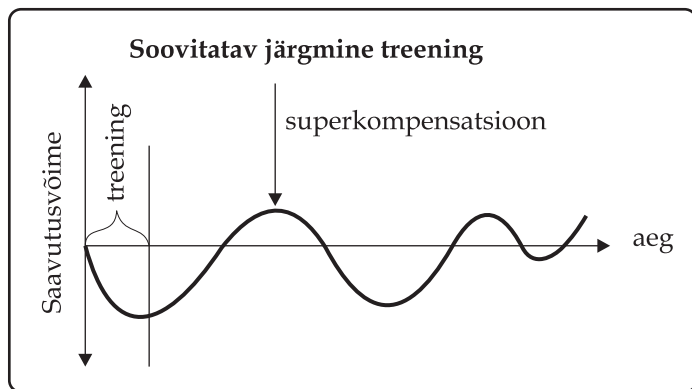


## TÖÖVÕIME PIKAAJALINE DÜNAAMIKA

### Teet Seene

Inimese saavutusvõime konkreetsel spordialal sõltub tema eeldustest, nende realiseerimise soovist ja oskustest treeningute jooksul. Igat treeningut, sõltumata selle spetsiifikast, võib iseloomustada kui indiviidi momendi saavutusvõime ja treeningu jooksul kuhjunud väsimuse suhet. Treeningu lõppedes on väsimus suurem kui töövõime selle algul. Pärast püsivat taastumist on momendi saavutusvõime juurdekasv suurem kui eelmisest treeningust jäänud väsimus.

Tahtmatult tekib küsimus saavutusvõime dünaamika põhjuste kohta. Kehaline tegevus (lihaste töö) vähendab organismi energeetilisi varusid, kuna lihaskontraktsioon ja paljud teised elutalitluslikud protsessid vajavad energiat. Treeningu jooksul energiavarud vähenevad, intensiivse ainevahetuse käigus kuhjub organismi lagu- ja lõpp-produkte, muutub närvi-lihasaparaadi funktsioon, retseptorite talitlus, kesknärvisüsteemi talitlus, muutused töötavate lihaste erinevates organellides viivad väsimuse tekkele. Seega on treeningu lõppedes vähenenud nii organismi energeetiline kui ka plastiline potentsiaal. Nende taastumine nõuab aega ja selle aja jooksul väheneb (kaob) organismis väsimus.



Joonis 1. Töövõime dünaamika treeningu ja taastumise jooksul

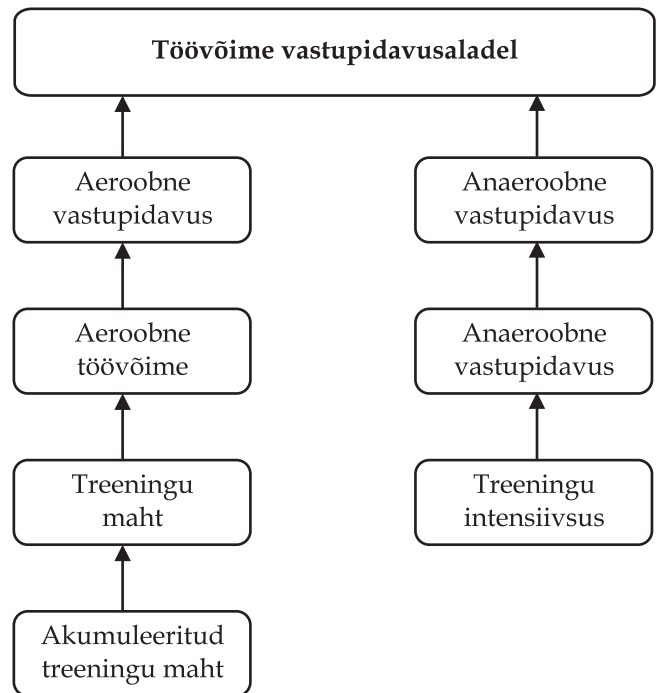
Organismi töövõime lühiaegse taastumise dünaamika skeem iseloomustab põhimõtteliselt ka pikaajalist taastumist. Joonisel 1 on kujutatud organismi lühiajalist taastumise dünaamikat spordifüsioloogias hästi tuntud superkompensatsiooni fenomeni kaudu. Treeningu jooksul toimuv töövõime langus on tingitud eespool toodud põhjustest. Treeningule järgnev piisav taastumisperiodid tagab energeetiliste ja plastiliste varude taastumise tulemusena ka kõrgema töövõime (saavutusvõime). Joonisel 1 osutatud sobivaim aeg järgmise treeningu alustamiseks on superkompensatsiooni faas. Kui treening on ühekordne ja sellele ei järgne enam treeninguid või on treeningus väga pikad pausid, kustub treeningu järelmõju töövõimele (joonis 1).

