

Jorma Ryhänen ja Eero Waris

Selkäydin- ja hartiapunosvammojen aiheuttamien yläraajahalvausten kirurginen hoito

Kaularankatason selkäydinvauriot ja hartiapunosvamat johtavat yläraajojen toiminnan osittaiseen tai täydelliseen menetykseen. Nelirajahalvauksessa yläraajahalvaus on molemminpuolinen, minkä vuoksi potilas on usein riippuvainen jatkuvasta avusta. Halvauksia syntyy erityisesti nuorille ja miehille. Iäkkäiden osittaiset selkäydinvauriot yleistyvät. Kehittyneillä hermo- ja lihassiirtotekniikoilla voidaan parantaa halvaantuneen yläraajan toimintaa ja potilaiden elämänlaatua. Keskitetty ja moniammatillinen hoito parantaa tuloksia.

Kaularankatason selkäydinvauriot ja hartiapunosvamat aiheuttavat usein yläraajan vaikean toimintahäiriön. Täydellisessä vauriossa yläraaja on täysin halvaantunut ja tunnoton. Osittaisessa vauriossa halvaus ja tuntu puutos vaihtelevat vamman tason ja laajuuden mukaan. Kipu on yleistä. Selkäydinvammoissa esiintyy usein spastisuutta (1).

Kaularankatason selkäydinvamma johtaa nelirajahalvaukseen eli tetraplegiaan. Tällöin molempien yläraajojen toiminnan menetyksen lisäksi myös muu selkäydinvauriotason alapuolinen motorinen, sensorinen ja autonominen toiminta häiriintyy. Kyselytutkimuksessa nelirajahalvauspotilaat asettavat yläraajojen toiminnan tärkeysjärjestyksessä ensimmäiseksi jopa ennen suolen ja virtsarakon toiminnan hallintaa, seksuaalitoimintoja tai kävelykykyä (2).

Hartiapunosvamat ovat lähes aina toispuolisia. Yhdenkin yläraajan toiminnan heikentyminen tai menetys vaikuttaa merkittävästi ihmisen toimintakykyyn, kehon hahmottamiseen, tasapainon hallintaan, sosiaaliseen elämään ja työkykyyn (3).

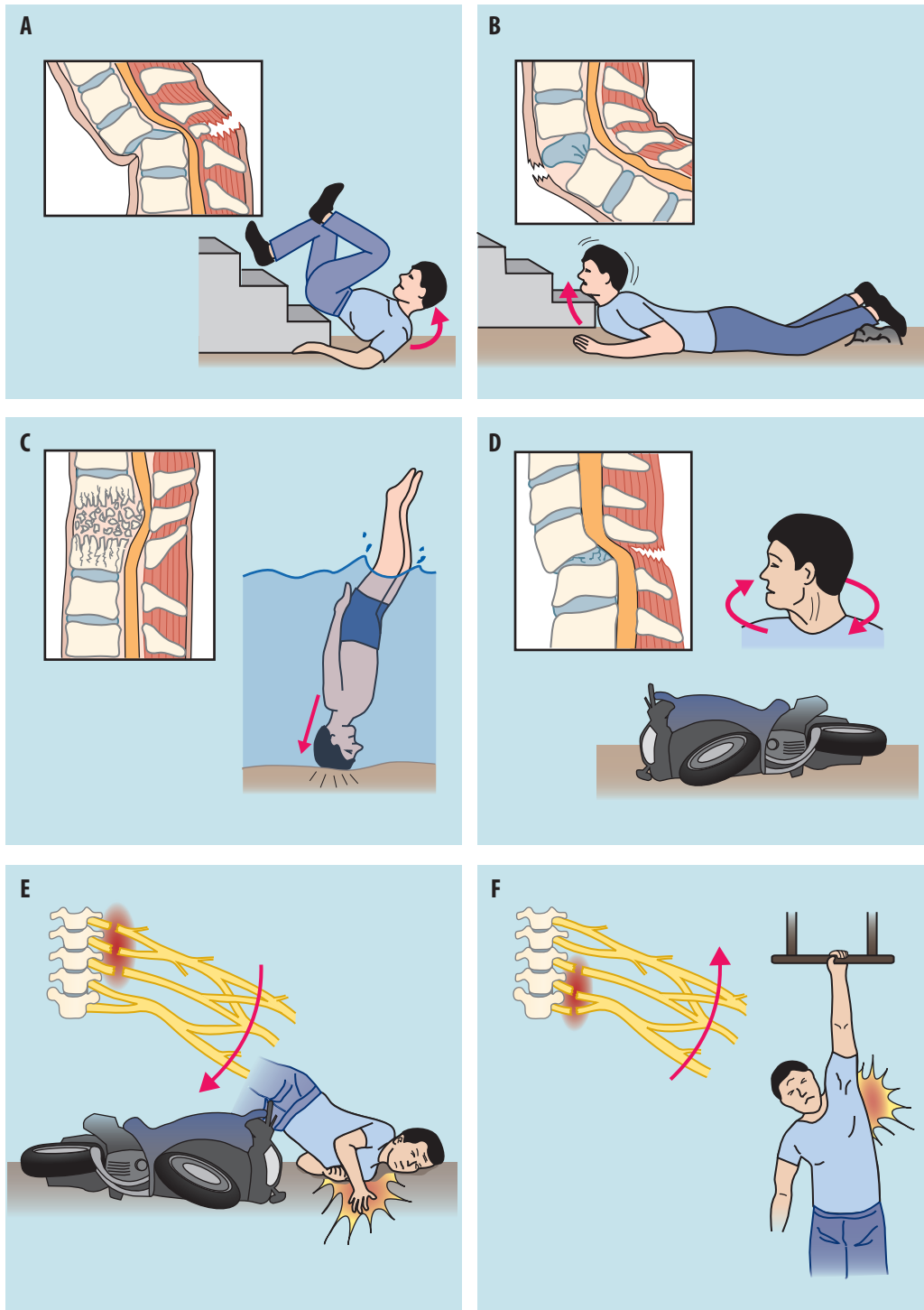
Hartiapunosvaman tai kaularankatason selkäydinvaurion aiheuttaman yläraajahalvauksen toiminnalliset rekonstruktiotekniikat ovat kehittyneet viime vuosikymmeninä. Kehitty-

neillä hermo- ja lihassiirtotekniikoilla eli transposiatioilla voidaan parantaa halvaantuneen yläraajan toimintaa (4,5).

