

Biologinen ikä – näkökulmia nuorten urheiluun

Ensimmäiset valinnat nuorisomaajoukkueisiin tapahtuvat usein iässä, jossa erot murrosiän mukanaan tuomissa muutoksissa ovat suurimmillaan.

Nuorisomaatteleuita hallitsevat mitä todennäköisimmin jatkossakin yksilöt, jotka ovat sekä lahjakkaita että aikaisin kehittyviä.

Se, että myös murrosiässä sen hetkinen parhaimmisto kisaa toisiaan vastaan, on urheilijana kehittymisen kannalta täysin hyväksyttävää. Ongelma asiasta tulee silloin, jos varhaista menestymistä kilpailuissa pidetään tärkeämpänä kuin yksilön kehittämistä.

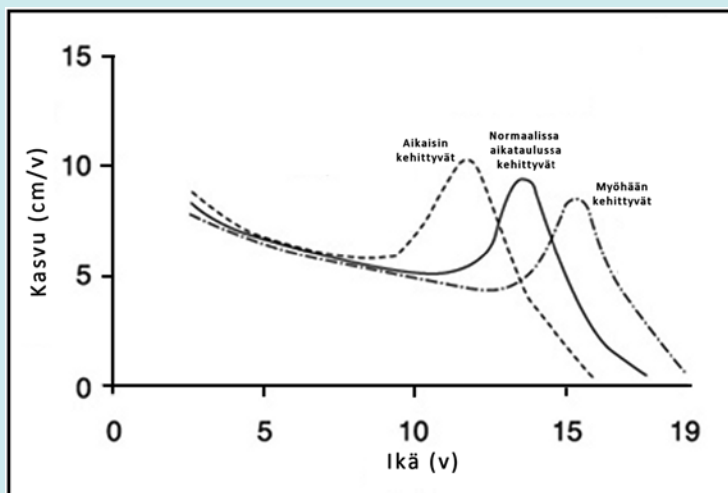
Biologisella iällä tarkoitetaan nuoren sen hetkistä fyysisen kehityksen kypsyysastetta. Normaalisti nuorten väliset erot biologisessa iässä ovat suurimmillaan murrosiän aikana, jolloin hormonaalinen herääminen muuttaa kehon koostumusta varsin dramaattisesti. Käytännössä kyse on siis siitä, että toiset yksilöt kehittyvät aiemmin kuin toiset ja kykenevät siten fyysisen suorituskykynsä puolesta siirtymään aiemmin aikuismaiseen harjoitteluun.

Nämä aikaisin kehittyvät nuoret dominoivat usein myös oman ikäryhmänsä kilpailuja tämän tilapäisen kehitysetunsa turvin. Toisaalta biologinen ikä ei kuitenkaan ole ainoa asia, joka vaikuttaa lasten ja nuorten suorituskykyyn urheilussa.

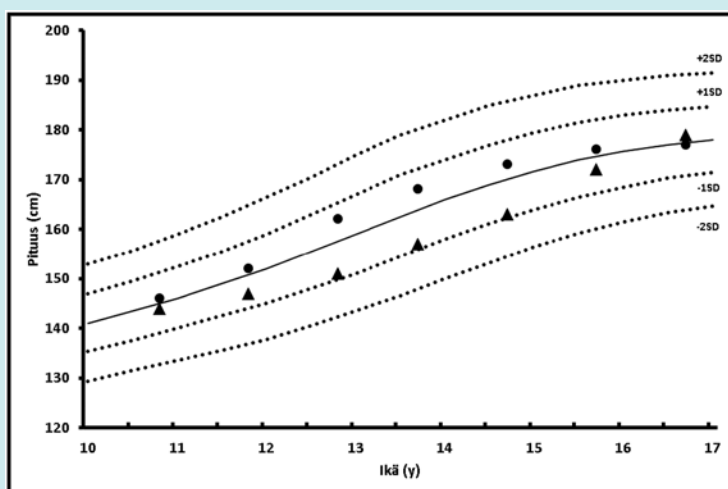
Myös kalenteri-iällä on vaikutusta jo pelkästään sen vuoksi, että aiemmin syntyneillä yksilöillä on mitä todennäköisimmin enemmän harjoitusvuosia takanaan kuin kalenteri-iältään nuoremmilla. Voidaan siis olettaa, että he ovat ”taitoiältään” nuorempiaan edellä.

