



Energia-aineenvaihdunta -perusteet ja merkitys liikunnassa

Elintoimintojen ylläpito ja ihmisen suorituskyky määräytyvät ravintoaineiden, energiantuotannon, hermolihas toiminnan ja henkisten tekijöiden perusteella.

Ravintoaineiden tehtävät ihmiselimistössä ovat

***energiantuotto**

***kehon kasvun ja solujen uudismuodostuksen turvaaminen**

***elimistön säätelyjärjestelmien uudistumisessa tarvittavien lähtöaineiden tuottaminen**

***lämmönsäätely**

Lihasten energiantuotto perustuu adenosiinitrifosfaattimolekyyleistä (ATP) vapautuvaan energiaan. Luovuttaessaan energiaa ATP muuttuu ADP:ksi eli adenosiinidifosfaatiksi. ATP-varastot riittävät vain muutamaksi sekunniksi eivätkä ne koskaan tyhjenny täysin, koska ATP on välttämätön solujen toiminnalle. Toinen elimistön välittömistä energianlähteistä on kreatiinifosfaatti (KP), jonka avulla saadaan nopeasti lisää ATP:tä. Yhdessä ATP:n kanssa kreatiinifosfaatti riittää 10 - 15 sekunnin kovaan työhön. Näitä välittömiä energianlähteitä ei saada ruoasta, vaan elimistön tarvitsema energia muodostetaan ravinnon hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. Tavallisesti keskikokoisen ihmisen elimistöön on varastoituneena käyttökelpoista energiaa rasvoina noin 10 kg ja glykogeena sekä glukoosina 375 - 500 g. Proteiinia on tavallisesti lihaksissa ja muissa kudoksissa 70 kg painavalla henkilöllä noin 12 kg ja vapaina aminohappoina noin 200g, joita molempia voidaan käyttää energiantuotossa tarvittaessa. Lihaspoteiinin käyttö energiaksi ei kuitenkaan ole toivottavaa, koska silloin lihasten koko ja voimantuotto heikkenevät.

Hiilihydraattiaineenvaihdunnan keskeisin tehtävä on glukoosia ja glykogeena hajottamalla antaa elimistölle riittävästi energiaa. Jo pieni lasku veren sokeritasossa voi aiheuttaa väsymyksen, nälän ja huimauksen tunnetta. Veren sokeri on hermoston tärkein energianlähde ja sen takia elimistö säätelee tarkasti veren sokeritasoa.

Elimistön varastoimasta hiilihydraatista (glykogeeni) suurin osa, 75 %, on varastoituneena luurankolihasiin (300 -400g) ja loput maksaan (75 -100g). Yksi gramma hiilihydraatteja sisältää energiaa 4 kcal/g ja aikuinen ihminen tarvitsee jo pelkästään aivojen energiaksi 140 g glukoosia joka päivä.

Hiilihydraatit ovat pääasiassa erilaisista sokereista muodostuneita ravintoaineita. Ne jaetaan rakenteensa perusteella yksinkertaisiin sokereihin eli monosakkarideihin , esim. fruktoosi ja glukoosi, kaksinkertaisiin eli disakkarideihin, esim. sakkaroosi ja laktoosi, ja moninkertaisiin eli polysakkarideihin, esim. tärkkelys. Kasvien tukirakenteena toimiva ravintokuitu on myös rakenteeltaan hiilihydraatti, mutta se ei hajoa

suolistossa eikä näin ollen toimi energianlähteenä. Kuiduilla on kuitenkin tärkeä merkitys suoliston toiminnan kannalta.

Hiilihydraattipitoinen ruoka on kevyttä ja nopeasti sulavaa sekä sisältää runsaasti vitamiineja, kivennäisaineita ja kuitua. Hiilihydraattien ensisijainen tehtävä elimistössämme on toimia tärkeimpänä energianlähteenä kovassa rasituksessa ja nopeuttaa palautumista.

Levossa hiilihydraattien ja rasvojen osuus energiantuotossa on suunnilleen yhtä suuri. Kevyessä liikunnassa rasvojen hapetus on ensisijainen energian uudelleenmuodostus tapa. Reippaassa, aerobis-anaerobisessa liikunnassa, hiilihydraattien merkitys lisääntyy kuormituksen lisääntyessä. Erittäin kovassa liikunnassa lähes kaikki energia tuotetaan ilman happea eli anaerobisesti hiilihydraateista. Käytännössä liikunnan aikana käytetään aina useampia energiantuottomekanismeja päällekkäin.