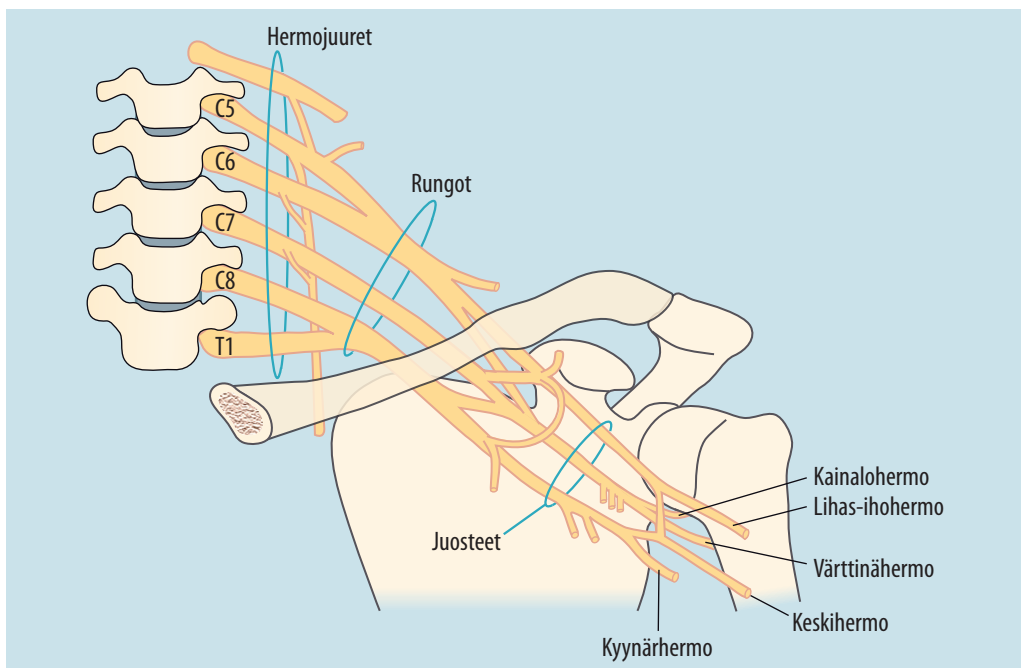
Syyt ja yleisyys

Kaularankatason selkäydinvauriot ja hartiapunosvamat syntyvät tyypillisesti liikennetapaturmissa, kaaduttaessa, pudottaessa tai sukellettaessa pää edellä taikka väkivallan kuten puukotuksen seurauksena (**KUVA 1**). Tapaturmaisista vammoista sattuu useimmiten nuorille ja miehille (6,7).

Tapaturmainen kaularankatason selkäydinvamma on yleensä seurausta kaularangan murtumasta tai sijoiltaanmenosta (**KUVA 1A-D**). Vaikean hartiapunosvaman tavallisin syntymekanismi on hartian ja pään vääntyminen äkillisesti eri suuntiin (**KUVA 1E**) (8). Tyypillisinä liitännäisvammoina esiintyy päävammoja, rintakehävammoja, solis- tai kaulasuonten vammoja, olkanivelen sijoiltaanmenoja sekä solisluun, lapaluun ja pitkien luiden murtumia. Suureneva selkäydinvammapotilasryhmä ovat iäkkäät ihmiset, joiden yläraajahalvaus voi syntyä ilman tapaturmaa ja usein osittaisena (6–9). Välilevytyrä ja nikamavälialukon (foramen intervertebrale) ahtaus, erilaiset kasvaimet, sädehoito, tulehdukset ja verenkiertohäiriöt



KUVA 1. Kaularankatason selkäytimen ja hartiapunoksen tyypillisimmät vammamekanismit. Selkäydin vaurioituu kaularankatasolta tyypillisesti kaularangan vääntyessä väkivaltaisesti koukistus- (A), ojennus- (B), puristus- (C) tai kiertosuuntaisesti (D). Hartiapunus vaurioituu tyypillisesti, kun hartia ja pää vääntyvät äkillisesti eri suuntiin repien erityisesti hartiapunoksen yläosaa (95 % vammoista) tai kun hartiapunus murskautuu solisluun ja ensimmäisen kylkiluun väliin yläraajan repeytyessä yhtäkkisesti loitonnuksen (E,F).



KUVA 2. Hartiapunoksen rakenne. Selkäytimestä tulevat hermojuurten etuhaarat (C5–T1) yhtyvät ja muodostavat ylemmän (C5–6), keskimmäisen (C7) ja alemman (C8–T1) hermorungon. Rungot haaroittuvat kolmeksi hermojuosteeksi, jotka jakautuvat neljäksi yläraajaan meneväksi päähermohaaraksi: lihas-ihohermoksi (n. musculocutaneus), kainalohermoksi (n. axillaris), värttinähermoksi (n. radialis), keskihermoksi (n. medianus) ja kyyränhermoksi (n. ulnaris). Hartiapunoksesta lähtee ääreishermonaaroja myös kaulan, lavan ja hartian alueelle sekä ylärintakehälle.

voivat aiheuttaa selkäytimen tai hartiapunoksen vaurioitumisen.

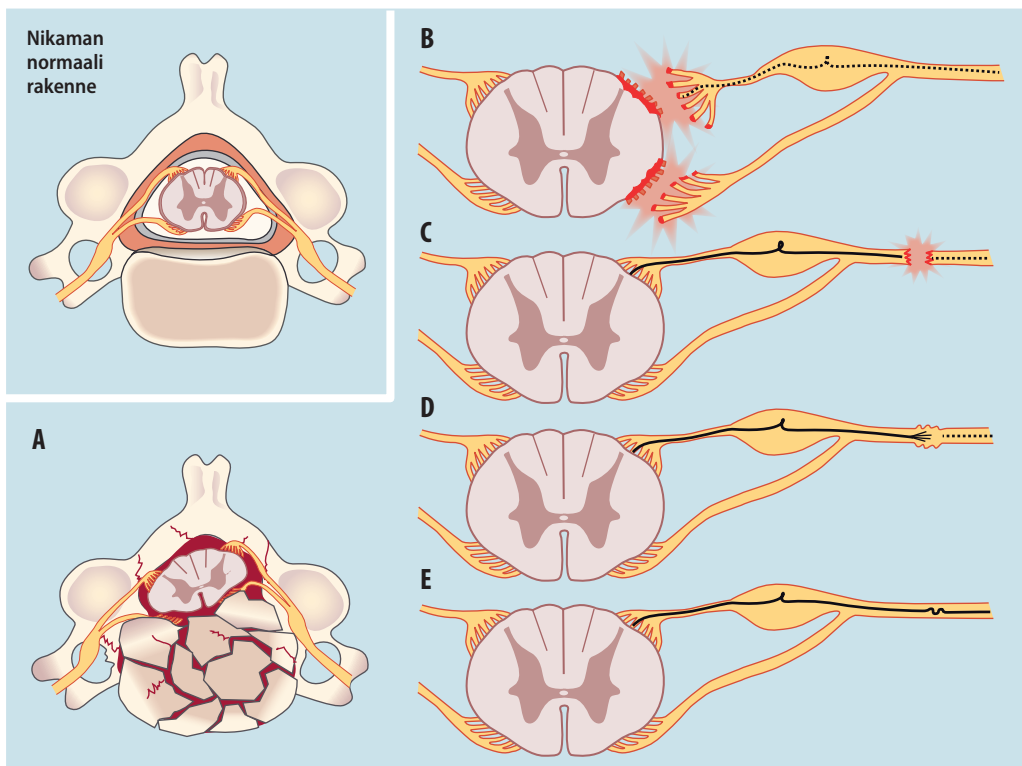
Ilmaantuvuudesta esitetään kirjallisuudessa vaihtelevia arvioita (6,8). Neliraaajahalvauksia ilmaantuu arvioiden mukaan Suomessa vuosittain noin 200 ja eriaisteisia aikuisten hartiapunosvammoja todennäköisesti jonkin verran vähemmän (7,8).

