



Janika Kieleväinen

KYYNÄRHERMON PINTEEN MITTAUSOPTION TUOTEKEHITYS

# KYYNÄRHERMON PINTEEN MITTAUSOPTION TUOTEKEHITYS

Janika Kieleväinen  
Opinnäytetyö  
1.2.2011  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Hyvinvointiteknologia	Insinööriyö	44	+	5
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Sairaalateknologia	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Mediracer Oy	Janika Kieleväinen			
Työn nimi				
Kyynärhermon pinteän mittausoption tuotekehitys				
Avainsanat				
ENMG, kyynärhermo, ääreishermosto, johtonopeus, hermovaste, hermopinne				

Kyynärhermo vaurioituu tavallisimmin kyynärpäähän seudulta. Kyynärhermon pinteän oireina ovat puutumisen pikkusormessa ja nimettömässä, kipu, käden kömpelyys sekä myöhemmin lihasheikkous. Hermopinteiden diagnosoimiseen käytetään elektroneuro-myografia- eli ENMG-tutkimusta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella sellainen mittausjärjestely, jolla saadaan rekisteröityä hermovasteet luotettavasti ja yksinkertaisesti kyynärpäähän ylä- (mediaaliselta) ja alapuolelta (distaaliselta). Mittalaitteena käytettiin Mediracer Oy:n kehittämää rannekanavaoireyhtymän mittaukseen tarkoitettua Mediracer NCS -mittalaitetta.

Työ aloitettiin tekemällä käytössä olevalla mittausjärjestelmällä mittaus suunnitelma, jonka pohjalta mittaus suoritettiin 21 valikoimattomalle koehenkilölle. Saatujen tulosten perusteella mittausjärjestelmään tehtiin muutoksia distaalisen mittauksen toteutukseen. Distaalinen mittaus suoritettiin onnistuneesti uudelleen 10 koehenkilölle.

Työn tulosten perusteella voidaan todeta Mediracer NCS -mittalaitteen soveltuvan hyvin kyynärhermon pinteän mittauksiin. Mediaalinen mittaus tapa osoittautui luotettavaksi ja varmaksi mittaus tavaksi. Distaalinen mittaus tapa on herkempi häiriöille ja näin ollen vaatii mittajalta erityistä huolellisuutta. Opinnäytetyössä suunniteltu mittausjärjestely ei vaadi kliinisen neurofysiologian osaamista ja soveltuu siten erinomaisesti perusterveydenhuollon käyttöön.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

KÄSITTEET .....	6
1 JOHDANTO .....	9
2 HERMOSTO JA SEN TOIMINTA .....	10
2.1 Hermosolun rakenne .....	10
2.2 Aktiopotentiaalin ja hermoimpulssin syntyminen .....	11
2.3 Yläraajan hermot .....	14
2.4 Hermovauriot ja niiden syntymekanismit .....	16
2.4.1 Hermovauriotyypit .....	17
2.4.2 Ulnarishermon vauriot .....	18
3 ELEKTRONEUROMYOGRAFIA .....	20
3.1 ENMG-mittauksen periaate .....	20
3.2 Sensorinen neurografia .....	21
3.2.1 Mitattavat muuttujat .....	21
3.2.2 Mittauksen virhetekijät .....	23
3.3 ENMG:n laitetekniikka .....	23
3.3.1 Elektrodit .....	23
3.3.2 Sähköiset hermostimulaattorit .....	25
3.3.3 Mittauselektroniikka ja häiriöiden poistaminen .....	25
4 MITTAUKSET MEDIRACER NCS -MITTALAITTEELLA .....	27
4.1 Mediracer NCS .....	27
4.2 Mediracer Analysis Center .....	28
4.3 Elektrodit .....	29
4.4 Koehenkilöt .....	29
4.5 Mittauksen suunnittelu ja toteutus .....	30
4.5.1 Mediaalinen mittaus .....	30
4.5.2 Distaalinen mittaus .....	32
5 TULOKSET .....	36
5.1 Ensimmäinen koemittaus .....	36
5.2 Muutokset elektrodeissa ja ohjelmistossa .....	39
5.3 Toinen koemittaus .....	40
6 POHDINTA .....	41

LÄHTEET .....	43
---------------	----

## LIITTEET

Liite 1. Mittausten tulokset, 1. mittaus

Liite 2. Mittausten tulokset, 2. mittaus

Liite 3. Läpimenneet näytteet koehenkilöittäin, 1. mittaus

Liite 4. Läpimenneet näytteet koehenkilöittäin, 2. mittaus

Liite 5. Kyynärhermon pinteän mittausohje

# KÄSITTEET

Aksoni	hermosolun viejähaarake
Aktiopotentiali	toimintajännite
Amplitudi	värähdyslaajuus
Anodi	positiivinen napa
Antidrominen	vastasuuntaan kulkeva
Artefakti	menetelmästä tai sen virheellisestä käytöstä aiheutunut virheellinen tulos
Dendriitti	tuojahaarake
Depolarisaatio	lepopotentiaalinen häviäminen lyhyeksi hetkeksi
Diffundoitua	hajaantua, levitä, sekoittua
Distaalinen	kaukana (kauempana) keskustasta sijaitseva, etäisempi
Dominoiva	vallitseva
Dorsaalinen	selänpuoleinen
ENMG	elektroneuromyografia
Fibrillaatio	yksittäisen denervoituneen lihassyyn spontaani supistelu
Frekvenssi	taajuus, esiintymistiheys