### TÖÖVÕIME DÜNAAMIKA KUJUNDAMINE

Töövõime pikaajalise dünaamika teadlik kujundamine eeldab treeningu pikaajalist planeerimist. Selleks et sportlane jõuaks planeeritud lõpp-eesmärgini, on otstarbekas püstitada vahe-eesmärgid. Vahe-eesmärkideni jõudmiseks on vajalikud vaheülesanded. Sellise treeningu periodiseerimise eesmärk on tagasisidel põhineva informatsiooni kogumine organismi kohastumisest treeningukoormustega ehk teha kindlaks organismi töövõime dünaamika. Organismi töövõime dünaamikat arvestamata on võimatu ajastada treenituse tipphehk(i). Samuti aitab see teadmine hoiduda ületreeningust, kuna on teada organismi reaktsioon koormus(t)ele. Töövõime pikaajalise dünaamika jälgimise tulemusena saame ülevaate treeningu adekvaatsusest konkreetse sportlase jaoks. Toome järgmisena näite pikaajalise töövõime jälgimise keerukatest probleemidest vastupidavustreeningu põhjal.

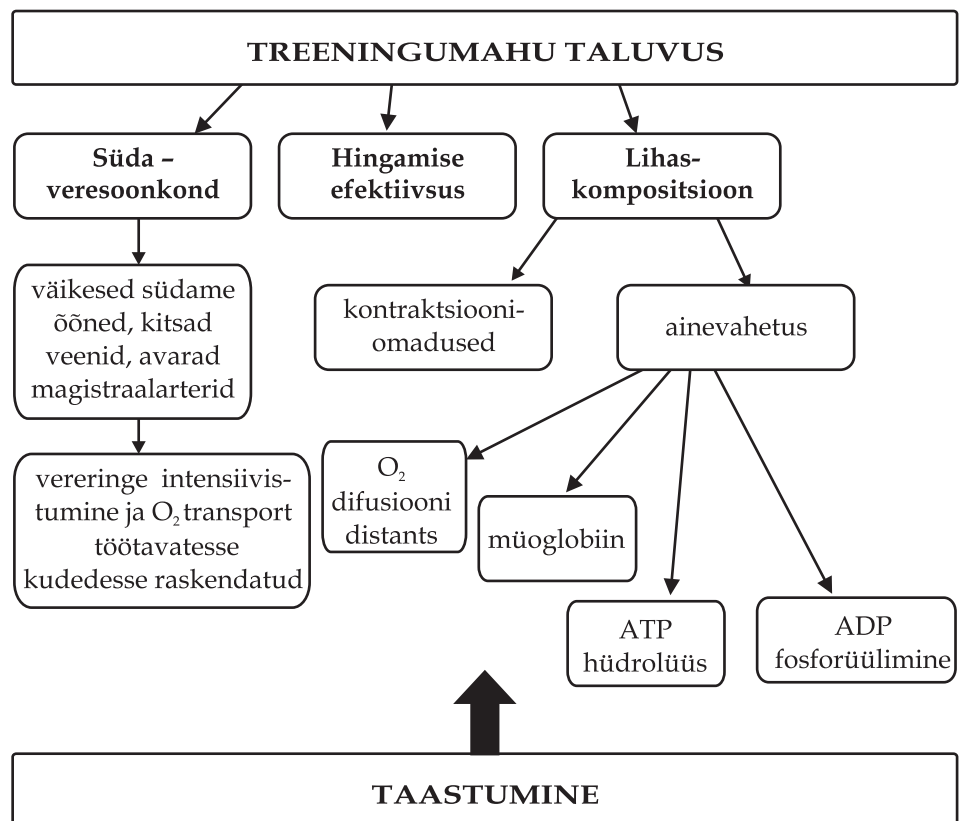
Vastupidavusaladel on läbi aegade peetud välja- paistvate sportlike tulemuste saavutamise eelduseks kõrget aeroobset töövõimet (joonis 2).