Vammatasot ja luokitukset

Yläraajan hermotus tulee selkäytimestä kaularangan tasolta viidestä hermojuuresta (C5–C8 ja T1). Tullessaan nikamaväliaukosta läpi hermojuuren etuhaarat muodostavat hartiapunoksen, josta ääreishermit haarautuvat yläraajaan (**KUVA 2**). Kaularankatason selkäydinvammat ja hartiapunoksen vammat aiheuttavat vamman tason sekä vaikeuden mukaisen motorisen, sensorisen ja autonomisen toiminnan häiriön (**KUVA 3 ja 4**). Yläraajaan jää useimmiten jonkin-

laista toimintaa, ja vaikeutensa mukaan vamma voi korjaantua spontaanisti joko kokonaan tai osittain 1–2 vuoden kuluessa (9,10).

Neliraaajahalvauksessa potilas menettää yläraajojen halvauksen lisäksi yleensä myös alaraajojensa sekä vartalonsa lihasten hallinnan ja elimistössä tapahtuu monia muitakin muutoksia muun muassa keuhkoissa, sydän- ja verenkiertoelimissä, suolen ja virtsarakon toiminnassa, seksuaalitoiminnoissa, aineenvaihdunnassa ja hormonitoiminnassa. Sentraalinen selkäydinoireyhtymä on selkäytimen keskiosien osittainen vaurio, jossa neliraaajahalvaus ilmenee yläraajapainotteisena. Selkäydinvaurion neurologinen taso ja vaurion laatu arvioidaan kliinisesti ASIA-luokituksella (American spinal injury association impairment scale) (1). Luitien selkärankavamman taso ei usein vastaa täysin yläraajan motorista ja sensorista toiminnan puutosta, ja yläraajat toimivat usein epäsymmetrisesti.



KUVA 3. A) Selkäydinvamma syntyy nikamamurtuman, nikaman siirtymisen tai kasvaimen seurauksena. Hartiapunoksen hermovaurion vaikeus jaotellaan repeämän tyypin mukaan. B) Hermojuuri repeytyy selkäytimestä eli avulsoituu (neurotmesis). C) Itse hermojuuri ja hartiapunos repeytyvät poikki eli rupturoituvat (neurotmesis). D) Hermion aksonit voivat myös mennä poikki, vaikka tukikudos säilyy ehyenä (aksonotmesis). E) Lievin hermovamman muoto on neurapraksia, joka on palautuva johtumishäiriö.

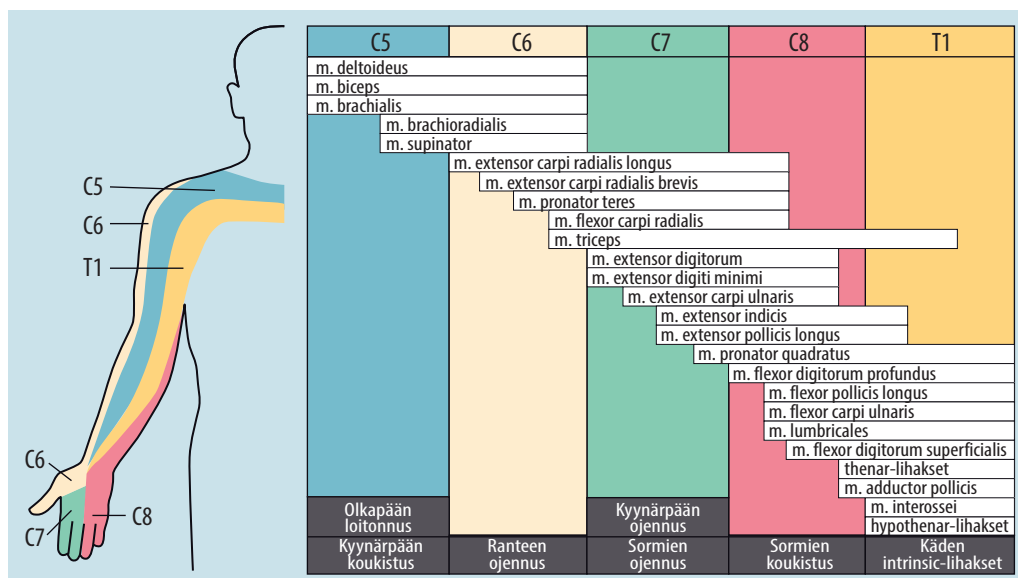
Hartiapunosvammot luokitellaan anatominen tasonsa mukaan yläosan (C5–C7), alaosan (C8–T1) ja kaikkia hermojuuria koskevaan täydelliseen hartiapunosvamman (C5–T1). Sulkeiset vammot luokitellaan myös repeämätyypin mukaan. Avulsiossa hermojuuri on revennyt selkäytimestä tai sensorisen juuriganglion proksimaalipuolelta preganglionisesti (**KUVA 3B**). Hartiapunoksen repeämässä (ruptuura) hermovamma sijaitsee distalisemmin kaulanikaman ulkopuolella postganglionisesti (**KUVA 3C**). Hermojuuren avulsiossa ja hermon täydellisessä repeämässä (totaaliruptuura) hermo on katkennut täydellisesti (neurotmesis) niin, että se ei parane spontaanisti ja halvaus on pysyvä ilman kirurgista hoitoa. Jos hermoon kohdistuva venytysvamma on lievempi, voi hermovammakin olla lievempi.

Repeämän seurauksena hermo voi säilyä makroskooppisesti ehyenä, vaikka hermosig-

naaleja kuljettavat aksonit ovat katkenneet (aksonotmesis) (**KUVA 3D**). Tällöin hartiapunosvamma voi parantua spontaanisti kuukausien kuluessa, mutta paraneminen vaatii katkenneiden aksonien kasvamisen uudelleen vammatasolta kohde-elimien. Lievimmillään vammautuneeseen hermoon voi syntyä paikallisesta myeliinitupen vauriosta johtuva toiminnallinen johtumishäiriö (neurapraksia), joka paranee aina spontaanisti ja täydellisesti muutaman kuukauden kuluessa (**KUVA 3E**) (11). Usein hartiapunosvamma käsittää repeämätyypiltään ja vaikeudeltaan erilaisia vammoja (12).

Diagnostiikka

Yläraajan motorisen ja sensorisen toiminnan systemaattinen ja toistettu kliininen tutkiminen jäljempänä esitettävien periaatteiden mukaisesti on diagnostiikan perusta. Kliiniset löydökset



KUVA 4. Yläraajan segmentaalinen lihas- ja ihohermotus. Yläraajaan tulevat hermojuuret C5–C8 ja T1. C5-hermojuuri hermottaa olkapään loitonnuks ja kyynärpään koukistusta. C6-hermojuuri antaa toiminnan ranteen ojennukseen ja C7-hermojuuri kyynärpään ja sormien ojennukseen, C8-hermojuuri sormien koukistukseen ja T1-hermojuuri käden hienomotoriikasta vastaaviin pikkulihasiin.

yhdistetään toiminnalliseen hermoanatomiaan ja muihin lisätutkimuksiin vamman tason ja hermovamman vaikeuden arvioimiseksi (1,13). Vammamekanismi ja -energia sekä liittämissä vammat arvioidaan. Akuutissa vaiheessa tulee varmistaa halvaantuneen yläraajan verenkierron riittävyys ja sulkea pois mahdolliset merkittävät verisuonivammat.