Gliasolu	hermotukisolu
Hyperpolarisaatio	hermosolun tapahtuma, jossa solukalvon ulko- ja sisäpuolien välinen jännite-ero on normaalia suurempi
Katodi	negatiivinen napa
Konservatiivinen hoito	säästävillä ja rajoitetuilla menetelmillä annettu hoito, usein muu kuin leikkaushoito
Mediaalinen	lähempänä keskiviivaa oleva, keski-, sisäpuolinen
Mitokondrio	soluelin
Motorinen	liikkeisiin liittyvä, liike-
Myeliinituppi	aksonin ympärille muodostunut eristekerros
Nervus medianus	n. medianus, keskihermo
Nervus radialis	n. radialis, varttinähermo
Nervus ulnaris	n. ulnaris, kyynärhermo
Kliininen neurofysiologia	lääketieteen erikoisala, joka tutkii etenkin sähköisin menetelmin keskus- ja ääreishermoston ja lihaksiston toimintaa
Neuroni	hermosolu
Ortodrominen	myötäsuuntaan kulkeva

Plexus brachialis	hartiapunos, neljän alimman kaulahermon ja ylimmän rintahermon etuhaaroista muodostunut hermopunos
Proksimaalinen	läheinen, lähellä keskusta (vartaloa) sijaitseva
Rannekanavaoireyhtymä	karpaalitunnelioireyhtymä, oireisto, joka aiheutuu keskihermon puristumisesta rannekanavassa
Ranvierin kurouma	aksonin myeliinitupessa pienin välimatkoin esiintyviä katkoksia
Repolarisaatio	solun sisäpuolen ja ulkopuolen välisen jänniteeron palautuminen ionikanavien toiminnan seurauksena
Refraktaariaika	ilmiötä seuraava ajanjakso, jolloin ilmiön uusiutuminen ei ole mahdollinen
Schwannin solu	ääreishermosten hermotukisolu
Sensorinen	aistimuksellinen, aistimellinen
Sooma	solukeskus
Stimulus	ärsyke, tekijä, joka aiheuttaa reaktion
Synapsi	kahden hermosolun impulsseja välittävä liitos
Transmitteri	välittäjäaine



# 1 JOHDANTO

Kyynärhermon pinnetilat ovat toiseksi yleisimpiä kaikista hermopinteistä. Yleisin hermopinne on rannekanavaoireyhtymä, jossa hermo jää pinteeseen tai vaurioituu ranteen alueelta. Suurin osa pinnetiloista on lieviä ja helpottuu konservatiivisilla hoitokeinoilla, mutta vaikeammissa tapauksissa hoitokeinoiksi jää leikkaushoito. Sopivan hoidon löytämiseksi sekä pinnetilan paikantamiseksi käytetään ENMG-tutkimusta, jolla mitataan hermojen johtonopeuksia sekä lihasten sähköistä toimintaa. Tutkimuksella pyritään selvittämään, missä hermopinne sijaitsee ja mikä on vaurion vaikeusaste. (1, s. 3.)

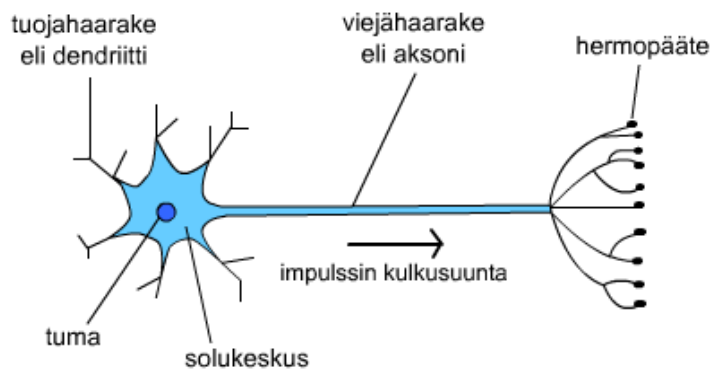
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Mediracer NCS -mittalaitteen soveltuvuutta kyynärhermon pinteeseen mittaukseen. Mittalaite on kehitetty rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseen. Työn tavoitteena oli kehittää mittalaitteistolla sellainen mittausjärjestely, jolla saadaan luotettavat mittaustulokset. Lisäksi tärkeää oli saada mittaus niin yksinkertaiseksi ja selkeäksi, ettei sen suorittaminen vaadi kliinisen neurofysiologian erityisosaamista. Näin perusterveydenhuollossa voitaisiin tehdä kyynärhermon pinteeseen mittauksia mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Opinnäytetyöhön kuului mittalaitteeseen ja -järjestelmään perehtymisen lisäksi koemittausten järjestäminen kahdellekymmenelle valikoimattomalle koehenkilölle. Näiden koemittausten tulosten perusteella tehtiin mittausoptioon muutoksia yhdessä Mediracer Oy:n yhteyshenkilön kanssa. Tulosten perusteella mittaus päätettiin tietyiltä osin tehdä uudelleen kymmenelle uudelle koehenkilölle. Molemmista mittauksista saatujen tulosten perusteella laadittiin kirjallinen ohje, jota seuraamalla kyynärhermon mittaus voidaan suorittaa ongelmitta.

