

Jalkaterän biomekaniikan perusteista

Markus Torkki
Oy Dextra Ab

The foot has two important functions during walking: it initially functions as a mobile adapter at heel strike and then converts to a rigid lever to propel us to the next step. The foot biomechanics is explained by describing what happens to the foot during the stance phase of the gait cycle. Altered foot biomechanics is a likely etiological factor in the most of common foot disorders and deformities. Understanding foot biomechanics is necessary when treating patients with foot problems.

Kävely sykli jaetaan kahteen vaiheeseen: kuormitusvaiheeseen ja heilahdusvaiheeseen. Kuormitusvaiheen aikana jalka on joustava mukautuja: sen on vaimennettava isku ja mukauduttava alustan epätasaisuuksiin (1). Kantauskussa subtaloniivel on supinoituneena ja sääressä tapahtuu ulkokierto. Alustasta kohdistuva ”vastavoima” aiheuttaa subtaloniivelen pronaation, mikä vaimentaa osaltaan iskuu. Samanaikaisesti tibialis posterior -lihaskupistuu ja ”jarruttaa” pronaatiota”. Myös polven flexio kantauskuvaiheessa absorboi iskun aiheuttamaa energiaa.

Talo-navikulaari- ja kalkaneo-kuboidaaliniivel muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden, jota kutsutaan midtarsaaliniivelleksi. Midtarsaaliniivelen liikelaaajuutta kontrolloi subtaloniivelen asento. Subtaloniivelen pronaatiossa midtarsaaliniivelen liikelaaajuus suurenee. Kontaktivaiheen aikana subtaloniivelen pronaatio tekee jalan taka- ja keskiosan instabiiliksi ja näin jalkaterä voi mukautua alustan epätasaisuuksiin (2).

Kuormituksen keskivaihe (midstance phase) alkaa, kun toinen jalka irtoaa alustasta ja se päättyy kantaan irtoamiseen alustasta. Tässä vaiheessa koko kehon paino on yhden raajan varassa. Vastakkaisen puolen heilahdusvaiheen aikana raajan tulee stabiloida liike siten, että vastakkaisen puolen raaja voi siirtyä hallitusti takaa eteen. Jalan on siis muututtava jäykäksi vipuvarreksi, jonka varassa vastakkaisen raajan liike voi tapahtua (1). Keskivaiheen aikana sääressä ta-

pahtuu ulkokierto. Talus abdusoituu nilkkanivelessä ja tämä aiheuttaa osaltaan subtaloniivelen supinaation. Midtarsaaliniivelen liikelaaajuus pienenee ja stabiliteetti kasvaa.

Kuormitusvaiheen lopussa – kun aktiivinen ponnistus tapahtuu – etujalalta vaaditaan maksimaalista stabiliteettiä. Jalka muuttuu jäykäksi vipuvarreksi, jonka varassa otetaan seuraava askel. Kun kantaapää nousee alustasta, kehon paino siirtyy eteenpäin. Kun kehon massakeskipiste siirtyy etujalan yli, seuraa alaspäin suuntautuva kiihtyvä liike. Tämä johtaa vertikaaliseen kuormitukseen. Kehon paino siirtyy nyt jalkaterän luiden päiden kohdalle. Jalan stabiliteetti perustuu midtarsaaliniivelen lukittumiseen, johon liittyy joukko muita stabiloivia mekanismeja.

Gastrocnemius-soleus-lihakset kiinnittyvät kantaluhun akillesjänteen välityksellä. Akillesjänteen kautta tuleva voima voi aiheuttaa subtaloniivelen pronaatiota tai supinaatiota sen mukaan, missä asennossa subtaloniivel on. Tibialis posterior -jänne on tärkeä akillesjänteen kuormituksen ohjaaja. Tibialis posterior -lihask on voimaltaan paljon heikompi kuin gastrocnemius-soleus, mutta se kulkee mediaalisemmin ja näin sen aiheuttama voimamomentti pyrkii supinoimaan subtaloniiveltä. Tibialis posterior -lihaksen aiheuttama supinaatio siirtää akillesjänteen voimavektoria siten, että myös akillesjänteen kautta kulkeva voima supinoi subtaloniiveltä.