Kliininen tutkiminen. Kaularankatason selkäydinvammoissa tai hermojuuritason vaurioita epäiltäessä tutkitaan tunto ja lihasvoima dermatomien ja myotomien mukaisesti (**KUVA 4**). Anatomian tuntemus on hartiapunosvammojen diagnosoinnin edellytys (**KUVA 2**). Tärkeätä on pyrkiä erottamaan kirurgista hoitoa vaativat hermojuuren avulsiot ja täydelliset repeämät spontaanisti parantuvista hermon venytysvammoista (aksonotmeesi, neurapraksia). Usein tämä vaatii tutkimuksen toistamista – ensimmäisen parin kuukauden aikana tapahtuva korjaantuminen viittaa lievään vaurioon, kun taas pidempään kestävä hermovaurio on aksonivaurio (aksonotmeesi tai neurotmeesi).

Hermojuuren avulsioon viittaavia löydöksiä ovat kova raajakipu, Hornerin oireyhtymä (riippuluomi eli ptoosi, mustuaisen pienuus eli

mioosi, silmän sijainti tavallista syvempänä eli enoftalmus), suunnikaslihaksen (m. rhomboideus) ja etumaisen sahalihaksen (m. serratus anterior) halvaus sekä tuntopuutos solislun yläpuolella (1). Ääreishermoston vaurion yhteydessä jänneheijasteet ja lihasjänteys vaimenevat. Kiihtyneet jänneheijasteet, voimistunut lihasjänteys ja spastisuus viittaavat selkäydinvaurioon.

Lihasten toimintaa tutkittaessa testataan erikseen eri lihasten ja lihasryhmien voimat (1). Lihastrofia ilmenevät kliinisesti vasta kuukausien kuluttua. Nivelten passiiviset liikelajauudet, mahdollinen spastisuus ja kipu selvitetään. Tuntokartan tekeminen auttaa sensorisen puutoksen määrittelyssä.

Kuvantaminen. Selkäydinvammaa kuvannetaan kaularangan natiiviröntgenillä, tietokonetomografialla (TT) ja magneettikuvauksella. Hartiapunosvammojen yhteydessä tulee röntgenkuvata keuhkot, solislun, kaularanka ja olkapää. Keuhkojen röntgenkuvassa koholla oleva pallea herättää epäilyn palleahermon vauriosta, joka viittaa hermojuuren avulsioon. Hermojuuren avulsio voidaan diagnosoida luotettavimmin hartiapunosksen magneettikuvauksessa

tai TT-myelografiassa (pseudomeningoseele). Magneettikuvauksella voidaan visualisoida myös itse hartiapunos ja ympäröivä turvotus. Sillä ei kuitenkaan pystytäkään arvioimaan luotettavasti postganglionisen repeämän vaikeutta tai toipumisennustetta. Magneettikuvauksessa voidaan havaita myös denervoituneeseen lihakseen kehittynyt atrofia.

Neurofysiologiset tutkimukset. Elektro-neuromyografia (ENMG) antaa tietoa hermovaurion tasosta (preganglioninen vai postganglioninen) ja vaikeudesta. Sen tulkinta tulee yhdistää kliiniseen tutkimukseen ja kuvantamislöydöksiin. Neliraajahalvauksessa ENMG voi olla tarpeen hermosiirtoja suunniteltaessa. Hartiapunosvammoissa ENMG kannattaa tehdä aikaisintaan kolmen viikon kuluttua vammasta, jolloin aksonotomeesi eli Wallerin degeneraatio on ehtinyt edetä riittävästi (1).

Aksonaalisen hermovamman yhteydessä denervoituneeseen lihakseen kehittyy patologista spontaania toimintaa (fibrillaatio, faskikulaatio) ja lihassähkötutkimuksessa (EMG) voidaan todeta niin sanottuja teräviä aaltoja. Tutkimus uusitaan kolmen kuukauden kuluessa, jolloin saadaan viitteitä mahdollisesta aksonaalisen hermovamman spontaanista regeneraatiosta ja siten hermovamman vaikeudesta.

Aksonaalisen hermovamman jälkeinen alka-va aksoniregeneraatio ja lihasten uudelleenhermotus voidaan tarvittaessa havaita EMG:ssä viikkoja ennen kliinistä lihastoiminnan palautumista. Toisaalta jos lihastoiminta on selvästi palannut, ei EMG:stä saada oleellista lisäinformaatiota. Uudelleenhermotuksen merkkeinä ENMG:ssä voidaan havaita monivaiheisia lyhytkestoisia, amplitudiltaan kookkaita lihasyksiköitä. Muutamien motoristen yksiköiden ilmaantuminen ei kuitenkaan takaa koko hermon toiminnan palautumista.

Yläraajan toiminnalliset rekonstruktiot

Yläraajan rekonstruktiivisia toimenpiteitä ei tehdä akuutissa vammavaiheessa lukuun ottamatta hartiapunosvammoja, joihin liittyy merkittävä verisuonivamma.

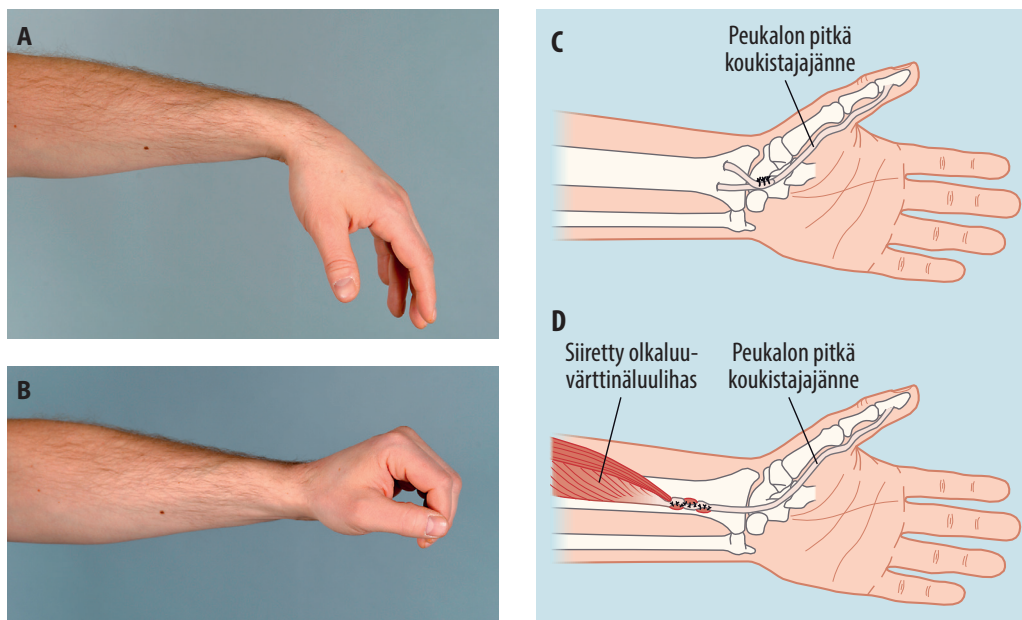
Selkäydinvamma vaatii akuutissa vaiheessa (spinaalisokki) aina tehohoitoa vitaalitoimintojen turvaamiseksi. Selkärankamurtuman leikkaushoidon tavoitteet ovat rangan mekaaninen stabilointi ja mahdollisten lisävaurioiden ehkäisy sekä selkärangan kanavan muodon ja laajuuden palautus. Varhainen dekompressio voi olla hermorakenteiden toipumisen kannalta edullista. Yläraajojen osalta akuuttivaiheen hoidossa on aktiivisesti panostettava halvaantuneen yläraajan niveljäykistymien ja painehaavojen ehkäisyyn.