## 2 HERMOSTO JA SEN TOIMINTA

### 2.1 Hermosolun rakenne

Hermostolu eli neuroni on erikoistunut elimistön viestien kuljettamiseen. Kahta samantyyppistä neuronista ei ole olemassa, mutta kaikilla neuroneilla ovat tietyt yhteispiirteet. Jokaisessa neuronissa on varsinkin soluosa eli sooma, lukuisia impulsseja tuovia dendrittejä eli tuojahaarakkeita sekä aksoni eli viejähaarakke (kuva 1). Sooma on läpimitaltaan 4–200 µm ja aksoni on halkaisijaltaan 0,1–20 µm. Motoristen neuronien, liikehermosolujen sooma sijaitsee selkäytimen tai aivorungon harmaassa aineessa, josta aksonit voivat ulottua jopa 1 m:n päähän. Tuntohermojen sooma sijaitsee sensorisessa gangliossa selkäytimen ulkopuolella ns. dorsaalissa juuressa. Itse hermot muodostuvat lukuisista aksoneista, jotka muodostavat hermosyökkimppuja. (2, s. 59; 3, s. 64–66; 4, s. 383–384; 5, s. 55–56.)



*KUVA 1. Hermostolun rakenne ja sen tärkeimmät osat (6).*

Neuronien lisäksi hermostokudoksessa esiintyy tukisoluja eli gliasoluja, jotka ympäröivät hermostokimppuja. Gliasoluja on elimistössä montaa eri tyyppiä, joista Schwannin soluihin kutsutut ovat nimenomaan ääreishermoston tukisoluja. Ne muodostavat useiden aksonien ympärille eristävän suojan, myeliinintupen. Tuppi ei ole yhtenäisesti jatkuva, vaan koostuu pienistä pätkistä, joiden välissä on Ranvierin kuroumiksi kutsuttuja katkoksia. Hermostossa on niin myelinoituneita kuin myelinoitumattomia hermoja. (2, s. 59; 3, s. 68.)

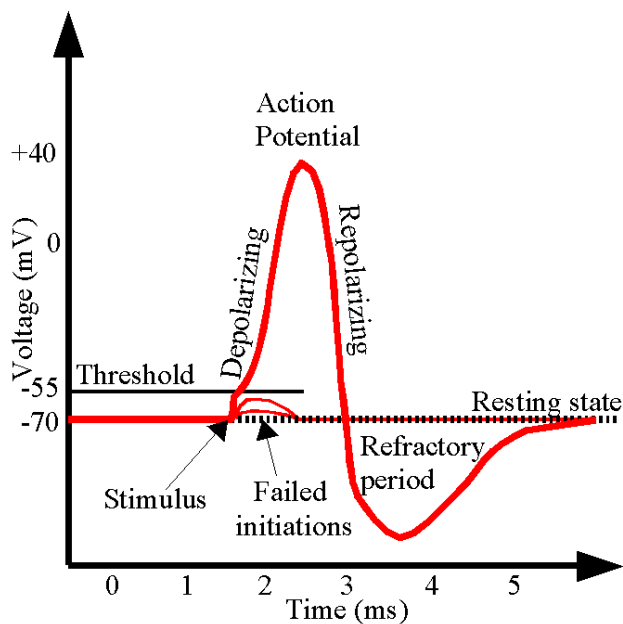
## 2.2 Aktiopotentiaalin ja hermoimpulssin syntyminen

Hermostossa hermoimpulssin kulkeminen perustuu sähköisesti varautuneeseen puoliläpäisevään solukalvoon sekä sen sähköisiin muutoksiin. Solukalvoa pitkin etenevää jännitemuutosta kutsutaan aktiopotentiaaliksi eli toimintajännitteeksi, joka toimii periaatteella ”kaikki tai ei mitään”. Aktiopotentiaali toistuu siis aina kynnysarvon ylittyessä samalla voimakkuudella. Kaikki aktiopotentiaalit solussa ovat samanlaisia, joten lähetettävää viestiä voidaan säädellä ainoastaan muuttamalla aktiopotentiaalien lukumäärää, niiden välistä aikaa ja frekvenssiä. (2, s. 46–50; 7, s. 24; 3, s. 68–72.)

Aktiopotentiaalin peruseriaatteena on solukalvon läpäisykyvyn muuttuminen erilaisille ioneille eri vaiheissa. Läpäisykyvyn muutokset aiheuttavat solukalvon sisä- ja ulkopuolen välille sähköjännitteen, jota kutsutaan kalvojännitteeksi eli membraanipotentiaaliksi. Sähköisesti varautuneet ionit pääsevät kulkemaan solusta sisään ja ulos ns. ionipumppujen kautta, joista neuronissa tärkein on natrium-kaliumpumppu. Ionipumppu siirtää jokaista kolmea solusta pois pumpattua  $\text{Na}^+$ -ionia kohti solun sisälle kaksi  $\text{K}^+$ -ionia. Tämä aiheuttaa solukalvon sisäpinnalle negatiivisen varauksen ja ulkopinnalle puolestaan positiivisen. (2, s. 46–50.)