Samalla tavalla nuoren suorituskykyyn vaikuttavat myös monet muut harjoitustaustaan ja perinnöl-

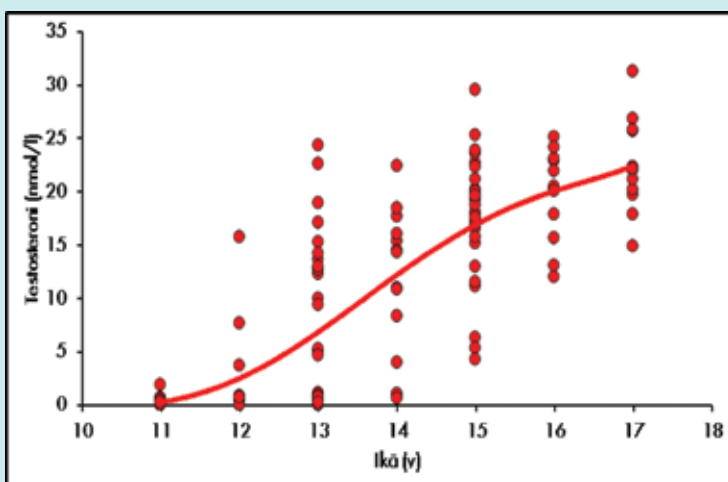




KUVIO 1. Pituuskasvun seuraamisen pituuden muutoksen avulla.



KUVIO 2. Pituuskasvun seuraaminen kasvukäyrän avulla (● = aikaisin kehittyvä; ▲ = myöhään kehittyvä).



KUVIO 3. Jalkapallojunioreiden testosteronitasot ikäryhmittäin (Punaiset ympyrät = yksilöt, Punainen viiva = keskiarvo).

lisyyteen liittyvät tekijät, mikä tarkoittaa sitä, ettei pelkän biologisen iän perusteella voida ennakoida nuoren urheilijan suorituskyykyä tai valita hänelle kehittymisen kannalta parasta mahdollista toimintaympäristöä.

Kokonaisuus on aina huomioitava ratkaisuja tehtäessä. On kuitenkin melko selvää, ettei nyrkkeilyssä 140 cm pitkää ja 35 kg painavaa poikaa laitettaisi kisaamaan 185 cm pitkää ja 80 kg painavaa miestä vastaan. Tämä on kuitenkin tilanne esimerkiksi suosituimmissa palloilulajeissa, joissa kehitysasteeltaan suuresti poikkeavat yksilöt kisaavat murrosikäisten tapahtumissa toisiaan vastaan joka päivä eri puolilla Suomea.

Koska kalenteri-ikä perustuvalla kilpailujärjestelmälle ei toistaiseksi ole esitetty realistista vaihtoehtoa, on lasten ja nuorten parissa toimivien henkilöiden syytä ymmärtää niitä ilmiöitä, joita biologiseen kehitysasteeseen liittyy ja pyrkiä aktiivisesti kehittämään toimintamalleja, joilla ilmiön haitallisia vaikutuksia saadaan minimoiduksi.

Pituuskasvun seuraaminen kertoo kehitysvaiheesta

Tarkimmin biologinen ikä voidaan määrittää lääketieteellisin menetelmin. Vasemman käden ja ranteen röntgenkuvasta määritettävän luustoiän perusteella voidaan arvioida hormonierityksen määrää ja jäljellä olevaa kasvuvaraa.

Kasvuhormoni- ja testosteronimääritykset puolestaan antavat tietoa siitä, missä määrin hormonaalinen kypsyminen nuorella on käynnistynyt. Näiden menetelmien lisäksi kehitysasteen arvioinnissa käytetään maailmanlaajuisesti melko yleisesti ulkoisten sukupuolituntomerkkien havainnointiin perustuvaa Tannerin asteikkoa (Malina ym. 2004).

Lääketieteellisiä menetelmiä biologisen iän määrittämiseksi käytetään kuitenkin lähinnä diagnosoitessa poikkeavuuksia tai akateemisessa tutkimustoitinnassa.

Käytännössä helpoin menetelmä tarkkailla lapsen biologista kypsymistä on seurata lapsen pituuskasvua. Suomessa pituuden huippukasvu ajoittuu tytöillä noin 12 ja pojilla 14 vuoden ikään. Pituuskasvun seurantaan on käytettävissä kaksi käyttökelpoista menetelmää. Ensimmäinen mahdollisuus on seurata pituuden muutosta esimerkiksi kuukauden välein ja suhteuttaa tämä muutos vastaamaan muutosta vuositason (cm/v).