Rekonstruktioiden teknisenä periaatteena on halvaantuneen yläraajan tai sen ympäristössä toimivien lihasten ja motoristen hermojen uudelleenjärjestely lihas- ja hermosiirroin eli transpositioin sekä hartiapunosksen täydellisesti repeytyneiden vauriokohtien ohittaminen hermosiirtein (1). Hermosiirroissa toimiva motorinen hermo tai siitä valikoitu yksittäinen motorinen hermokimppu (fasciculus) siirretään hermottamaan denervoitunutta lihasta. Hermosiirron etuna tavanomaisiin hermonkorjausmenetelmiin verrattuna on, että hermon regeneraatiomatka voidaan usein minimoida. Joskus hartiapunosvammojen hoidoksi voi riittää pelkkä hermon vapautus (neurolyysi).

Lihassiirroissa toimiva lihas katkaistaan distaalista kiinnityksestään ja siirretään toiseen kohtaan korvaamaan menetettyä toimintaa. Uhrattavat lihakset valitaan niin, että niiden toiminnan menettäminen ei aiheuta toiminnallista haittaa. Halvaantuneen käden otetta voidaan lisäksi rakentaa käyttämällä hyväksi ja hienosäätämällä niin sanottua tenodeesiotetta (KUVAT 5 A ja B).

Neliraajahalvaustapaukset ja hartiapunosvamat tulee aina ohjata käsikirurgin arvioon. Kirurginen yläraajan hermorekonstruktio tulisi tehdä selkäydinvamman yhteydessä 6–12 ja hartiapunosvammassa 3–6 kuukauden kuluessa vammasta, jotta denervoituneiden lihasten uudelleenhermotus olisi mahdollista. Lihaskädet ja jännesiirteet sekä nivelten jäykistykset voidaan otollisissa olosuhteissa tehdä jopa vuosikymmenienkin kuluttua vammasta.

Neliraajahalvauksen yhteydessä yläraajojen toiminnalliset rekonstruktiot ovat karkeasti mahdollisia, kun selkäydinvamma sijaitsee C6–



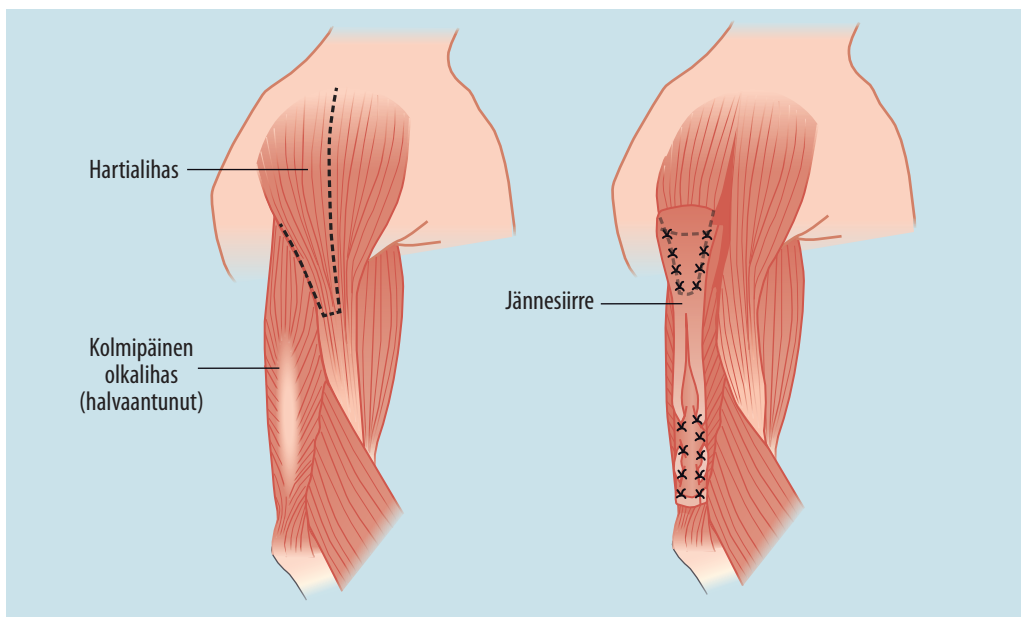
KUVA 5. Vaikeasti halvaantuneessa kädessä yksinkertainen ote perustuu usein niin sanottuun tenodeesiotteeseen, jossa sormien liike ja ote tapahtuvat passiivisesti ranteen aktiivisen ojennuksen avulla. **A)** Sormet ojentuvat passiivisesti ranteen painuessa koukkuun painovoiman vaikutuksesta. **B)** Sormet koukistuvat potilaan ojentaessa rannetta. **C)** Peukalon passiivista avainotetta voidaan tehostaa kiinnittämällä peukalon pitkä koukistajajänne värttinäluuhun (tenodeesi), jolloin se kiristyy ja mahdollistaa passiivisen avainotteen ranteen aktiivisen ojennuksen yhteydessä, tai siirtämällä toimivan olkaluu-värttinäluulihasen (m. brachioradialis) distaalinen kiinnitys peukalon pitkään koukistajajänteeseen, jolloin avainote on aktiivinen (**D**).

tason alapuolella, jolloin yläraajassa on jäljellä olkapään loitonuus, kyynärpään koukistus ja ranteen ojennus (**KUVA 4**) (1). Leikkauksilla pyritään rakentamaan potilaalle useimmiten aktiivinen kyynärpään ojennus ja käden ote, johon kuuluvat yleensä avain- ja puristusote. Spastisuuden vähentäminen jänteitä pidentämällä tai katkaisemalla voi tulla kyseeseen, mikäli konservatiiviset hoitomuodot eivät riitä.

Kyynärpään ojennus rekonstruoidaan tyypillisesti siirtämällä hartialihaksen takaosan kiinnityspiste halvaantuneen olkavarren kolmipäisen olkalihaksen jänteeseen (**KUVA 6**). Ranteen aktiivinen ojennus on edellytys käden otelle. Ranteen aktiivisen ojennustoiminnan puuttuessa se voidaan rekonstruoida siirtämällä olkaluu-värttinäluulihasen (m. brachioradialis) distaalinen kiinnitys tai olkavarsilihasen (m. brachialis) motorinen hermohaara halvaantuneeseen ranteen lyhyeen tai pitkään peukalonpuoleiseen ojentajalihakseen (m. extensor carpi radialis longus et brevis).