Lepotilassa solukalvon jännite on  $-70 \dots -85$  millivoltia, jota sanotaan lepojännitteeksi. Tämä johtuu siitä, että lepotilassa ollessa solukalvon ulkopuolella on huomattavasti enemmän  $\text{Na}^+$ - ja  $\text{Ca}^{2+}$ -ioneja kuin solun sisällä. (3, s. 69.)

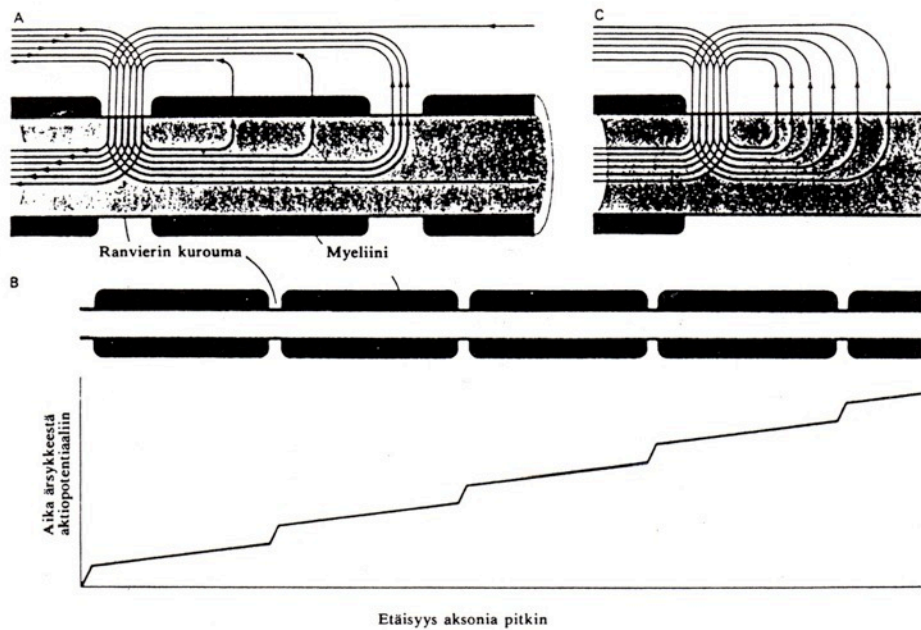
Ensimmäinen vaihe aktiopotentiaalissa on lepopotentiaalin häviäminen solukalvon depolarisoituessa. Sen aiheuttaa solukalvon läpäisykyvyn äkillinen muuttuminen natriumioneille kynnysarvon ylittyessä, jolloin natriumioneja pääsee solun sisälle. Välittömästi tämän jälkeen seuraa aktiopotentiaalin toinen vaihe, repolarisaatio, jossa solukalvon kaliumkanavat avautuvat ja solukalvo muuttuu natriumioneja läpäisemättömäksi. Repolarisaatio palauttaa negatiivisen jännityksen takaisin solukalvolle, mutta ensin tavallista suurempana (hyperpolarisaatio), jonka jälkeen solukalvon läpäisevyys kaliumioneille muuttuu normaaliksi ja lepopotentiaali palautuu soluun. Kuvassa 2 on esitetty aktiopotentiaalin eri vaiheet ajallisesti jännitteen suhteen kuvattuna. (3, s. 68–72.)



KUVA 2. Aktiopotentiaalin eri vaiheet (8, hakusana action potential).

Uusi aktiopotentiaali ei voi syntyä heti edellisen jälkeen, vaikka solukalvo yritetään uudelleen depolaroida. Solukalvo tarvitsee toipumisaikaa, jota kutsutaan absoluuttiseksi refraktaariajaksi. (2, s. 50–51.)

Edellä esitetty yksinkertainen, kahteen ioniin perustuva Hodgkin–Huxley-malli pätee vain myelinoitumattomissa aksoneissa. Myelinoituneissa säikeissä aktiopotentiaali syntyy vain Ranvierin kuroumissa. Impulssi kulkee ns. hyppien kuroumalta toiselle (kuva 3). Tätä kutsutaan saltatoriseksi johtumiseksi. Hyppivä kulkeminen mahdollistaa hermoimpulssin nopeamman kulkemisen hermoa pitkin. Myelinoituneissa hermoissa impulssi kulkee yli 50 m/s, kun taas myelinoitumattomissa noin 1 m/s. (7, s. 25; 4, s. 386.)



*KUVA 3. Hermoimpulssin eteneminen. A) Hermoimpulssin eteneminen myelinisoidussa aksonissa. B) Salsatorisesti johtuvan hermoimpulssin eteneminen. C) Hermoimpulssi hidastuu aksonin myelinoimattomassa kohdassa. (7, s. 25.)*

Impulssin johtumisnopeuteen vaikuttaa myös hermosyyntä paksuus. Mitä paksumpi hermosyyntä on, sitä suurempi johtonopeus. Myös mitattavan ikä, pituus ja lämpötila vaikuttavat johtonopeuteen. Iäkkäillä ihmisillä johtonopeus on hitaampi kuin nuorilla ja lapsilla. Pituus vaikuttaa enemmän johtonopeuteen kuin ikä. Kymmenen senttimetriä lisää pituutta vähentää johtonopeutta noin 2 m/s. Lämpötila on todennäköisesti tärkein fyysikaalinen tekijä, joka vaikuttaa johtonopeuksiin ja vasteiden muotoon. (3, s. 71; 4, s. 413–414.)