Windlass- (väkipyörä) mekanismi osallistuu stabi-
lointiin siinä vaiheessa, kun kantapää nousee maasta ja
plantaarifaskia I. jalkapohjan kalvojänne kiertyy me-
tatarsaaliluiden päiden ympäri. Plantaarifaskia vetää
kantaluuta eteenpäin. Koska ensimmäisen metarsaa-
lin pään läpimitta on suurempi kuin muiden metarsaa-
saliin, plantaarifaskian mediaaliosa vetää kantaluuta
enemmän kuin lateraaliosa. Tämä korostaa jalkahol-
via ja supinoid subtaloniveltä. Kehon paino pitää meta-
tarsaalien päät alustaa vasten ja tämä yhdessä subta-
lonivelen supinaation kanssa johtaa midtarsaalinivelen
pitkittäisakselin suhteen tapahtuvaan pronaatioon.
Koko vertikaalinen kuormitus kohdistuu jalan keski-
osaan ja jalan etuosan mediaalisyrjälle. MTP I -niveli
dorsifleksoituu ja flexor hallucis longus -lihas supistuu
aiheuttaen isovarpaan plantaarifleksoita.

MTP I -nivelen dorsifleksoituminen edellyttää
sitä, että ensimmäinen metatarsaali plantaarifleksoi-
tuu. MTP I -niveli koostuu ensimmäisen jalkapöydän
luun proksimaalifalangin ja sesamluiden välisistä ni-
velpinoista. MTP I -nivelen plantaari-dorsifleksio on
hyvin tärkeää normaalin kävelyn sujumiseksi. Plantaari-
- ja dorsifleksion ensimmäisen 20–30 asteen aikana
isovarpaan liike on vapaa. Yli 30 asteen dorsifleksio
voi tapahtua vain jos samanaikaisesti ensimmäinen
metatarsaaliluu plantaarifleksoituu (1). Tämän plan-
taarifleksoitumisen kannalta keskeinen lihas on pero-
neus longus, joka kiinnittyy plantaarisesti metatarsaali
I -luun tyveen. Jotta peroneus longus -lihas saa aikaan
plantaarifleksoita, on subtalonivelen supinoiduttava,
jotta peroneus longus -jänteen vetosuunta kohdistuu
plantaarisesti, ei lateraalisesti.

Jalkaterän biomekaaninen toiminta perustuu siis
toisaalta passiivisiin, toisaalta aktiivisiin mekanismeihin
alaraajassa. Passiivisina mekanismeina voidaan
pitää liikkeen ja alustan aiheuttaman rasituksen (ns.
ground reaction force) aiheuttamia nivelten asennon
muutoksia, joita jalan tukirakenteet (esim. plantaari-
faskia, windlass-mekanismi) helpottavat. Toisaalta on

merkitystä lihasten aktiivisella toiminnalla.

Jalan biomekaanisen toiminnan perusteet on syytä
tuntea siksi, että suuri osa jalkaterän vaivoista ja virhe-
asunnoista johtuu biomekaanisesta toimintahäiriöstä.
Potilasta tutkittaessa on anamneesin, kliinisen tutki-
muksen ja kuvantamislöydösten perusteella pyrittävä
hahmottamaan, minkälainen häiriö on kyseessä. Jal-
katerävaivojen hoidossa on otettava huomioon, mi-
ten hoitotoimenpiteet vaikuttavat biomekaniikkaan.
Usein oireitten saaminen hallintaan edellyttää myös
taustalla olevan biomekaanisen häiriön korjaamista.

Kirjallisuus

1. Root ML, Orien W, Weed J. Normal and abnormal function of the foot. Clinical Biomechanics Corporation, Los Angeles 1977.
2. Valmasy RJ: Pathomechanics of lower extremity function. In: Clinical biomechanics of the lower extremities, edited by RL Valmasy. Mosby, St.Louis 1996.