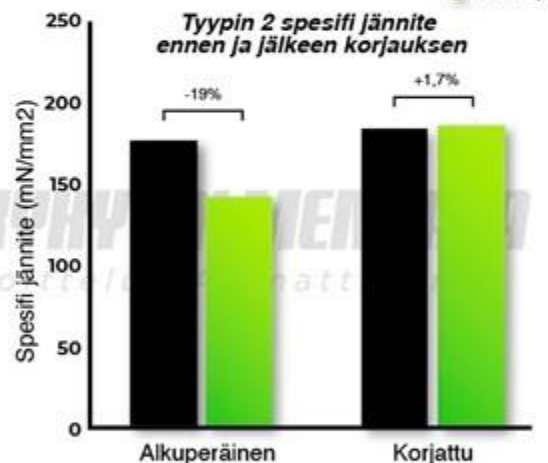
MVC=Maksimaalinen tahdonalainen supistus CSA=poikkipinta-ala

TULOKSET

MVC ja CSA: Kehonrakentajien nelipäisen reisi- ja selän MVC (32%+) ja CSA (58%+) sekä ulomman reisi- ja selän CSA (37%+) olivat suurempia kuin verrokkien. Kun MVC normalisoitiin CSA:ta kohden, ei ryhmien välillä havaittu merkittävää eroa.

Arkkitehtuuri: Kehonrakentajien lihassolujen pinnat (lihaspaksuus) ja lihaspaksuuden välinen kuiva) havaittiin olevan 15% suurempi kuin verrokkien. Puolestaan lihaspaksuuden pituudessa ei havaittu merkittäviä eroja.

Spesifi jännite: Spesifin jännitteen (eli lihassolun tuottama voima jaettuna sen poikkipinta-alalla) ei havaittu eroavan merkittävästi tyypin I lihassoluissa, mutta tyypin II lihassoluja tarkasteltaessa kehonrakentajien spesifi jännite oli merkittävästi matalampi. Tämä eroavaisuus kuitenkin katosi, kun solun poikkipinta-alassa huomioitiin lihassolunäytteen käsitteystä aiheutuva turvotus ja spesifi jännite korjattiin.



Yhteenveto: Tässä tutkimuksessa siis havaittiin kehonrakentajien ja vapaa-ajallaan aktiivisten verrokkien lihassolujen tuottavan saman verran voimaa kokoonsa suhteutettuna. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lihaksen kasvaessa kooltaan (pääosin lihassolujen kasvaessa), kasvaa myös sen voimantuottopotentiaali. Tämä tulos sotii osaltaan sitä ajatusta vastaan, että kehonrakennustyyppinen harjoittelu aiheuttaisi enemmän ei-supistuvien komponenttien kasvua (sarkoplasminen hypertrofia) täten heikentäen lihaksen voimantuottopotentiaalia. Näin ollen kooltaan vastaavien kehonrakentajien ja voimalajien urheilijoiden väliset erot voimantuotossa selittyvät mitä luultavimmin muilla tekijöillä.

Lähde: Monti, Elena et al. "Are muscle fibres of body builders intrinsically weaker? A comparison with single fibres of aged-matched controls." *Acta Physiol (Oxf)*. 2020;e13557. doi:10.1111/apha.13557

Lyhyt vastaus - Ei ainakaan tämän tutkimuksen perusteella

Kuten tieteelle on ominaista, on tutkittaessa yhtä ominaisuutta kontrolloitava muita mahdollisesti sekoittavia tekijöitä. Koska voimantuottoon vaikuttavat lukuisat muutkin eri ominaisuudet kuin lihaksen koko (esim. lihasaktivaatio, arkkitehtuuri ja jänteen jäykkyys muutamia mainitakseni), on aiheen tutkiminen verrattain haastavaa. Tässä tutkimuksessa asiaan löydettiin mielenkiintoinen ratkaisu.

Edellä kuvatut ongelmat kiertääkseen tutkijat päättivät tarkastella yksittäisen lihassolun tuottamaa voimaa suhteessa solun kokoon (*spesifi jännite*). Tutkimalla lihaskasvun sekä voiman välistä yhteyttä lihassolutasolla, voidaan poistaa mm. hermojärjestelmän sekä jänteen ominaisuuksien tuomat mahdolliset sekoittavat tekijät.

Kuitenkin, ennen kuin yksittäisten lihassolujen tuottamaa voimaa voidaan mitata, tulee lihassolukalvo (*sarkolemma*) **permeabilisoida** eli käsitellä läpäiseväksi kalsiumille. Tämä prosessi mahdollistaa sen, että tutkija pystyy kontrolloimaan lihassolun kalsiumin ja energian (ATP) saantia näin ollen vastaten solun voimantuotosta. Loppujen lopuksi yksittäisen lihassolun voimantuottoon vaikuttaa enää teoriassa solun supistuvan komponentin proteiinien tiheys (*myofibrillaarinen tiheys*).