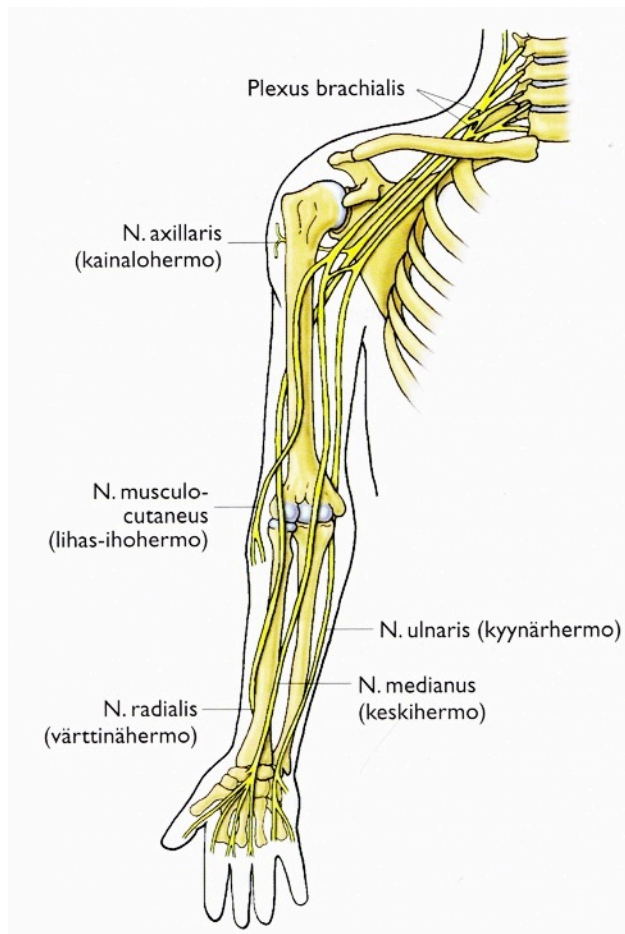
Tieto kulkee hermosoluista toisiin synapsien kautta, jotka ovat hermosolujen välisiä liitoksia. Tavallinen liittymäkohta on kontakti aksonin ja dendriitin välillä tai aksonin ja hermosolun soomaosan välillä. Myös hermosolun ja lihassolun välillä on synapsin tavalla toimiva liitos, jota kutsutaan hermo-lihasliitokseksi. (2, s. 61–62; 3, s. 72.)

Aksonien haarat päättyvät pieneen laajentumaan, aksoni- eli synapsipäätteeseen. Päätteet voivat olla monen muotoisia. Aksonipääte sisältää paljon solun energian lähteitä mitokondrioita sekä synapsirakkuloita, joissa on välittäjäainetta eli transmitteriä. Tiedon kulku neuronista kohdesoluun tapahtuu välittäjäaineiden avulla. Kun hermoim-

pulssi tulee synapsiin, hermopäätteestä vapautuu synapsirakoon välittäjäainetta, joka diffundoituu kohdesolun solukalvolle. Kohdesolussa se sitoutuu reseptorimolekyyleihin ja saa aikaan solukalvolla jännitemuutoksia, jotka joko mahdollistavat aktiopotentialin etenemisen tai pysäyttävät sen etenemisen. (2, s.61–65; 3, s. 72–76.)

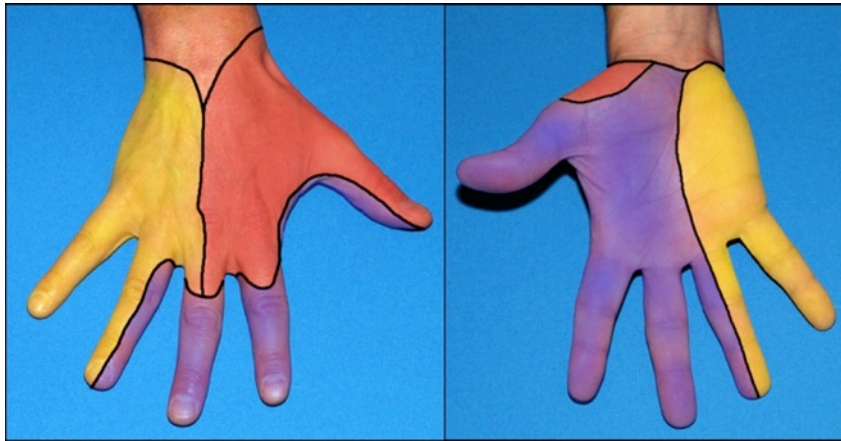
### **2.3 Yläraajan hermot**

Yksittäiset hermot lähtevät hermokimpusta, joka lähtee selkäytimestä. Yläraajan hermot lähtevät hartiapunoksesta (*plexus brachialis*), joka on alimpien kaulahermojen (C5–C8) ja ylimmän rintahermon (T1) muodostama suuri hermopunos. Hartiapunoksesta lähteviä hermoja ovat mm. keskihermo (*nervus medianus*), värttinähermo (*nervus radialis*) ja kyynärhermo (*nervus ulnaris*) sekä lihas-ihohermo (*nervus musculocutaneus*). Kuvassa 4 on nähtävillä yläraajan hermojen anatomia. (2, s. 92–93; 9, s. 278–279.)