Kõrge aeroobse töövõime kindlustab aeroobne vastupidavus. Aluse loomine aeroobsele vastupidavusele kestab aastaid ning treeningu maht suureneb selle aja jooksul enam kui kümme korda. Selle aja jooksul kohaneb organism suure treeningu mahuga ja nn akumulieeritud maht on vundamendiks aeroobse ja anaeroobse läve kiiruste tõstmisel. Nõustuda tuleb seisukohaga, et nüüdisajal peaks vastupidavusaladel edu saavutamiseks olema sportlase elu esimeseks veerandiks nn akumulieeritud treeningu maht ligikaudu 50 000 km. Lävekiiruste tõstmine sõltub omakorda lihaskõuet. Lihaskõuet all, mida spordis peetakse kõigidel vastupidavusaladel sama oluliseks kui aeroobset vastupidavust, mõistetakse eelkõige aeglase lihaskõuet tehtavat tööd, seejuures ei moodusta nende osakaal kogu lihaskõuet rohkem kui veerandi. Jõu vastupidavuse all mõistetakse olukorda, kus kõik lihase motoorsed ühikud on haaratud vaheldumisi tegevusse. Tavaliselt saab jõuvastupidavusest rääkida, kui jõurakendus on alla 40% maksimaalsest. See omakorda toob kaasa anaeroobsete protsesside kaasamise lihase ainevahetusse. Kuna vastupidavusalade mõiste on väga lai, saab nendel aladel kehtivatest põhimõtetest rääkida ka väga üldiselt. Nii on akumulieeritud treeningumahu varieeruvus ainuüksi jooksualadel 5000 – 50 000 km ja jõurakendus 20–60%, sõudjatel aga kuni 90% maksimumist. Juba ülaltoodud näidetest piisab mõistmaks, et tippsportlase treening vastupidavusaladel on väga spetsiifiline. Suured treeningumahud ja intensiivsus, mida tippsportlased tänapäeval kasutavad, ei mahu enam ajalooliselt tavapärase treeninguõpetuse printsiipide raamidesse. Treeningu teooriat järgides, nn harjutuste kokkusobivuse põhimõtteid arvestades, näiteks anaeroobse ja kataboolse toime järgi neid jaotades, ei oleks tänapäeval võimalik trennida (joonis 3).

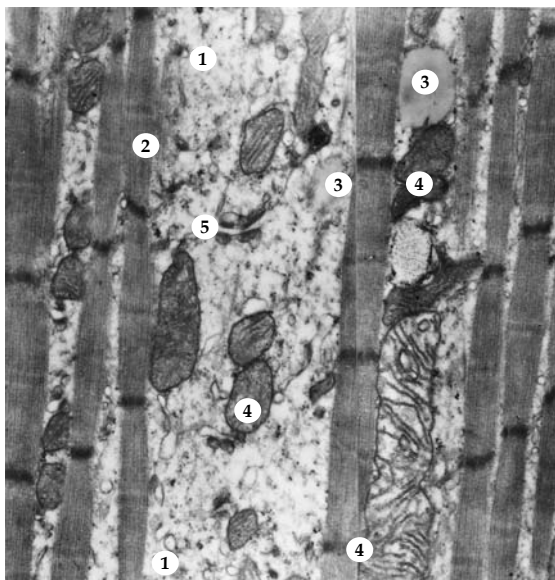


Joonis 2. Töövõimet kujundavad treeningukomponendid

Kuna vastupidavusalade mõiste on väga lai, saab nendel aladel kehtivatest põhimõtetest rääkida ka väga üldiselt. Nii on akumulieeritud treeningumahu varieeruvus ainuüksi jooksualadel 5000 – 50 000 km ja jõurakendus 20–60%, sõudjatel aga kuni 90% maksimumist. Juba ülaltoodud näidetest piisab mõistmaks, et tippsportlase treening vastupidavusaladel on väga spetsiifiline. Suured treeningumahud ja intensiivsus, mida tippsportlased tänapäeval kasutavad, ei mahu enam ajalooliselt tavapärase treeninguõpetuse printsiipide raamidesse. Treeningu teooriat järgides, nn harjutuste kokkusobivuse põhimõtteid arvestades, näiteks anaeroobse ja kataboolse toime järgi neid jaotades, ei oleks tänapäeval võimalik trennida (joonis 3).