Sitten itse asiaan. - Tämän tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa voisi ensisilmäyksellä näyttää siltä, että kehonrakentajien **spesifi jännite** eli siis lihassolun tuottama voima suhteutettuna sen kokoon ($=F_m / CSA$) on matalampi kuin verrokeilla. Edellä kuvatus permealisaatio-prosessin tiedetään kuitenkin aiheuttavan turvotusta lihassoluissa, mikä luonnollisesti saa lihassolun ilmenemään mittauksissa suurempana kuin mitä se todellisuudessa on. Tutkijat tiedostivat tämän ja laskivat kullekin solutyypille ja koehenkilölle turvotusindeksin, mitä sittemmin käytettiin jo mitatun lihassolun poikkipinta-alan korjaamiseen. Kas kummaa, korjattaessa poikkipinta-ala, katosivat myös tutkimuksessa havaitut eroavaisuudet spesifissä jännitteessä ryhmien väliltä.

Tässä tutkimuksessa havaittiin siis kehonrakentajien sekä vapaa-ajallaan aktiivisten verrokkien lihassolujen tuottavan saman verran voimaa kokoonsa suhteutettuna. Tämä havainto herättää kaksi kysymystä. Ensinnäkin, mitä aiempi tutkimusnäyttö sanoo aiheesta ja toiseksi, minkä takia kehonrakentajien lihassolujen ylipäätään oletetaan olevan heikompia.

Miksi aiemmissa tutkimuksissa on havaittu spesifin jännitteen kasvavan?

Edellä kuvattu tutkimus ei suinkaan ole ainoa, jossa voiman ja lihasmassan suhdetta on päätetty tarkastella yksittäisen lihassolun näkökulmasta. Esimerkiksi useassa pitkittäistutkimuksessa [A, B ja C] on havaittu spesifin jännitteen pysyvän varsin

muuttumattomana lihassolun poikkipinta-alan kasvaessa harjoittelun seurauksena. Kuitenkin joissain tutkimuksissa [D ja E] spesifin jännitteen on havaittu jopa kasvavan harjoitusjakson jälkeen, vaikkei lihassolukoossa havaittu muutosta suuntaan tai toiseen.

Mistä tämä spesifin jännitteen kasvu voisi johtua? - Kuten edellisestä kappaleesta ilmeni, vaikuttaa yksittäistä lihassolua sen luonnollisen toimintaympäristön ulkopuolella (*ex vivo*) tarkastellessa sen voimantuottoon ainoastaan myofibrillaarinen tiheys. Kuitenkin mikäli solua tarkastellaan sen luonnollisessa toimintaympäristössä (*in vivo*) eli kiinni lihaksessa, ympäröi lihassolua vielä sidekudosrakenteet (jotka permeabilisaatiossa poistettiin). Tällöin spesifiin jännitteeseen voi vaikuttaa lisäksi lihassolun supistusvoimien välittyminen lateraalisesti lihassäikeeltä toiselle lihaksen sisäisiä sidekudosrakenteita pitkin (*lateraalinen voimansiirto*).

Suurimman osan ajasta kun spesifin jännitteen havaitaan kasvavan voimaharjoittelun seurauksena, on mittaukset suoritettu *in vivo* (eli kollageenikerrosten vielä ollessa kiinnittyneenä). Vastaavasti kun mittaukset on toteutettu *ex vivo* (kollageenikerrokset poistettuna, kuten tässä tutkimuksessa), ei spesifin jännitteen tyypillisesti havaita muuttuvan. Näyttäisi siis siltä, että spesifin jännitteen kasvu em. tutkimuksissa johtuu lateraalisesta voimansiirrosta.

Entä miksi kehonrakentajien lihassolujen ajatellaan olevan heikompia? - On totta, että joissain tutkimuksissa on havaittu myös spesifin jännitteen laskevan keskiraskailla kuormilla (ja korkealla volyymilla) toteutetun voimaharjoittelun seurauksena. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa havaittiin kehonrakentajien omaavan matalampi spesifi jännite verrattaessa voimalajien urheilijoihin.

Erään selitysmallin mukaan lihassolun tuottama voima skaalautuu ennemminkin solun halkaisijan kuin poikkipinta-alan mukaan. Koska poikkipinta-ala ($CSA = n \times (halkaisija/2)^2$) on verrannollinen halkaisijan neliöjuuren kanssa, voitaisiin spesifin jännitteen havaita laskevan lihassolun kasvaessa. Tämä kuitenkin havaittiin poikittaistutkimuksessa, ja kuten edellä ilmeni, oli kysymykseemme paremmin vastaavissa pitkittäistutkimuksissa havaittu spesifin jännitteen pysyvän muuttumattomana tai jopa kasvavan voimaharjoittelun seurauksena.