*KUVA 4. Yläraajan hermot (2, s. 92).*

Medianusherho hermottaa ranteen ja sormien koukistajalihaksia, etusormen, keskisor-  
men ja peukalon ihoa sekä nimettömän peukalon puoleista ihoa (kuva 5). Olkavarressa  
medianus kulkee koukistaja- ja ojentajalihasten välissä. Kynnärtaipeessa se on suhteel-  
lisen lähellä ihoa. Kämmeneen medianus kulkee rannekanavassa, missä se saattaa jou-  
tua pinteeseen. (2, s. 92.)



*KUVA 5. Yläraajan hermojen hermoitusalueet. Radial Nerve (punainen), Median Nerve (violetti) ja Ulnaris Nerve (keltainen) (10).*

Ulnarishermo hermottaa pääasiassa kämmenen pieniä lihaksia sekä kämmenen ja ulnaaristen sormien ihoa, lukuun ottamatta medianuksen hermottamia alueita (kuva 5). Kyynärpäässä se kulkee aivan ihon alla, mediaalipuolella, olkaluun kyynärlisäkkeen takana. (2, s. 92.)

Radialishermo hermottaa sekä olka- että kyynärvarren ojentajia ja lisäksi käsivarren takaosan ja kämmenselän ihoa (kuva 5) (2, s. 92).

## **2.4 Hermovauriot ja niiden syntymekanismit**

Paikalliset ääreishermovauriot syntyvät useimmiten mekaanisen vamman seurauksena. Mekaaniset vammat voivat syntyä suoran puristuksen, venytyksen tai paineen seurauksena. Lisävammoja voi hermoon aiheutua myös verenkierron häiriintyessä esimerkiksi painevaikutuksesta. Vaurion tyyppi, vaikeusaste ja ennuste riippuvat vaurion aiheuttajasta. Lisäksi ne vaikuttavat merkittävästi hermovaurion hoitoon. (7, s. 247.)

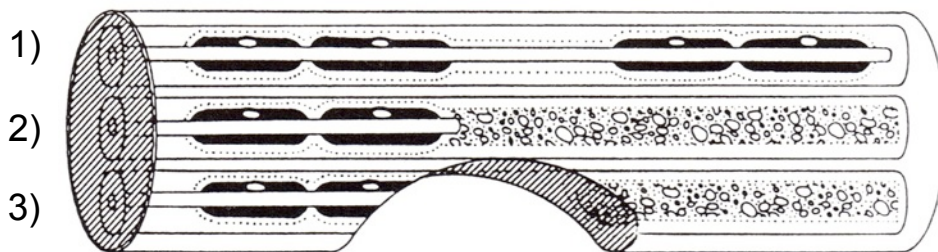


Merkittävimmät hermovaurioiden aiheuttajat ovat

1. pinnetilat
2. tilapäisestä puristuksesta johtuvat vauriot
3. traumat
4. tilaa vievät prosessit hermon ympärillä (hematoomat, tuumorit, ganliot ja metastaasit)
5. sädehoito (7, s. 247).

### 2.4.1 Hermovauriotyypit

Ääreishermovaurion aiheuttamien fysiologisten ja anatomisten muutosten perusteella voidaan erottaa kolme vaurion päätyyppiä, jotka esitetään kuvassa 6. Päätyyppinä ovat 1) paikallisesta demyelinaatiosta johtuva johtumiskatkos eli neurapraksia, 2) aksonivaurio eli aksonotmeesi ja 3) hermokatkos eli neuronotmeesi. (7, s. 29.)



*KUVA 6. Hermovauriotyypit: 1) neurapraksia, 2) aksonotmeesi ja 3) neuronotmeesi (7, s. 29).*

Johtumiskatkoksella eli demyelinaatiolla tarkoitetaan myeliinintupen vauriota, jossa pitkäaikaisen tai toistuvan paineen seurauksena myeliini työntyy pois paikasta. Johtumiskatkoksessa itse aksoniin ei aiheudu vauriota, vain ympäröivään myeliiniin. Seurauksena on joko paikallinen hermoimpulssin hidastuminen tai täydellinen estyminen eli konduktioblokki, joka tarkoittaa, että motorista hermoa ärsyttäessä distaalisesti saadaan vaste, mutta proksimaalisemmin ärsykettä antaessa ei saada. Hermopinteen toteaminen perustuu ensisijaisesti paikallisen hermojohtonopeuden hidastumisen tai johtumiskatkoksen osoittamiseen pinnekohtassa. (4, s. 392, 415–417; 11, s. 6–7.)

Pinnetilan jatkuessa pitempään seurauksena on myös aksonivaurioita. Sensoristen hermojen aktiopotentiaalit pienenevät ja pinnekohdan distaalipuoleisiin lihaksiin ilmaantuvat erilaiset hermovaurion merkit: fibrillaatio, yksikkökato ja yksikköpotentiaalimuu- tokset. Osittaisessa vauriossa stimulaatiovasteen amplitudi madaltuu ja täydellisessä aksonikatkokuksessa puuttuu kokonaan. (4, s. 392, 415–417; 11, s. 6–7.)