Kasvupyrähdysten aikana kyseisellä mittauksella piirretty käyrä lähtee jyrkästi nousuun, kuten kuviossa 1 on nähtävissä. Toinen käytännöllinen menetelmä on mitata nuoren pituus säännöllisin väliajoin ja piirtää se suomalaisille kasvukäyrille, jolloin kasvupyrähdysten aikana käyrässä on nähtävissä vastaava, joskin visuaalisesti tarkasteltuna mallillisempi, nousu suhteessa käyrästä esitettäviin keskiarvo- tai jakaumaviivoihin (kuvio 2). Suomalaiset pituus- ja painokäyrät löytyvät interaktiivisina internetistä osoitteesta: www.kasvukayrat.fi. Näiden menetelmien lisäksi valmentajat ja vanhemmat huomaavat melko helposti missä vaiheessa kehitystä

Usein juuri aiemmin kypsyvät yksilöt tunnistetaan lahjakkuuksiksi. Myöhemmin kehittyvän nuoren on vaikeampaa pitää yllä urheilumotivaatiota tai saada vastaavan tasoista harjoittelua, kuin kehitysetunsa turvin lahjakkuudeksi tunnistetun ikätoverin.

mennään pelkästään katselemalla ja kuuntelemalla nuoria sekä seuraamalla heidän käytöstapojaan – tai niiden puutteita.

Biologinen ikä ja suorituskyky – murrosikä parantaa suorituskykyä

Murrosikä parantaa suorituskykyä kokonaisvaltaisesti, koska aktivoituvaa hormonijärjestelmää saa aikaan kehossa suuria muutoksia, jotka nopeuttavat niin voiman, nopeuden, kestävyys kuin havaintomotoristen taitojenkin kehittymistä. Kasvuhormonin ja testosteronin tiedetään muun muassa lisäävän proteiinisynteesiä ja stimuloivan kasvua, lisäävän hermojen johtumisnopeutta, parantavan sokeri- ja rasva-aineenvaihduntaa, stimuloivan punasolutuotantoa ja muovaavan aivojen kehitystä (Välimaa ym. 2009).

Vaikka miessukupuolihormoniksi luokitellun testosteronin erityis luonnollisesti murrosiässä kasvaa absoluuttisella määrällä mitattuna nimenomaan pojilla, niin on huomioitavaa, että suhteutettuna omaan tasoonsa se nousee maksimiinsa myös tytöillä (Ober ym. 2008). Hormonituotannon suoria yhteyksiä suorituskykyyn murrosiän aikana on tutkittu melko vähän, mutta tulokset viittaavat noin kymmenen prosentin eroon voima- ja nopeusominaisuuksissa verrattaessa alhaisen ja korkean testosteronitason omaavia murrosikäisiä urheilijoita keskenään (Baldari, C., 2009; Moreira ym, 2013). Ero on samaa suuruusluokkaa kuin on havaittu aikuistutkimuksissa, joissa testosteronin määrää on lääketieteellisin menetelmin keinotekoisesti lisätty ja sen vaikutusta suorituskykyyn selvitetty (Bhasin, M., 1996). Murrosiän aikana nuorten kilpailuasetelmaa voidaan siis jossain määrin verrata aikuisurheilun tilanteeseen, jossa puhtaasti urheilijat joutuisivat kilpailemaan dopingaineita käyttäviä vastaan. Luonnollisesti sillä erotuksella, että nuorten kehitykseen liittyvän hormonitoiminnan ajoituksessa ei ole kyse huijaamisesta eikä siihen liitty urheiluetiikan kannalta katsottuna tuomittavia piirteitä.

Jalkapalloilijoiden seurantatutkimus – erot suurimmillaan 13–15-vuotiaana

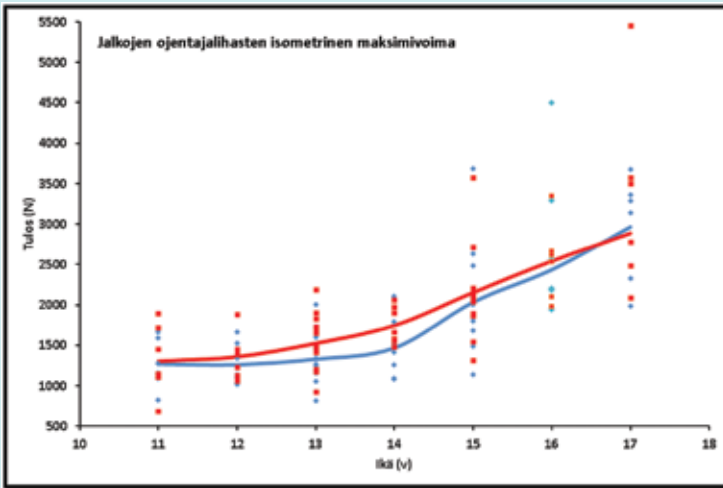
Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (KIHU) seurantatutkimuksessa selvitettiin juniorijal-