Ranteen aktiiviseen ojennukseen perustuva passiivinen avainote voidaan rakentaa kiinnittämällä peukalon pitkä koukistajajänne värttinäluuhun (**KUVA 5C**). Sormien aktiivinen koukistus voidaan rekonstruoida käyttämällä joko lihas- tai hermosiirtona tyypillisesti olkaluu-värttinäluulihasesta (**KUVA 5D**), ranteen toista radiaalista ojentajaa, olkavarsilihasesta tai uloskiertäjälihasta (m. supinator). Peukalon kämmennivelen (CMC-I) jäykistäminen on peukalopäkiän (thenar) lihasten halvauksen vuoksi yleensä tukevan avainotteen kannalta tarpeen. Sormien ojennusta voidaan parantaa joko passiivisesti ojentajajänteiden ja käden ”intrinsic-lihasen” toimintaa korvaavilla tenodeeseillä tai aktiivisesti hermosiirrolla siirtämällä uloskiertäjälihaksen motoriset hermohaarat sormien ojentajien motoriseen hermoon, kyynärvarren takimmaiseen luvvälihermoon (n. interosseus antebrachii posterior) (14,15).

Hartiapunosvamma. Avoimet ja lävistävällä vammamekanismilla syntyneet hartia-



KUVA 6. Nelirajahalvauksen yhteydessä puuttuva kyynärpään ojennus rakennetaan tyypillisesti lihassiirrolla siirtämällä toimivan hartialihaksen (m. deltoideus) takaosan kiinnityspiste jännesiirteellä jatkettuna kolmipäisen olkalihaksen (m. triceps brachii) janteeseen.

punosvammat korjataan varhaisvaiheessa ja usein suoralla hermokorjauksella. Sulkeisten, tylppien hartiapunosvammojen diagnostiseen tarkkuuteen ja hoidon ajoitukseen liittyy epävarmuustekijöitä. Pienienergisemmät sulkeiset hartiapunosvammot, kuten olkapään sijoiltaanmenoon liittyvät solisluitason alapuoliset hartiapunosvammot, aiheuttavat useimmiten spontaanisti korjaantuvia neurapraksia- tai aksonotmeesiasteisia venytysvammoja.

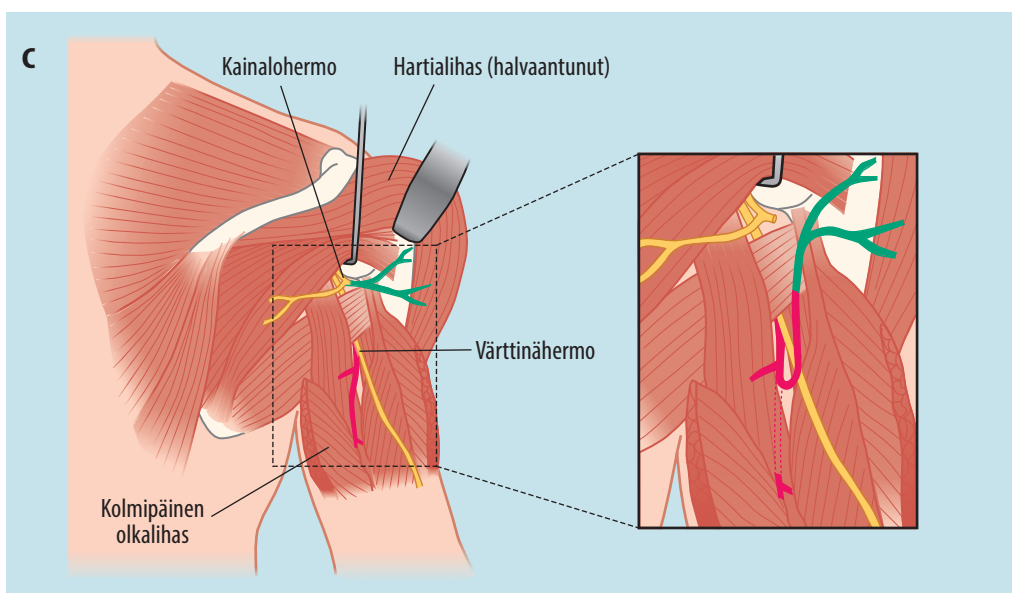
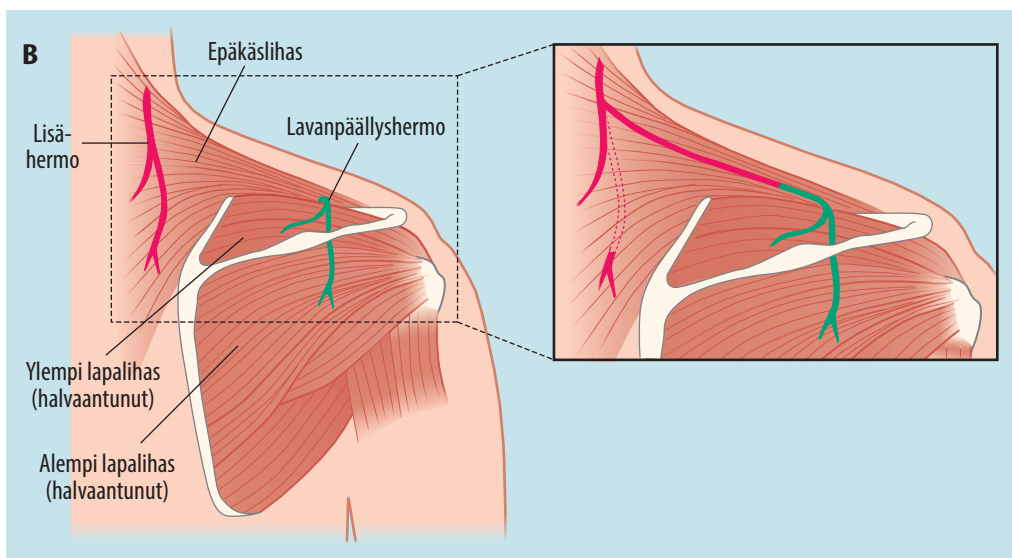
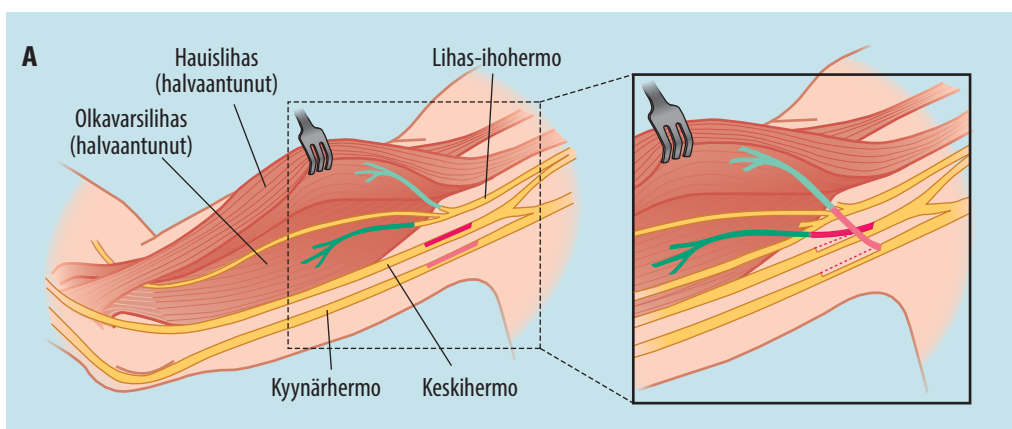
Kirurginen hermokorjaus on tarpeen, jos hartiapunosvammoissa on viitteitä hermojuuren avulsioista tai täydellisestä repeämisestä. Hermojuuren avulsioissa ja suurienergisissä kaikkia hermojuuria koskevissa täydellisissä hartiapunosvammoissa kirurgiseen korjausleikkaukseen päästään diagnostisista syistä yleensä jo varhaisvaiheessa, mutta hermokorjaus tulee aina tehdä viimeistään 3–6 kuukauden kuluttua vammasta.