Aksonaalisisessa vauriossa aksonin toiminta lakkaa heti, vaikka vaurioituneen segmentin distaalipuolella olevan hermosäikeen vaste sähköiselle ärsykkeelle säilyy noin 10 vrk. (11, s. 6–7).

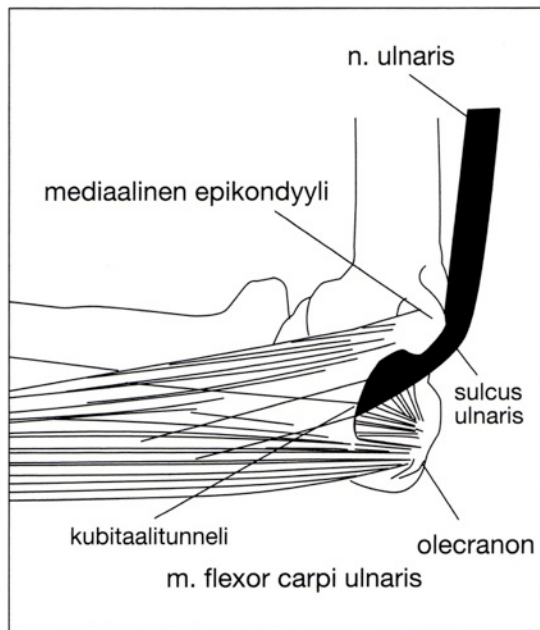
Hermokatkokuksessa useimmiten koko hermo katkeaa. Vaurio on siis niin aksonissa kuin sitä ympäröivässä tukikudoksessa. Välittömät seuraukset ovat samanlaiset kuin aksoni- vauriossa. Neurofysiologisin menetelmin ei olekaan mahdollista erottaa näitä kahta toi- sistaan. Vaurio voidaan korjata vain leikkausoperaatiossa, jossa hermopäät yhdistetään tarkasti toisiinsa. (11, s. 6–7; 5, s. 507.)

Polyneuropatia on laaja-alainen ääreishermoston sairaus, joka aiheuttaa aksonien, mye- liinien tai kummankin vaurioitumista. Ne jaotellaankin aksonaalisiin ja demyelinisoi- viin sen mukaan, mikä rakenne ensisijaisesti vaurioituu. Polyneuropatit esiintyvät yleensä symmetrisesti niin tunto- että liikehermoissa. Tavallisin sensorinen oire on puu- tuminen, joka alkaa distaalisesti ja leviää vähitellen ylöspäin. Motoristen hermojen po- lyneuropatian oireina on ensisijaisesti lihasheikkous. Lisäksi polyneuropatioissa esiin- tyy myös kipua ja lämpö- ja asentotunnon häiriöitä. (4, s. 503–506, 513–514; 12.)

## 2.4.2 Ulnarishermon vauriot

*N. ulnaris* voi jäädä pinteeseen kyynärpäässä joko *sulcus nervii ulnariksessa* tai kubi- taalitunnelissa, jotka on hyvä erottaa toisistaan niiden erilaisen hoidon vuoksi (kuva 7). Näistä tavallisempi on pinnetila *sulcus nervi ulnariksessa*. Vaurio liittyy usein kyynär- nivelen nivelrikkoon, jolloin se kehittyy hitaasti. Oireina ovat puutumisen pikkusor- messa ja nimettömässä sormessa eli kyynärhermon hermottamilla alueilla. Myöhemmin esiintyy lihasheikkoutta sekä atrofiaa (surkastumista). Lopulta vauriosta seuraa ns.

haukan käsi. Kipua ei välttämättä esiinny ollenkaan tai se on hyvin lievää. (4, s. 473–475.)



KUVA 7. Kyynärpään anatomia (4, s. 474).

Harvinaisempi kyynärhermon pinnetila on pinnetila kubitaalitunnelissa. Pinne sijaitsee tavallisimmin noin 1–4 cm mediaalisen *epicondyluksen* (olkaluun sisäsivunastan) alapuolella. (4, s. 475.)

## 3 ELEKTRONEUROMYOGRAFIA

### 3.1 ENMG-mittauksen periaate

Elektroneuromyografia eli ENMG on yleisin neurofysiologinen tutkimusmenetelmä, jota kutsutaan myös kansankielisemmin hermoratutkimukseksi. ENMG:ssä tutkitaan ja selvitetään ääreishermostojen ja lihasten toimintaa. ENMG jakaantuu kahteen osaluokkaan: hermostojen johtonopeusmittauksiin (neurografia) ja lihasten sähkötoiminnan arvioimiseen (myografia), jota myös kutsutaan neula-EMG:ksi, sillä se suoritetaan hyvin ohuilla neuloilla. (11, s. 7; 13, hakusana elektroneuromyografia; 14; 15.)

Neurografia perustuu hermon sähköiseen ärsytykseen ja vasteen mittaukseen. Tavallisesti sähköinen stimulointi tapahtuu pintaelektrodilla kahdesta tai useammasta kohdasta. Stimulaatioärsyke on kestoaltaan 0,1–0,2 ms ja voimakkuudeltaan sellainen, että kaikki hermostossa olevat aksonit ärtyvät. Terveelle ihmiselle ärsykkeen voimakkuus on tavallisesti 20–30 mA. Liian voimakas ärsyke on kivulias ja aiheuttaa useimmiten stimulaatioartefakteja eli virheellisiä tuloksia levitessään liian laajalle. (4, s. 395–398; 11, s. 7.)