kapalloilijoiden kehittymistä fyysisissä, taidollisissa ja havaintomotorisissa ominaisuuksissa 11–17 vuotiaiden ikäryhmissä (Vänttinen, 2013). Tässä tutkimuksessa seurattiin myös poikapelaajien testosteronitasojen kehittymistä, mikä mahdollisti eri suorituskykyominaisuuksien ja kehitysasteen välisten yhteyksien tutkimisen kuvailevalla tasolla.

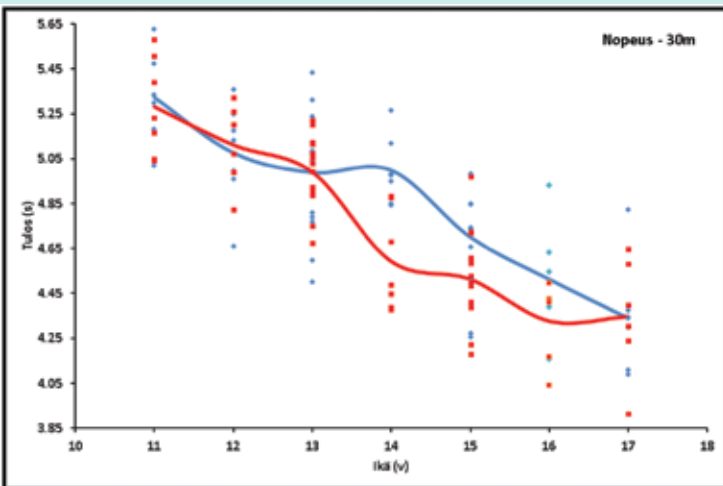
Pelaajien testosteronitasojen jakaumat eri ikäryhmissä on esitetty kuvassa 3, josta voidaan havainnoida, että käytännössä 11-vuotiaiden ikäryhmässä ei varsinaisen testosteronin erityis ollut alkanut vielä yhdelläkään pelaajalla. Sen jälkeen aikaisin kehittyvien nuorten testosteronitaso alkoi nousta jo 12-vuotiaana, kun taas myöhään kehittyvien hormonaalinen herääminen tapahtui vasta 14–15 vuotiaana. Hajonta yksilöiden välillä oli suurinta 13–15 vuotiaiden ikäryhmissä tasoittuen 16–17 ikävuoteen mennessä.

Kuvaajissa 4a–4c on puolestaan esitetty kuinka pelaajat, joiden testosteronitaso oli keskiarvoa korkeampi, erosivat eri ikäryhmissä voiman, nopeuden ja kestävyys suhteen niistä, joiden taso oli matalampi. Kuvaajissa punaiset pisteet esittävät korkeamman testosteronitason yksilöiden arvoja ja punainen viiva heidän arvoistaan piirrettyä keskiarvoa. Sininen väri kuvaa vastaavalla tavalla matalamman tason yksilöitä ja heidän keskiarvoaan.

Voiman kehittymisen isona trendinä havaittiin, että se alkaa kiihtyä varsinaisesti vasta 14 ikävuoden jälkeen. Ajoituksellisesti tämä ajankohta voiman huippukasvulle oli odotusten mukaista, koska aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että voiman huippukasvu tapahtuu pituuden huippukasvun jälkeen yhtä aikaa lihassmassan lisääntymisen kanssa (Malina ym., 2004). Ensin tulevat siis hormonit ja pienellä viiveellä lihakset ja voima. Kuviosta 4a nähdään niin ikään, että aikaisin kehittyvien pelaajien voimataso oli suurempi kuin myöhään kehittyvien ikäryhmissä 12–16 vuotta. Tämä ero oli suurimmillaan noin 20 prosenttia 14-vuotiaiden ikäryhmässä. Nopeusominaisuuden suhteen biologinen ikä vaikuttaisi erottelevan yksilöitä erityisen hyvin. Tämä näkyi siten, että 14-vuotiaiden ikäryhmässä, jossa erot kehitysasteessa olivat suurimmat, kaikki nopeimmat yksilöt kuuluivat korkeatesteroniseen ryhmään (kuvio 4b). Suhteellisesti ero ryhmien välillä (8%) oli kuitenkin pienempi kuin voimassa. Kestävyystestissä iän vaikutus oli pienempi kuin voimassa ja nopeudessa, mikä näkyi siten, että parhaat 12–13 vuotiaat olisivat pärjänneet varsin hyvin myös 16–17 vuotiaiden joukossa. Kehitysasteen merkitys murrosikäisen suori-