Joonis 3. Treeningumahu taluvust määratlevad tegurid. Hapniku difusiooni distants on vahemaa kapillaaride vahel. Mida suurem on hapniku difusiooni distants, seda halvem on koe verevarustus. Müoglobiin - O<sub>2</sub> siduv ja transportiv valk lihases. ATP hüdrolyüsil vabaneb lihastööks vajalik energia. ADP fosforüülimine - ADPst ATP moodustumine, energia taastootmine lihases



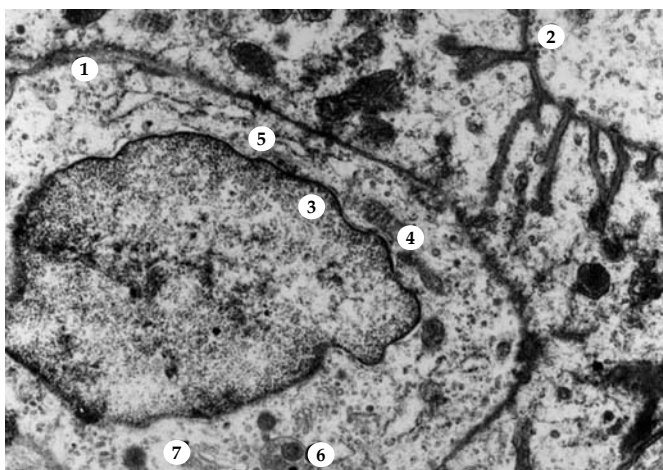
Joonis 4. Müofibrillide kahjustus ületreeningu puhul skeletilihases. Suurendus 26 000 korda.  
1 – suured müofibrillidevahelised alad; 2 – peenenenud müofibrillid; 3 – lipiiditilk; 4 – mitokondrid; 5 – T-toruke

Õnneks on tänapäevased teadmised toonud treeningu-protsessi hindamiseks uusi põhimõtteid, mis võimaldavad kasutada koormusi, eriti nende erinevaid kombinatsioone. Vastupidavustreeningu ülesehitamiseks on oluline teada konkreetse sportlase treeningumahu taluvust. Viimane sõltub skeletilihaste kompositsioonist ja sellest tingitud ainevahetuse iseärasustest, südame ja veresoonekonna iseärasustest, hingamise efektiivsusest jpm. On paratamatu, et treeningu suur maht ja intensiivsus põhjustavad kahjustusi skeletilihaskiududes ning on näidatud ka, et igal suure mahuga treeningul hävib või oluliselt kahjustub kuni üks protsent lihaskiududest (joonis 4). Kui siia lisada veel puudulik taastumine, on sportlike tulemuste paranemisest võimatu rääkida. Nii on leitud, et isegi kolm nädalat pärast edukat võistlust ülimaratonijooksus võib leida skeletilihastes kahjustunud müofibrille ja mitokondreid. Ülaltoodu iseloomustab töövõime pikaajalist dünaamikat mõjustavaid võimalikke tegureid. Järgnevalt mõned näited ülikeerukatest rakusisestest ja molekulaarsetest töövõime dünaamikat reguleerivatest mehhanismidest.