Lihsglykokeenin käyttö energianlähteenä lisääntyy, kun suoritusteho ylittää 70 - 80 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Hiilihydraateista tuotettu energia on yli 95 % kokonaisenergiasta 10 minuutin maksimaalisessa kestävyysuorituksessa. Suorituksen pidentyessä osuus pienenee siten, että 30 minuutin suorituksessa osuus on 90 %, 60 minuutin suorituksessa 70 % ja 120 minuutin suorituksessa 55 %. Yli kahden tunnin suorituksessa hiilihydraattien osuus saattaa lakea jopa 30 prosenttiin kokonaisenergiasta. Kestävyysharjoittelulla aineenvaihduntaa voidaan muuttaa niin, että hiilihydraattien käyttö vähenee parantuneen rasvojen käytön ansiosta vaikka suoritusteho pysyykin korkeana.

Hiilihydraateista valtaosa hapetetaan solujen mitokondrioissa, mutta yli anaerobisen kynnyksen suorituksissa ja maksimaalisissa suorituksissa ilman happea tuotettu energiamäärä kasvaa jatkuvasti. Maitohapollinen energiantuotto on epätaloudellista ja se kuluttaa huomattavasti enemmän hiilihydraatteja kuin hapen avulla tapahtuva aineenvaihdunta. Reippaassa liikunnassa hapetetaan hiilihydraatteja 100 - 200 g tunnissa ja niinpä 1,5 - 2 tunnin liikunta teholla 70 - 80 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta voi melkein tyhjentää työskentelevien lihasten glykokeenivarastot. Tämän jälkeen kovatehoiset suoritukset eivät onnistu, koska rasvoista ja proteiineista voidaan tuottaa energiaa vain aerobisesti.

Ravintoproteiinin tärkein tehtävä on tarjota elimistölle välttämättömiä aminohappoja säilyttäviä ja uudistavia elintoimintoja varten. Aminohapot muodostavat kaikkien proteiinien perusrakenteen, aminohappoketjun. Aminohapot (20 kpl) voivat järjestyä perimän säätelijänä mitä erilaisimmiksi rakenteelliseksi ja toiminnallisiksi ketjuiksi. Elimistössä eniten proteiinia on lihas- ja sidekudoksissa, ihossa, veressä ja sisäelimeissä. Kaikki elimistössä oleva proteiini on mukana elintoiminnossa eli varsinaista proteiini varastoa ei ole olemassa. Proteiineja tarvitaan elimistön rakenteellisina osina lihaksissa, luustossa, jätteissä, ihossa jne. Proteiinit toimivat myös kuljetustehtävissä (esim. hemoglobiini), hormoneina (esim. insuliini) ja nestetasapainon säätelyssä ja vasta-aineina.

Tavallisesti proteiineilla ei ole suurta merkitystä energiantuotossa, mutta jonkin verran niitä käytetään elimistön energiantuotossa, varsinkin silloin kun lihasglykokeenivarastot ovat vajaat tai tyhjät. Proteiinien energiasisältö on sama kuin hiilihydraateilla eli energiaa saadaan 4 kcal /g. Proteiineja käytetään eniten energiaksi pitkissä ja kovatehoisissa harjoituksissa, joissa glykokeeninkulutus on suuri. Joidenkin lähteiden mukaan aminohappojen ja proteiinien energiaosuus erittäin kovissa ja pitkissä kuormituksissa (esim. maraton) on 5 - 10% kokonaisenergiantuotosta. Rasittavassa työssä esim. kestävyysuorituksissa, proteiineista vapautettu glukoosimäärä voi olla jopa 10 - 15 % elimistön kokonaisenergiatarpeesta. Tällaisten harjoitusten jälkeen proteiinien tarve on tavallista suurempi. **Kovien fyysisten kuormitusten jälkeen proteiinien käyttö energiantuottoon voi lisääntyä jopa useiksi päiviksi. Varsinkin harjoitteluun tottumattomilla ja erittäin niukkaenergiasta dieettiä noudattavilla henkilöillä tämä ilmiö on yleinen.** Hyvin harjoitelleilla henkilöillä proteiinien käyttö energiaksi palautuu normaalitasolle pian harjoituksen jälkeen. Yleisesti ajatellaan, että proteiinien osuus energiankulutuksesta pysyy koko ajan noin viidessä prosentissa kokonaisenergiankulutuksesta.