KUVIO 4a. Jalkojen isometrisen voiman kehittyminen iän ja testosteronitason mukaan (Punaiset neliöt = yksilöt, joilla korkeampi testosteronitaso; Punainen viiva = keskiarvo korkeamman testosteronitason yksilöistä; Siniset vinoneliöt = yksilöt, joilla matalampi testosteronitaso; Sininen viiva = keskiarvo matalamman testosteronitason yksilöistä).



KUVAAJA 4b. Lähtönopeuden kehittyminen iän ja testosteronitason mukaan (Punaiset neliöt = yksilöt, joilla korkeampi testosteronitaso; Punainen viiva = keskiarvo korkeamman testosteronitason yksilöistä; Siniset vinoneliöt = yksilöt, joilla matalampi testosteronitaso; Sininen viiva = keskiarvo matalamman testosteronitason yksilöistä).

tuskykyyn tuli kuitenkin esille myös kestävyystuloksissa nimenomaan 14-vuotiaiden ikäryhmässä, jossa aikaisin kehittyvien tulos oli 14 prosenttia parempi kuin myöhään kehittyvien.

Fyysisten suorituskykymittareiden lisäksi tutkimuksessa selvitettiin havaintomotoristen taitojen kehittymistä. Nämä mittaukset antoivat viitteitä siitä, että yksinkertainen reaktioaika yleiseen valoärsykkeeseen paranee koko lapsuus- ja nuoruusiän, mutta suhteellisesti nopeammin ennen murrosikää kuin myöhemmin. Sitä vastoin lajisuoritukseen tapahtuva ennakointi eli pelinlukemiskyky kehittyi nopeammin vasta murrosiästä lähtien. Tämä kehitysjärjestys on loogista ajatellen keskushermoston kehittymistä. Hermoston rakenne ja aistitoiminnot kehittyvät melko valmiiksi jo 12 ikävuoteen mennessä. Sen sijaan aivojen kehitys jatkuu vielä yli 20-vuotiaaksi asti. Murrosiässä aivot aloittavat turhien hermoyhteyksien vähentämisen pyrkien sitä kautta tehostamaan aivojen toimintaa. Viimeisimpänä kypsyy etuotsalohko, joka sisältää korkeamman tason aivoprosesseja, kuten päätöksentekoa ja oman toiminnan ohjausta (Gogtay, ym., 2004). Tämän vuoksi voidaan olettaa, että urheilussa erityisesti ratkaisuntekoon ja tiedolliseen pelikäsitukseen liittyvät prosessit kehittyvät voimakkaasti nimenomaan murrosiästä eteenpäin.

Biologinen ikä vaikuttaa valintoihin

Biologisen iän vaikutukset nuoren urheilijan uraan ovat siinä mielessä ongelmalliset, että monesti lajivalinnat kuten myös ensimmäiset valinnat nuorisomaajoukkueisiin tapahtuvat juuri silloin, kun nuorten kehityserot ovat suurimmillaan. Periaatteessa asia ei olisi ongelmallinen, jos ero kehitystasesta olisi ainoastaan suhteellisen nopeasti ohi menevä ajanjakso, kuten se pelkästään kasvun ja kehityksen näkökulmasta onkin.