### TRENINGU MONITOORINGU TÄHTSUS TÖÖVÕIME DÜNAAMIKA KUJUNDAMISEL

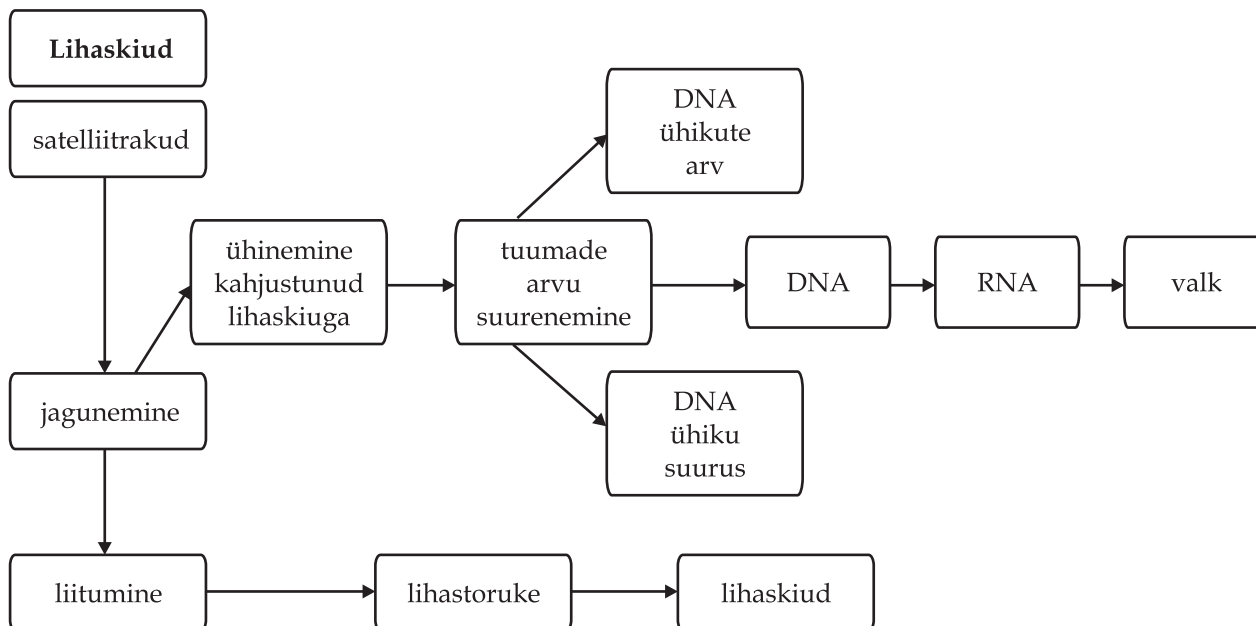
Lihaskiudude taastumine suurtest võistlus- ja treeningukoormustest toimub olulisel määral satelliitrakkude kaasabil (joonis 5). Üldmärgitud kahjustused lihaskiududes kutsuvad esile satelliitrakkude aktiveerumise, nende vabanemise basaalmembraani alt ning seejärel läbi müosümplastide uute lihaskiudude moodustumise või nende ühinemise kahjustunud lihaskiududega (joonis 6).

Satelliitrakkudele lisab olulisust treeninguprotsessis veel see, et nad sisaldavad müogeenseid regulatsioonifaktoreid (MyoD, myf-5, MRF-4/myf-6, müogeniin), mille toime realiseerub joonisel 6 toodud skeemi kohaselt. Lihaste kasv nii treeningu kui ka selle tekitatud kahjustuste puhul sõltub lihase kasvufaktoritest, nagu IGF1, MGF, FGF, ja kasvu pidurdavast faktorist müostatiinist. Atrofeerus lihases on kõrgem müostatiini sisaldus. Treening, kui selle maht ja intensiivsus ei ole ülemäärased ning järgnev taastumisperiood on piisav, kutsub esile kõikide eeltoetletud lihase positiivsete kasvufaktorite sünteesi intensiivistumise.



Joonis 5. Satelliitrakk. 1 – satelliitrakk; 2 – närvi-lihassünaps; 3 – satelliitraku tuum; 4 – mitokondrid; 5 – granulaarne endoplasmaatiline võrgustik; 6 – autofaagiline vakuool; 7 – Golgi kompleks

Oluliseks probleemiks treeningus on uute meetmete leidmine selleks, et toimuks pidev resultatiivsuse kasv. Treeningumaht on aastatepikkuse treeninguga viidud maksimumini ning selle suurendamine ei viiks töövõime tõusule, vaid looks soodsa pinnase vigastuste tekkeks. Üheks olulisemaks väljapääsuteeks ülalmainitud juhul on erinevate lihaskiudude jõu arendamine samaaegselt vastupidavuse arendamisega. Jõu ja vastupidavuse erinevate kombinatsioonide põhjal on leitud, et suure mahuga aeroobne vastupidavustreening koos madala korduste arvu ja suure võimsusega jõutreeninguga põhjustab aeglase lihaskiudude hüpertroofia. Kiirete kiudude kõige suurema hüpertroofia põhjustab väikesemahuline vastupidavustreening kombinatsioonis suure korduste arvuga suhteliselt väikese võimsusega jõutreeninguga. Ka suuremahuline aeroobne vastupidavustreening koos suure korduste arvu ja madala võimsusega jõutreeninguga põhjustab ainult aeglase kiudude olulise hüpertroofia. Kahtlemata ei tule lihaskiu hüpertroofia kasuks lihase O<sub>2</sub> varustamisele, kuid näitab selle kontraktsiooni-aparaadi potentsiaali suurenemist. Staiertel tuleks