Rasvoilla on useita eri tehtäviä ja muotoja elimistössämme. Tärkeimpiä tehtäviä ovat energiavarastona, muita kudoksia suojaavana pehmusteena ja lämpöeristeenä toimiminen. Rasvakudos muodostaa 75 % koko kehon energiavarastoista ja tarjoaa lihaksille käytännössä loputtoman energianlähteen. On laskettu, että normaalikokoisista rasvavarastoista riittää energiaa noin 120 tunnin maratonvauhtiseen juoksuun. Yksi gramma rasvaa sisältää energiaa 9 kcal eli yli kaksi kertaa enemmän, kuin hiilihydraatit ja proteiinit.

Rasvahapot ovat rasva-aineiden tärkein osa. Rasvahappoja on kahta päätyyppiä, tyydyttyneitä ja tyydyttymättömiä. Ravinnosta on saatava välttämättömiä rasvahappoja (linoli-, linoleeni- ja arakidonihapot), sillä elimistö ei pysty niitä valmistamaan. Tärkeimpiä rasvayhdisteitä, joita elimistö tarvitsee, ovat fosfolipidit, glukolipidit ja lipoproteiinit. Näistä lipoproteiinit muodostavat pääosan veressä kuljetettavasta rasvasta ja ovat sen takia tärkeitä.

Rasva-aineenvaihdunnan avulla tasataan elimistön energiatilan muutoksia tehokkaasti joko varastoimalla tai vapauttamalla energiaa. Käytettävät rasvahapot ovat veren vapaita rasvahappoja tai entsyymien avulla muista yhdisteistä hajotettuja tai ne muodostetaan elimistön ylimääräisestä sokerista. Lepotilassa ja kevyessä työssä elimistö tuottaa 60 - 80% energiastaan aerobisesti rasvoja hajottamalla. Jatkettaessa keskiraskasta työtä (alle 65% max.VO2) riittävän kauan pienenevät lihasten glykogeenivarastot, elimistön insuliinipitoisuus laskee ja noradrenaliinipitoisuus kohoaa. Tämä edistää lihasten rasvahappojen käyttöä ja rasvahappojen vapautumista rasvakudoksesta. Rasituksen kestäessä yli 60 minuuttia rasvahappojen osuus energian tuotannosta kasvaa edelleen ja on yli kahden tunnin keskiraskaassa kuormituksessa yli 50% kokonaisenergiantuotosta. Rasvojen käytön osuus vaihtelee rasituksen intensiteetin ja keston sekä ravitsemustilan mukaan. Alhainen verensokeri lisää rasvahappojen vapautumista varastoista, kun taas pH:n lasku sekä veren laktaattitason kohoaminen estävät sitä. Niukasti hiilihydraatteja tai runsaasti rasvaa sisältävä ruokavalio lisää rasvojen käyttöä energianlähteenä. Intensiivinen kestävyysharjoittelu parantaa lihasten hiussuonitusta sekä kohottaa rasva-aineenvaihduntaan osallistuvien entsyymien aktiivisuutta ja näin ollen parantaa rasvahappojen hapetuskykyä lihaksissa. Hyväkuntoinen henkilö käyttää siis tehokkaammin rasvoja ja säästää näin hiilihydraattivarastojaan. Lisäksi harjoitteleilla on suuremmat lihasten triglyseridivarastot kuin harjoittelemattomilla. Rasvakudos pienenee harjoittelun, varsinkin kestävyysharjoittelun seurauksena, kun rasvan vapautuminen energiantuottoon lisääntyy ja rasvasolujen koko pienenee.

Rasvaa on saatava säännöllisesti ravinnosta sillä

*rasvat sisältävät rasvaliukoisia vitamiineja (A,D,E ja K) ja edistävät niiden imeytymistä.

*rasvoista saadaan välttämättömiä rasvahappoja, joita elimistö ei itse muodosta.