Urheilussa tämä kehitysero johtaa kuitenkin helposti itseään ruokkivaan kehään, jossa aiemmin kypsyvät yksilöt tulevat kehitysetunsa turvin tunnistetuiksi lahjakkuuksiksi. Tämä lisää yksilön pätevyyden tunnetta, joka on yksi tärkeimmistä sisäisen motivaation lähteistä. Lisääntynyt sisäinen motivaatio ja ulkoapäin tuleva kannustus puolestaan stimuloivat nuorta harjoittelemaan enemmän. Harjoitusmäärä lisääntyy myös mahdollisesti sitä kautta, että nuori valitaan lahjakkuusryhmään, jolle tarjotaan ylimääräisiä harjoitusmahdollisuuksia. Lisääntyneen harjoittelun seurauksena aiemmin kehittynyt nuori edistyy entisestään ja kiulu myöhemmin kehittyvään kasvaa myös harjoittelun vaikutuksesta. Ja näin kehitystasesta edellä oleva nuori on entistä parempi ja motivoituneempi, kun taas myöhemmin kehittyvän nuoren on vaikeampaa yllä pitää urheilumotivaatiota tai saada vastaavan tasoista harjoittelua kuin kehitysetunsa turvin lahjakkuudeksi tunnistetun ikätoverin.

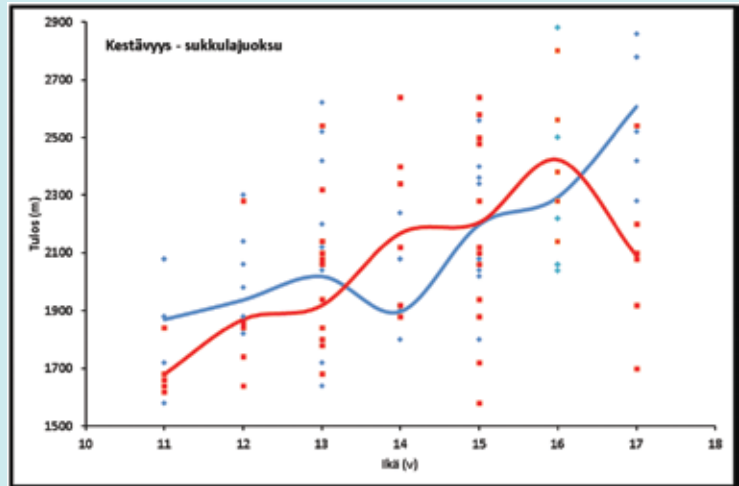
Yksityiskohtana mainittakoon, että biologisen iän vaikutus lahjakkuusvalintoihin tuli esille myös edellä mainitussa jalkapallojunioreiden seurantatutkimuksessa. Tässä tapauksessa tutkimusryhmässä mukana olleesta joukkueesta seitsemän pelaajaa nel-

jästätoista valittiin piirinjoukkueeseen 14-vuotiaana. Näistä seitsemästä pelaajasta kuusi painoi yli 55 kg, kun valitsematta jääneistä päinvastoin kuusi seitsemästä painoi alle 55 kg. Käytännössä siis isoimmat pojat tulivat valituksi turnaukseen, jonne lajiliitto pyrkii keräämään kaikkein lahjakkaimmat yksilöt nuorisomaajoukkuevalintoja silmällä pitäen. On toki syytä muistaa, että nuorisomaaoitteluita hallitsevat ja tulevat mitä todennäköisimmin jatkossakin hallitsemaan yksilöt, jotka ovat sekä lahjakkaita että aikaisin kehittyviä. Se, että myös murrosiässä sen hetkinen parhaimmisto kisa toisiaan vastaan, on urheilijana kehittymisen kannalta täysin hyväksyttävää. Ongelma asiasta tulee vasta silloin, mikäli aikaista kilpailumenestystä pidetään tärkeämpänä kuin yksilön kehittämistä – oli kyse sitten aikaisin tai myöhään kehittyvistä yksilöistä.

Räätälöityä harjoittelua biologisen iän mukaan

Nuorten harjoittelun ja toimintaympäristön kehittämisen kannalta tärkeintä on tarjota ”jokaiselle yksilölle parasta mahdollista harjoittelua hänelle sopivimmassa ilmapiirissä”. Lähtökohtaisesti lasten ja nuorten harjoittelun linjoitus on Suomessa jo 90-luvulta lähtien esitetty herkkyyksiajattelun kautta eikä tätä ajattelua ole pääpiirteiltään mitään syytä lähteä muuttamaan. Herkkyyksiajattelun pohjana ovat kasvun ja kehityksen fysiologiset prosessit. Koska hermosto kehittyy jo lapsuusiässä voimakkaasti, niin ominaisuuksia, joiden kehittymisessä hermostolla on suuri osuus, painotetaan harjoittelussa ennen murrosikää. Tällaisia ”hermostollisia ominaisuuksia” ovat muun muassa taidot, ketteryys ja liikenopeus. Aineenvaihdunnallisesti aerobinen energiantuotto on lapsilla suhteellisesti suuremmissa asemassa kuin aikuisilla. Kestävyys harjoittamisessa ennen murrosikää pääpaino onkin varmistaa, että lapsi liikkuu itse määrittämällään tempolla riittävästi. Pääpaino on siis luontaisessa liikkumisessa. Tämän hetkisten suositusten mukaan riittävä liikunnan määrä on kaksi tuntia reipasta liikuntaa päivässä.