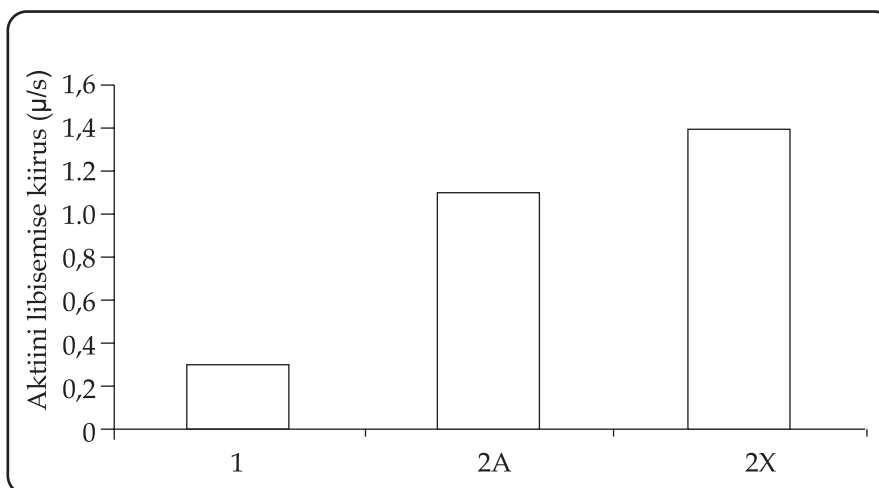


Joonis 6. Lihaskiu regeneratsiooni skeem

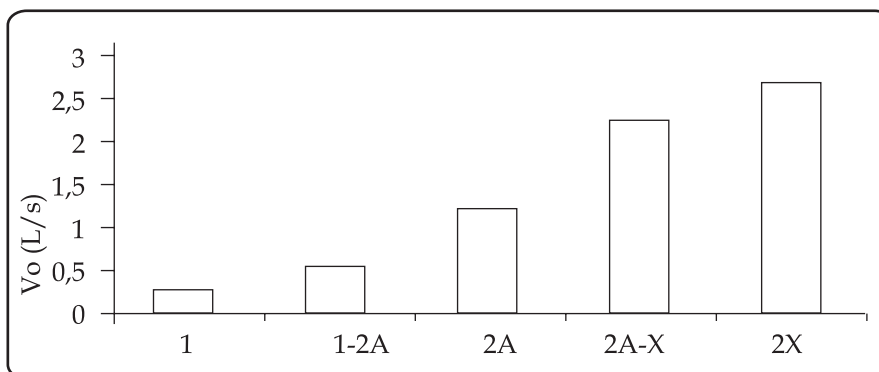
ulatuslik lihaskiu hüpertroofia kindlasti kahjuks kõrgete sportlike tulemusteni jõudmisel, kuid mürdmaasusatajatel mõningane lihaskiudude hüpertroofia seda ei takista.

Molekulaarstruktuur iseloomustab hästi lihase kontraktsiooniomadusi (joonis 7, 8). Nii on tippmürdmaasusatajatel lihase kontraktsioonivõime peamise määraja – müosiini raskete ahelate kõige aeglasemat (I) isovormi skeletilihases 69,3%, hästi treenitud sportlastel 62,7% ja treenimata meestel 50%. Kõige kiiremat isovormi (IIx) vastavalt 6,4%, 10,4% ja 16,6%. Nii suuremahuline vastupidavus- kui ka jõutreening viivad müosiini raskete ahelate isovormide kõige kiirema isovormi sisalduse langusele lihastes. Peale kontraktiilse aparadi on sellel muutusel veelgi suurem mõju energia vabanemise iseloomule lihasrakus (muutub ökonoomsemaks). Vastupidavustreening muudab müosiini raskete ahelate I ja IIx isovormide normaaljaotuvust skeletilihases. Viimane omakorda iseloomustab lihase kontraktsiooni potentsiaali ja ainevahetuse iseloomu muutusi.