*rasvojen energia-arvo (=energiamäärä painoyksikköä kohti) on suuri – yli kaksinkertainen proteiineihin ja hiilihydraatteihin verrattuna.

*rasvat pitävät nälän kauan loitolla eli niillä on suuri kylläisyysarvo.

Perusaineenvaihdunnan tasoa voidaan arvioida monilla eri menetelmillä. Arvioinnissa käytetään hyväksi ennusteyhtälöitä ja mm. koehenkilön painoa, ikää, sukupuolta, pituutta, painoa ja kehon koostumusta.

Lepoaineenvaihdunnan (LAV) aiheuttaman energiankulutuksen laskemisessa voidaan käyttää mm. Cunninghamin kaavaa. Laskemisessa tarvitaan tarkka tieto kehon painosta ja rasvaprosentista. Kaavan käyttö soveltuu erityisen hyvin aikuisten aktiivikuntoilijoiden lepoaineenvaihdunnan laskemiseen.

Laskemiseen tarvitaan kehon rasvaton paino, joka voidaan laskea kun tiedetään rasvaprosentti.

Rasvaton paino (kg) = Paino (kg) – (rasvaprosentti x paino (kg))

Esim. 70 kg – (0,15 x 70kg) = 70kg - 10,5kg (rasvan paino) = 59,5 kg

Lepoaineenvaihdunnan arviointi Cunninghamin kaavan avulla (Cunningham 1980):

LAV (kcal/vrk) = 500 + 22 x rasvaton paino

Esimerkkihenkilön laskennallinen LAV on

500 + 22 x 59,5(kcal/vrk) = 1809 kcal/vrk

Arkiaskareiden ja liikunnan rasittavuutta voidaan kuvata MET- arvojen avulla (Metabolic Equivalents). Nämä lepoaineenvaihdunnan kertoimet, MET-arvot kertovat sen, kuinka paljon tietty fyysinen aktiivisuus kuluttaa energiaa verrattuna energiankulutukseen lepotilassa.

Liikunnan aikana kulutetun energian määrä riippuu rasittavuudesta (MET) ja kestosta. Liikunnan MET – arvot vaihtelevat lepoarvon (1) ja maksimaalisen rasituksen arvon 20 välillä. Yksittäisen liikuntakerran energiankulutuskerroin lasketaan kertomalla liikunnan kesto (h) MET-arvolla.

Esim. puolen tunnin työmatkan kävelyn kerroin lasketaan seuraavasti: 0,5 h x 3,5 (MET) = 1,75
Puolen tunnin työmatkan kävely kuluttaa siis energiaa 1,75 kertaa lepoaineenvaihdunnan verran.

Vuorokauden energiankulutuksen laskeminen MET kertoimien avulla vaatii tarkkaa liikuntapäiväkirjanpitoa.

Jotta energiankulutusta voitaisiin arvioida luotettavasti, pitää liikuntapäiväkirjaa pitää useiden päivien, mielellään viikon, ajalta. Päiväkirjaan tulee merkitä mahdollisimman tarkasti arkiaskareiden ja muun fyysisen aktiivisuuden kesto ja rasittavuus. Sen jälkeen arvioidaan, kutakin ajanjaksoa vastaava MET-arvo taulukoiden avulla. Yksittäisten aktiviteettien energiankulutuskerroin on helppo laskea kertomalla aktiivisuuden kesto MET -arvolla.

Vuorokautinen aktiivisuuserroin (PAL) saadaan laskemalla yksittäiset kertoimet yhteen ja jakamalla luku 24:llä (h). Lopuksi päiväkirjapäivien PAL-kertoimet lasketaan yhteen ja jaetaan kirjauspäivien määrällä. Lopullinen arvio keskimääräisestä kokonaisenergiankulutuksesta saadaan kertomalla lepoaineenvaihdunta (LAV) aktiivisuuskertoimella.

Esimerkki:

Keskimääräiseksi vuorokauden energiankulutukseksi 70 kg painavalle henkilölle, jonka rasvaprosentti on 15 (%) ja keskimääräinen aktiivisuuserroin 2 , saadaan laskennallisesti

LAV x PAV = 1809 kcal/vrk x 2,0 = 3618 kcal/vrk

Jarmo Riski, Valmentaja