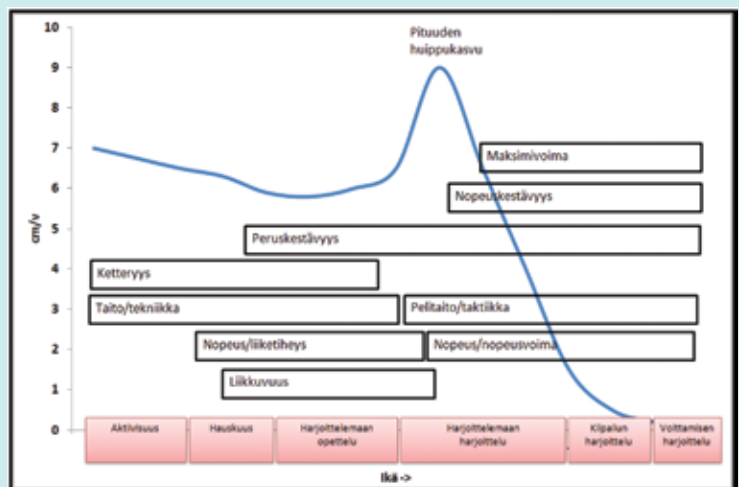
Murrosiästä alkaen voidaan aloittaa nousujohteinen eteneminen kohti aikuismaista harjoittelua. Hormonaalisen heräämisen aiheuttamat muutokset kehonkoostumuksessa aiheuttavat sen, että erityisesti voimaa ja anaerobista kestävyyttä voidaan kehittää huomattavasti aiempaa menestyksekkäämin. Puhuttaessa herkkyyksiajattelusta on hyvä muistaa, että kaikkia ominaisuuksia voidaan ja tuleekin kehittää koko lapsuuden ja nuoruuden ajan. Herkkyyksiajattelun kertovat lähinnä sen, mitä harjoittelussa kannattaa painottaa joko sen vuoksi, että kyseinen ominaisuus kehittyy kyseisenä ajanjaksona ”kuin luonnostaan” tai siksi, että ominaisuuden painottaminen on ajankäytöllisesti järkevää toisten ominaisuuksien painottuessa myöhemmissä ikävaiheissa. Monissa lajeissa herkkyyksiajattelusta voitaisiin siis myös lajitradition ja/tai lajin vaatimusten vuoksi käyttää termiä ”järjestyksiajattelun”. Esimerkiksi palloilulajeissa perustaidot kehittyvät sinällään yhtä hyvin murrosiän jälkeen kuin ennenkin, mutta käytännössä murros-



KUVA AJA 4c. Kestävyys suorituskyvyn kehittyminen iän ja testosteronitason mukaan

(Punaiset neliöt = yksilöt, joilla korkeampi testosteronitaso; Punainen viiva = keskiarvo korkeamman testosteronitason yksilöistä;

Siniset vinoneliöt = yksilöt, joilla matalampi testosteronitaso; Sininen viiva = keskiarvo matalamman testosteronitason yksilöistä).



KUVIO 5. Herkkyyksiajattelun suhteesta pituuden huippukasvuun.

iästä eteenpäin harjoittelussa keskitytään fyysisten ominaisuuksien, joukkuepelaamisen ja taktisten asioiden kehittämiseen, joten aikaa perustaitojen harjoitteluun ei ole enää käytettävissä samassa määrin kuin ennen murrosikää.

Suomalaisessa valmennuskirjallisuudessa herkkyyksikaudet ilmoitetaan yleensä suhteessa kalenteri-ikään. Kalenteri-ikä avulla voidaan antaa keskimääräisesti hyvä kuva siitä, milloin eri ominaisuuksia on harjoittelussa suositeltavaa painottaa. Käytännössä herkkyyksikaudet (tai järkevyyksikaudet) tulisi kuitenkin kyetä sovittamaan kunkin yksilön henkilökohtaiseen biologiseen kehitysasteeseen. Kuviossa 5 on esitetty esimerkki siitä, kuinka pituuskasvun seuranta voidaan hyödyntää painotettaessa biologista ikää harjoittelun pitkäjäntäisen suunnittelussa.