Joonis 7. Lihaskiud inimese skeletilihastes. 1 - aeglane, oksüdatiivne lihaskiud, sisaldab ainult aeglast müosiini raske ahela isovormi; 2A - kiire, oksüdatiiv-glükolüütiline lihaskiud, sisaldab ainult kiiret 2a müosiini raske ahela isovormi; 2X - kiire, glükolüütiline lihaskiud, sisaldab ainult kõige kiiremat 2x müosiini raske ahela isovormi



Joonis 8. Lihaskiud ja hübriidlihaskiud inimese skeletilihastes. Hübriidkiud sisaldab rohkem kui ühte müosiini raske ahela isovormi: 1 - aeglane, oksüdatiivne lihaskiud; 1-2A - hübriidkiud, sisaldab esimest ja 2a müosiini raske ahela isovorme; 2A - kiire, oksüdatiiv-glükolüütiline lihaskiud; 2A-2X - hübriidkiud, sisaldab 2a ja 2x müosiini raske ahela isovormi; 2X - glükolüütiline lihaskiud; Vo (L/s) - sarkomeeri lühenemine, pikkus sekundis



## TIPPVORM JA ÜLETREENING

Kõige põhimõttelisem muutus nüüdisaja vastupidavustreeningus on lävikiirustel treenimise oluline suurenemine. Viimane on saanud võimalikuks tänu erinevate lihaskiutüüpide oskuslikule jõuarendamisele. Suure treeningumahu talumisele on kaasa aidanud taastumisprotsesside regulatsioon ning molekulaarsete markerite kasutamine treeningu monitooringus. Viimasena mainitu võimaldab treeningut individualiseerida ja kindlasti ennetada olukorda, kus sportlane kurnatusseisundis endise mahu ja intensiivsusega treenib. Suurte treeningukoormustega treenides on eriti oluline treeneri julgus soovitada sportlasel enne ja pärast olulisi võistlusi piisavalt taastuda. Pikaajalise töövõime dünaamika jälgimine on treenerile oluline abinõu konkreetsele sportlasele sobiva treeningurežiimi leidmisel ja tippvormi ajastamisel. Eespool kirjeldatud organismi seisundi tundmine erinevatel tasanditel annab treenerile võimaluse ajastada sportlase tippvormi. Tippvorm on organismi seisund, kus spetsiifiline funktsionaalne võimekus on ajastatud nii, et sportlane näitaks sellel ajal oma parimat sportlikku tulemust. Seda seisundit ei saa kaua säilitada ja seepärast nõuabki tippvormi ajastamine nii sportlaselt kui ka treenerilt ülimalt täpset töövõime dünaamika tundmist. Viimane saab tugineda ainult pidevale tagasisidele organismi funktsionaalse seisundi kohta. Kui seda ei õnnestu praktikas realiseerida, tekib suur ületreenimise oht.

**Tabel 1. Sümpaatilise ehk klassikalise ja parasümpaatilise ehk modernse ületreenituse vormi sümptomid**

Sümpaatiline ehk klassikaline	Parasümpaatiline ehk modernne
Töövõime langus	Töövõime langus
Kergelt väsiv	Kergelt väsiv
Väsinud	Väsinud
Ülierutuv	Flegmaatiline
Isutus	Isu hea
Kaalu langus	Stabiilne kehakaal
Südame kõrgenenud löögisagedus puhkeolukorras	Südame madal löögisagedus puhkeolukorras
Südame löögisagedus taastub pärast treeningut aeglaselt	Südame löögisagedus taastub pärast treeningut kiiresti
Vererõhk puhkeolukorras on kõrgenenud Vererõhu aeglane taastumine pärast treeningut	Hüpoplükeemia treeningu ajal
Maksimaalse laktaaditaseme langus	Submaksimaalne ja maksimaalne laktaaditaseme on langenud
Lihastoonuse langus	Meestel suguiha langus Naistel menstruaaltsioonihäired
Võistlusvalmiduse puudumine	Võistlusvalmiduse puudumine
Kõrgenenud vastuvõtlikkus nakkustele	Kõrgenenud vastuvõtlikkus nakkustele

Ajaloolisest aspektist ületreenituse sündroomi jälgides võib välja tuua kaks näiliselt väga erinevat, kuid omavahel tihedalt seotud vormi.