Joten jos tämä ei selitä suurempaa spesifiä jännitettä raskailla kuormilla toteutetun voimaharjoittelun jälkeen, niin mikä sitten?

Muuttuuko lihassolun laatu voimaharjoittelun seurauksena?

Tutkijat ovatkin spekuloineet, että lihassolun **myofibrillaarinen tiheys** (eli supistuvan komponentin proteiinien määrä per poikkipinta-alan yksikkö) voisi vaihdella. Tästä onkin sittemmin kehkeytynyt teoria, jonka mukaan raskailla kuormilla toteutettu voimaharjoittelu johtaisi enemmissä määrin supistuvan komponentin proteiinien kasvuun (*myofibrillaarinen hypertrofia*) ja kääntäen kehonrakennustyyppinen harjoittelu

johtaisi enemmän supistumattoman komponentin kasvuun (*sarkoplasminen hypertrofia*).

Kuten edellä ilmeni, oli tässä tutkimuksessa ainoa tekijä lihassolun spesifin jännitteen taustalla sen myofibrillaarinen koostumus. Koska loppujen lopuksi ei spesifissä jännitteessä havaittu eroavaisuuksia ryhmien välillä, voidaan päätellä, ettei myofibrillaarinen koostumus muutu merkittävästi ainakaan kehonrakennustyyppisen harjoittelun seurauksena. Tätä päätelmää tukee lisäksi se, ettei lihassupistukseen olennaisesti liitännäisen proteiinin, *myosiini raskasketju isoformin* (MyHC) konsentraatioissa havaittu eroa kehonrakentajien ja verrokkien välillä.

Vastaavasti vanhemmissa tutkimuksissa [1 ja 2] on havaittu, ettei myofibrillaarinen koostumus juurikaan muutu voimaharjoittelun seurauksena. Taas tuoreemmissa tutkimuksissa on myofibrillaarisen tiheyden havaittu laskevan lyhyen voimaharjoitusjakson jälkeen niin korkeilla kuormilla (ja kohtalaisella volyyymilla) kuin keskiraskaillakin kuormilla (mutta korkealla volyyymilla). Puolestaan pidempikestoisen harjoitusjakson jälkeen konsentraation on havaittu jopa nousevan.

Nämä tulokset viittaisivat siihen, ettei kuormalla vaikuttaisi olevan tekemistä myofibrillaarisen koostumuksen kanssa. Kaiken kaikkiaan tämä on varsin järkeenkäypää. Mikäli supistuvan komponentin proteiinit pakkautuisivat yksittäiseen lihassoluun tiheämmin voimaharjoittelun johdosta, havaitsisimme tutkimuksissa aina spesifin jännitteen kasvavan harjoittelun seurauksena. Tätä kuitenkin harvemmin tapahtuu, kuten edellisessä kappaleessa totesimme.

Eli, vaikka pääsääntöisesti tutkimuksissa havaitaan spesifin jännitteen pysyvän varsin muuttumattomana, on spesifin jännitteen havaittu kasvavan enemmän raskaammilla kuin kevyemmilla kuormilla harjoiteltaessa. Tarkkaa syytä tämän ilmiön taustalla ei toistaiseksi tiedetä. Osaltaan kokonaiskuvaan saattavat vaikuttaa esimerkiksi tutkimuksissa käytetyt mittausmenetelmät kuin myös tilastolliset mallit.

Yhteenveto:

Tässä tutkimuksessa siis havaittiin kehonrakentajien ja vapaa-ajallaan aktiivisten verrokkien lihassolujen tuottavan saman verran voimaa kokoonsa suhteutettuna. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lihaksen kasvaessa kooltaan (pääosin lihassolujen kasvaessa), kasvaa myös sen voimantuottopotentiaali. Tämä tulos sotii osaltaan sitä ajatusta vastaan, että kehonrakennustyyppinen harjoittelu aiheuttaisi enemmän ei-supistuvien komponenttien kasvua (*sarkoplasminen hypertrofia*) näin ollen heikentäen lihaksen voimantuottopotentiaalia. Näin ollen kooltaan vastaavien kehonrakentajien ja voimalajien urheilijoiden väliset erot voimantuotossa selittyvät mitä luultavimmin muilla tekijöillä.

Lukusuositus: Mikäli aihe kiinnostaa enemmän, suosittelen lukemaan Greg Nuckolsin loistavan aihetta myös lihastasolla käsittelevään artikkelin täältä