Laadukasta harjoittelua – yksilöllisesti

Lasten ja nuorten kasvu ja kehitys on yksilöllistä. Tämä on liikunnan ja urheilun parissa toimivien henkilöiden tärkeää muistaa toiminnassaan huomioida ja ennakoita. Myöhään kehittyvien kohdalla huomiota tarvitaan erityisesti siinä vaiheessa, jossa heidän suorituskykynsä kehittyminen on hitaampaa kuin jo murrosikään siirtyneiden ikätoverien. Tässä vaiheessa tulisi varmistaa, että he kokevat urheiluharrastuksessaan onnistumisen elämyksiä vastaa-

vassa määrin kuin aikaisin kehittyvätkin. Tärkeää on myös varmistaa, että kaikissa kehitysasteissa oleville nuorille on tarjolla yhtäläiset mahdollisuudet laadukkaaseen harjoitteluun ja yhtäläiset mahdollisuudet edetä urheilu-uralla.

Toisaalta aikaisin kehittyvien kohdalla on varauduttava siihen, että heidän kohdallaan ongelmat saattavat ilmaantua myöhemmin, kun heidän kehityksensä hidastuu ja myöhemmin kehittyvät ikätoverit alkavat heitä saavuttaa. Aikaisin kehittyvillä on niin ikään vaarana, että heidän harjoittelunsa on vastaavaa kuin ikätovereilla keskimäärin, vaikka kehitysaste mahdollistaisi jo siirtymisen seuraavaan vaiheeseen. Myös aikaisin kehittyvien kohdalla tulisi uskaltaa edetä olemassa olevien valmiuksien mukaisesti. Tavoitehan on tarjota kaikissa kehitysasteissa oleville yksilöille parasta mahdollista harjoittelua sopivimmissa mahdollisissa ympäristöissä.

TOMIVÄNTTINEN, LitT

Tutkija

Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus

Sähköposti: tomi.vanttinen@kihu.fi

Artikkeli perustuu kirjoittajan Kuntotestauspäivien yhteydessä järjestetyn valmennuksen extra -päivän (21.3.2015) luento. Kirjoittaja on väitellyt nuorten juniorijalkapalloilijoiden fyysisestä ja havaintomotorisesta kehittymisestä ikävuosien 11 ja 17 välillä.

Myös aikaisin kehittyvien kohdalla tulisi uskaltaa edetä olemassa olevien valmiuksien mukaisesti.

LÄHTEET:

Baldari, C., Di Luigi, L., Emerenziani, G., Gallotta, M., Sgro, P. & Guidetti, L. 2009. Is explosive performance influenced by androgen concentrations in young male soccer players? *British Journal of Sports Medicine*, 43, 191–194.

Bhasin, S., Storer, T.W., Berman, N., Callegari, C., Clevenger, B., Phillips, J., Bunnell, T.J., Tricker, R., Shirazi, A. & Casaburi, R. 1996. The effects of supraphysiologic doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *New England Journal of Medicine*, 4, 1–7.

Gogtay, N., Giedd, J., Lusk, L., Hayashi, K., Greenstein, D., Vaituzis, C., Nugent, T., Herman, D., Clasen, L., Toga, A., Rapoport, J., & Thompson, P. 2004. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *PNAS*, 25, 8174–8179.

Malina, R.M., Bouchard, C. & Bar-or, O. 2004. Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics.

Moreira, A., Mortatti, A., Aoki, M., Arruda, A., Freitas, C. & Carling C. 2013. Role of free testosterone in interpreting physical performance in elite young Brazilian soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 25, 186–197.

Ober, C., Loisel, D. & Gilad, Y. 2008. Sex-specific genetic architecture of human disease. *Nature Reviews Genetics*, 9, 911–922.

Välimaa, M., Sane, T. & Dunkel, L. 2009. *Endokrinologia*. Helsinki: Duodecim.

Vänttinen, T. 2013. Growth-associated variation in body size, hormonal status, physical performance characteristics and perceptual-motor skills in Finnish young soccer players – a two-year follow-up study in the U11, U13 and U15 age groups. Valmennus- ja testausopin väitöskielmä. Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteellinen tiedekunta. Liikuntabiologian laitos.