Esimene on klassikaline, nn sümpaatiline ületreenituse vorm, mida iseloomustab üleerutuse seisund, teine on modernne, nn parasümpaatiline vorm, mida iseloomustab flegmaatiline käitumine (tabel 1). Varajastes, põhiliselt Euroopas avaldatud uurimustes on neid sündroomi nimetatud Basedow' ja Addissoni vormideks. Need nimetused tulenevad vastavalt kilpnäärme hüperfunktsiooni (*morbus Basedow*) ja neerupealiste hüpopofunktsiooni (*morbus Addison*) iseloomustavatest terminitest, kuigi ei kilpnäärme ega ka neerupealiste patofüsioloogiat ei ole kliinilistes ületreenituse uuringutes kunagi tuvastatud.

Ületreenituse sündroomi sümpaatiline vorm esineb suhteliselt harva, olles iseloomulik plahvatusliku iseloomuga spordialadele, nagu näiteks sprint, hüpped, tõuked-heited. Parasümpaatiline vorm esineb küllaltki sageli ja on iseloomulik vastupidavusaladele.

Termin "ületreening" iseloomustab protsessi, kus treenitakse tunduvalt rohkem kui tavaliselt. Seisundi iseloomustamine selle termini abil tekitab arusaamatust, kuna ei ole teada, kas seda kasutatakse protsessi või seisundi tähenduses. Selguse mõttes on soovitatav ületreenituse seisundi iseloomustamiseks kasutada terminit "ületreenituse sündroom".

Ületreenituse sündroom on raskesti kirjeldatav seisund. Kuna kaasaegne treening, eriti vastupidavuse arendamiseks suunatud treening kätkeb endas riski ületreenituseks, on seda seisundit püütud uurida staaierite, jalgratturite, ujujate jt spordialade esindajate treeningute jälgimisel ning ka eksperimentaalselt esile kutsuda.

Peale selle, et ületreenituse sündroom on raskesti defineeritav, on see ka raskesti ravitav. Ainus ravi, mida peetakse efektiivseks, on pikaajaline (vähemalt pooleaastane) treeningukoormuse oluline langetamine. Kahjuks ei leia see ainus ja õige ravi sportlaste ja treenerite seas vajalikku rakendamist. Näib, et ületreenituse sündroom on Seyle'i adaptatsiooni sündroomi mudeli kurnatuse astme ilming. Seda oletust kinnitab asjaolu, et kehalise treeninguga kaasnevad stressorid (sõidud, töö, sotsiaalne stress, ebaõige toitumine ja liiga sage võistlemine) soodustavad ületreenituse sündroomi teket. Ületreenituse sündroomil on suur sarnasus mitmete elualade esindajatele tuntud pikaajalisest stressist põhjustatud nn läbipõlemisega, mida on täheldatud näitlejatel, ärimeestel, arstidel, üliõpilastel eksamil, sõduritel lahingu tingimustes jt.

Ületreenituse sündroomi on hüpoteetiliselt jaotatud viie põhjuse järgi: neuroendokriinsüsteemi düsfunktsioon, sümpaatiline/parasümpaatiline tasakaalutus, aminohapete omavahelise suhte häirumine ja süsivesikute defitsiit.

---

### Kordamisküsimused:

1. Millest sõltub sportlase töövõime?
2. Millest sõltub edu spordis?
3. Mida mõistetakse organismi treeningujärgse taastumise all?
4. Millist informatsiooni annavad raku ja molekulaartasandil toimuvad muutused treeningu ajal ja selle järel organismi seisundist ja töövõimest?
5. Mida annab punktis 4 küsitud informatsioon treenerile?

### KASUTATUD KIRJANDUS

1. Seene, T., Lehmann, M., Foster, C., Kaasik, P., Umnova, M. Koormustaluvus ja ületreenituse sündroom. Tartu, 2000.
2. Seene, T. Kehalise treeningu mõju organismi struktuuridele. Tartu, 2001.
3. Foster, C., *et al.* In: M. Lehmann *et al.* (eds). *Overload, Performance Incompetence, and Regeneration in Sport*. NY, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, 27–41.
4. Fry, A. In: M. Lehmann *et al.* (eds). *Overload, Performance Incompetence, and Regeneration in Sport*. NY, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, 149–160.
5. Lambert, M., *et al.* In: Lehmann, M. *et al.* (eds). *Overload, Performance Incompetence, and Regeneration in Sport*. NY, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999, 63–172.