Hartiapunoksen yläosan vammoissa kyynärpään koukistus ja olkapään hallinta kärsivät (**KUVA 4**). Useimmiten kyynärpään koukistus saadaan varsin luotettavasti palautetuksi hermosiirroilla, joissa denervoituneet hauis- ja olkavarsilihas hermotetaan uudelleen kyynär- ja

keskihermosta uhratuilla valikoiduilla motori- silla hermokimpuilla (**KUVA 7 A**) (17,18).

Vastaavasti olkapään loitonuus ja ulkokierto voidaan palauttaa siirtämällä distaalinen osa lisähermosta (n. accessorius) halvaantuneeseen lavanpäälyshermoon (n. suprascapularis) (**KUVA 7 B**) ja siirtämällä varttinähermosta kolmipäiseen olkalihakseen (m. triceps brachii) menevä yksi motorinen haara kainalohermoon

KUVA 7. Viereisellä sivulla. Hartiapunoksen yläosan vamman korjauksessa yleisesti käytettävät hermosiirrot. **A)** Kyynärpään koukistuksen rekonstruktiossa käytetään hermosiirtotekniikkaa, jossa halvaantuneeseen hauislihaksen (m. biceps brachii) siirretään motorinen hermokimppu (fasciculus) toimivasta kyynärhermosta (Oberlinin tekniikka) ja halvaantuneeseen olkalihakseen (m. brachialis) siirretään motorinen hermokimppu toimivasta keskihermosta (double nerve transfer -tekniikka). Olkapää stabiloidaan ja sen uloskierto ja loitonuus rekonstruoidaan kahdella hermosiirrolla. **B)** Halvaantuneeseen ylemmän ja alemman lapalihaksen (m. supra- ja infraspinatus) siirretään toimiva hermo distalisesta lisähermosta (n. accessorius). Uhrattavien hermojen toimintaan syntyy harvoin havaittavaa puutosta. **C)** Halvaantunut hartialihäs (m. deltoideus) hermotetaan varttinähermon kolmipäisen olkalihaksen yhden pään motorisella hermohaaralla (Somsakin tekniikka). Uhrattavien hermojen hermottamisiin toimintoihin syntyy harvoin havaittavaa puutosta.



Ydinasiat

- ▶ Yläraajahalvauksen rekonstruktiviset leikkaukset perustuvat yläraajassa jäljellä olevien lihasten ja motoristen hermojen uudelleenjärjestelyyn.
- ▶ Oikea-aikainen hoitoonohjaus, asiantunteva leikkaus ja potilaan aktiivinen kuntoutus ovat toiminnallisen tuloksen kannalta tärkeitä.
- ▶ Selkäydin- ja hartiapunosvammapotilaat tulee ohjata asiaan perehtyneen käsikirurgin konsultaatioon.
- ▶ Selkäydinvaurioiden ja hartiapunosvammojen jälkeiset halvaantuneiden yläraajojen toiminnalliset rekonstruktiot on keskitetty valtakunnallisesti.

(n. axillaris) (**KUVA 7C**) (19). Mikäli yläosan vamma on laaja-alaisempi, hartiapunoksen takajuoste voidaan lisäksi hermottaa uudelleen joko säilyneellä C7-hermojuuren päällä tai kylkivälihermoilla (n. intercostalis).

Kaikkia hermojuuria koskevissa täydellisissä hartiapunosvammoissa yläraajan toimintaa voidaan palauttaa rajoitetusti. Kyynärpään ja olkapään liike on näiden vammojen yhteydessä toiminnallisesti etusijalla. Täydellisissä repeämissä vauriokohdat voidaan ohittaa säilyneistä hermojuuren päistä saatavin hermo-siirtein. Hermosiirtoon joudutaan käyttämään hartiapunoksen ulkopuolisia hermoja, kuten lisähermoa, kylkivälihermoja ja joskus pallean hermoa (n. phrenicus) sekä terveen yläraajan puolen C7-hermojuurta.

Myöhäisvaiheessa voidaan kyynärvarren koukistuksen palauttamiseksi käyttää paikallisia lihassiirtoja tai vapaata mikrovaskulaarista lihassiirrettä, joka hermotetaan lisähermolla tai kylkivälihermoilla. Ranteen ja käden alueen luudutuksia ja tenodeesejä käytetään virheasentojen ja instabiiliuden hoitona (20). Olkapään stabilointi epäkäslihaksen lihassiirrolla tai olkanivelen jäykistyksellä voi olla tarpeen.

Kuntoutus. Leikkausten jälkeinen hoito vaatii asiantuntevan kuntoutuksen. Hermo-

korjauksen jälkeen on joskus tarpeen suojata korjausalue 2–3 viikon ajaksi. Halvaantuneen lihaksen liikeharjoitukset tehdään alkuvaiheessa passiivisina ja mielikuvaharjoitteina. Kun denervoituneessa lihaksessa havaitaan toimintaa, aloitetaan motorinen uudelleen koulutus ja aktiiviset nousujohteiset liikeharjoitukset aluksi usein niin, että toipumassa olevia heikkoja lihaksia käytetään painovoiman vaikutus eliminoituna (1). Lihassiirtojen jälkihoito vaatii jännesauman suojaamista lastoin 4–8 viikon ajan, mutta ohjatut aktiiviset harjoitukset aloitetaan usein pian leikkauksen jälkeen ilman kuormitusta. Toiminnalliset harjoitukset ovat tärkeä osa kuntoutusta.

Tulokset

Hyvin suunnitelluilla yläraajojen toiminnallisilla rekonstruktioilla voidaan parantaa neliraajahalvaantuneen potilaan yläraajojen toimintaa. Painovoiman voittava kyynärpään ojennusvoima voidaan saavuttaa luotettavasti. Keskimäärin saavutettava avainotteen voima vastaa 1–2 kg:aa ja puristusotteen voima 6 kg:aa (1). Saavutettavat yläraajan voimat ovat usein heikkoja ja liikkeet karkeit verrattuna terveen yläraajan toimintaan, mutta yksinkertaisestakin otteesta on neliraajahalvauspotilaalle usein suurta toiminnallista hyötyä. Rekonstruktioilla voidaan parantaa potilaan toimintakykyä, oma-toimisuutta, elämänlaatua ja sosiaalisuutta sekä vähentää henkilökohtaisen avustajan tarvetta (4,21–24).

Hartiapunoksen yläosan vammojen hoidossa voidaan nykyisillä rekonstruktio menetelmillä saavuttaa yleensä hyvä yläraajan toiminta. Hartiapunoksen yläosan hermojuuren avulsioon ja täydellisten repeämien osalta saavutetaan nuorilla potilailla yleensä olkapään stabiilius ja 40–90 asteen aktiivinen loitonuus sekä kyynärpäähän täysi koukistusliike ja riittävä voima arkitoimintoihin (8 kg:aan asti).

Hartiapunoksen alaosan vammasta ja erityisesti täydellisestä hartiapunosvammasta seuraa aina merkittävä yläraajan heikkous ja tunto-puutos. Tärkeimmät ennusteeseen vaikuttavat tekijät ovat vammatyyppi, potilaan ikä, denervaatioaika ja motivaatio kuntoutukseen (1). Yli

40-vuotiaiden potilaiden leikkaustulokset ovat jo selvästi huonommat, eivätkä yli 60-vuotiaat merkittävästi parane (20).

Lopuksi

Halvaantuneiden yläraajojen rekonstruktioiden onnistuminen edellyttää tarkkaa kliinistä arviota, hoidon yksilöllistä suunnittelua, leik-

kausteknistä osaamista ja moniammatillista kuntoutusta. Toiminnallisilla rekonstruktioilla on suuri merkitys yksilölle ja merkittävä kustannusvaikutus yhteiskunnalle. Potilaat ovat tavallisesti nuoria miehiä, joille vamma aiheuttaa pysyvän invaliditeetin ja työkyvyn menettämisen uhan. Käsikirurgiseen hoitoon ohjaus viivästyy edelleen valitettavan usein, mikä huonontaa hoitotuloksia merkittävästi. ■

JORMA RYHÄNEN, dosentti, käsikirurgi

EERO WARIS, dosentti, käsikirurgi

HUS, tukielin- ja plastiikkakirurgia

VASTUUTOIMITTAJA

Ville Sallinen

SIDONNAISUUDET

Jorma Ryhänen: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Zimmer-Biomet), luento-/asiantuntijapalkkio (Depuy-Synthes)

Eero Waris: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (AxoGen), luento-/asiantuntijapalkkio (Pfizer, Depuy-Synthes, Summed Finland Oy)

KIRJALLISUUTTA

1. Waris E, Ryhänen J. Hermovammat. Kirjassa: Kröger H, Aro H, Böstman O, ym, toim. Traumatologia. 8. painos. Helsinki: Kandi-daattikustannus 2019.
2. Anderson KD. Targeting recovery: priorities of the spinal cord-injured population. *J Neurotrauma* 2004;21:1371–83.
3. Bailey R, Kaskutas V, Fox I, ym. Effect of upper extremity nerve damage on activity participation, pain, depression, and quality of life. *J Hand Surg Am* 2009;34:1682–8.
4. Mohammed KD, Rothwell AG, Sinclair SW, ym. Upper-limb surgery for tetraplegia. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74:873–9.
5. Rothwell AG, Sinnott KA, Mohammed KD, ym. Upper limb surgery for tetraplegia: a 10-year re-review of hand function. *J Hand Surg Am* 2003;28:489–97.
6. Rahimi-Movaghar V, Sayyah MK, Akbari H. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in developing countries: a systematic review. *Neuroepidemiology* 2013;41:65–85.
7. Kaiser R, Waldauf P, Ullas G, ym. Epidemiology, etiology, and types of severe adult brachial plexus injuries requiring surgical repair: systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev* 2018. DOI: 10.1007/s10143-018-1009-2.
8. Koskinen EA, Alen M, Väärälä EM, ym. Centralized spinal cord injury care in Finland: unveiling the hidden incidence of traumatic injuries. *Spinal Cord* 2014;52:779–84.
9. Ditunno JF, Burns AS, Marino RJ. Neurological and functional capacity outcome measures: essential to spinal cord injury clinical trials. *J Rehabil Res Dev* 2005;42(Suppl 1):35–41.
10. Steeves JD1, Kramer JK, Fawcett JW, ym. AEMSC Study Group Extent of spontaneous motor recovery after traumatic cervical sensorimotor complete spinal cord injury. *Spinal Cord* 2011;49:257–65.
11. Sunderland S. Nerves and nerve injuries. 2. painos. New York: Churchill Livingstone 1978.
12. Lynda JS, Chung KC. Physiology of nerve injury and regeneration. Kirjassa: Chung KC, Yang LSJ, McGillicuddy JE, toim. Practical management of pediatric and adult brachial plexus palsies. Amsterdam: Elsevier 2012, s. 13–20.
13. Russell SM, McGillicuddy JE. Clinical examination of the patient with brachial plexus palsy. Kirjassa: Chung KC, Yang LSJ, McGillicuddy JE, toim. Practical management of pediatric and adult brachial plexus palsies. Amsterdam: Elsevier 2012, s. 21–32.
14. Davidge M, Fox IK. Nerve transfers procedures for tetraplegia. Kirjassa: MacKinnon S, toim. Nerve surgery. Thieme 2015, s. 157–88.
15. Bednar MS, Woodside JC. Management of upper extremities in tetraplegia: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 2018;26:e333–41.
16. Alant JVD, Midha R, Chung KC, ym. Nerve repair/nerve transfer strategies for adult brachial plexus palsies. Kirjassa: Chung KC, Yang LSJ, McGillicuddy JE, toim. Practical management of pediatric and adult brachial plexus palsies. Amsterdam: Elsevier 2012, s. 198–211.
17. Ray WZ, Pet MA, Yee A, ym. Double fascicular nerve transfer to the biceps and brachialis muscles after brachial plexus injury: clinical outcomes in a series of 29 cases. *J Neurosurg* 2011;114:1520–8.
18. Ali ZS, Heuer GG, Faught RW, ym. Upper brachial plexus injury in adults: comparative effectiveness of different repair techniques. *J Neurosurg* 2015;122:195–201.
19. Leechavengvongs S, Malungpaishorpe K, Uerpaiojkit C, ym. Nerve transfers to restore shoulder function. *Hand Clin* 2016;32:153–64.
20. Spinner RJ, Shin AY, Bassem T, ym. Traumatic brachial plexus injury. Kirjassa: Wolfe S, Hotchkiss R, Pederson W, ym, toim. Green's operative hand surgery. Amsterdam: Elsevier 2016, s. 1146–207.
21. Hamou C, Shah NR, Diponio L, ym. Pinch and elbow extension restoration in people with tetraplegia: a systematic review of the literature. *J Hand Surg Am* 2009;34:692–9.
22. Wangdell J, Fridén J. Satisfaction and performance in patient selected goals after grip reconstruction in tetraplegia. *J Hand Surg Eur Vol* 2010;35:563–8.
23. Wangdell J, Fridén J. Activity gains after reconstructions of elbow extension in patients with tetraplegia. *J Hand Surg Am* 2012;37:1003–10.
24. Hove LM, Fridén J, Reinholdt C, toim. Reconstructive surgery and rehabilitation of the tetraplegic upper extremity. Nordic guidelines 2016. Bergen, Göteborg: Nordic Tetra Hand Group (NORTH) 2016.

SUMMARY

Reconstructive surgery of upper limb paralysis caused by spinal cord and brachial plexus injuries

Cervical spinal cord injuries and brachial plexus injuries lead to partial or complete loss of upper limb function. In tetraplegia, the upper limb paralysis is bilateral, which is why the patient is often dependent on constant assistance. Paralysis occurs especially in young people and men. Partial spinal cord injuries in the elderly are becoming more common. Advanced nerve and muscle transfers techniques can improve the function of the paralyzed upper limb and the quality of life of patients. Centralized and multidisciplinary care improves the results.