Neurografiaa tutkittavana hermona voi olla niin sensorinen eli tuntohermo kuin motorinen eli liikehermo. Motorisessa mittauksessa vaste mitataan stimuloitujen hermostojen aktiivisuudesta lihaksista. Sensorisen hermoston rekisteröinti tapahtuu hermostungosta, kauempaa stimulointipisteestä (4, s. 395, 399, 407–408; 5, s. 91.)

Stimulaatioelektrodin ihokontaktipisteet sijaitsevat 23 mm:n päässä toisistaan pisteiden keskipisteestä mitattuna. Yksi kontaktipiste on halkaisijaltaan 5–10 mm. Stimulaatioelektrodin katodi sijoitetaan mitattavan hermoston päälle, josta hermostoa halutaan stimuloida. Anodi sijoitetaan katodin proksimaalipuolelle motorisessa neurografiaa sekä antidromisessa sensorisessa mittauksessa. Ortodromisessa sensorisessa mittauksessa anodi sijoitetaan katodin distaaliselle puolelle. (4, s. 397–398.)

Stimulaation vaste rekisteröidään ihon pinnalle kiinnitetyillä rekisteröintielektrodeilla. Hermosegmentiksi kutsutaan hermon osaa kahden stimulaatiopisteen välillä tai stimulaatio- ja rekisteröintielektrodin välillä. (4, s. 395, 401–402.)

Maadoituselektrodi sijoitetaan tavallisesti rekisteröivän ja stimuloivan elektrodin väliin. Sen tarkoituksena on poistaa mittauksesta artefakteja. (4, s. 398.)

## **3.2 Sensorinen neurografia**

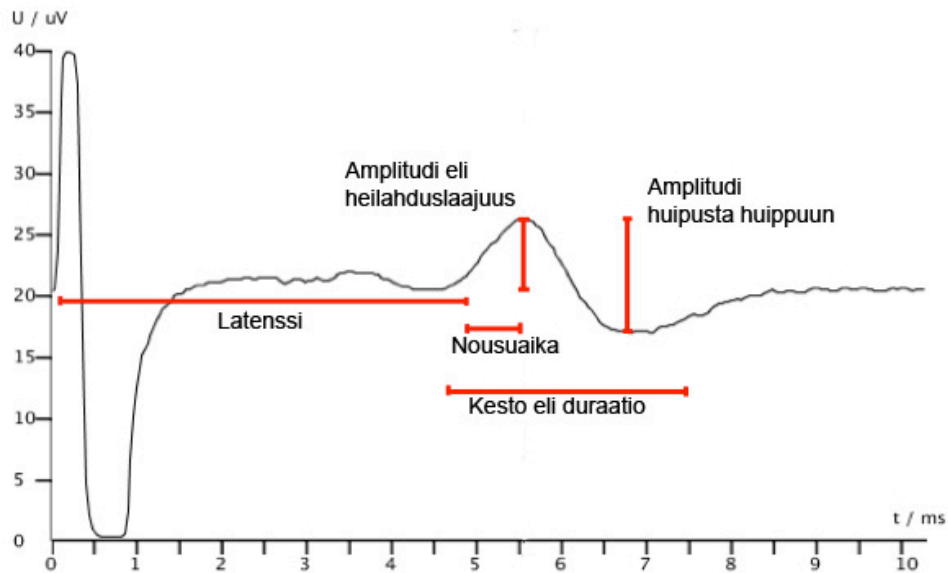
Sensoriset mittaukset jakautuvat kahteen tyyppiin: antidromiseen ja ortodromiseen. Ortodromisessa mittauksessa mittaus tapahtuu aktiopotentiaalien fysiologisen kulkusuunnan mukaisesti ja antidromisessa puolestaan päinvastoin. Toisin sanoen ortodromisessa mittauksessa tuntohermoa stimuloidaan distaalisesti ja rekisteröinti tapahtuu proksimaalisesti. Antidromisessa mittauksessa hermovasteet ovat amplitudiltaan 3–4 kertaa suurempia kuin ortodromisessa mittauksessa. (4, s. 407–408.)

Sensorisessa mittauksessa vasteet voivat olla hyvin pieniä amplitudiltaan. Tämän vuoksi mittauksessa käytetään hyödyksi keskiarvoistusta, johon käytetään muutamasta vasteesta satoihin vasteisiin. Signaali-kohinasuhde paranee suhteessa stimulaatiokertojen neliöjuureen. (4, s. 411, 752.)

### **3.2.1 Mitattavat muuttujat**

Vasteen amplitudi eli heilahduslaajuus kuvaa toimivien aksonien lukumäärää. Kunkin yksittäisen aksonin aktiopotentiaalin osuus riippuu useista tekijöistä. Aktiopotentiaalin amplitudi on suhteessa aksonin halkaisijaan ja kääntäen verrannollinen etäisyyteen aksonista rekisteröivään elektrodiin. Koska eri aksonien aktiopotentiaaleilla on erilainen johtonopeus, aktiopotentiaalit eivät ole samanaikaisia, vaan saapuvat eri aikaan rekisteröivän elektrodin kohdalle. (4, s. 411–413; 7 s. 35.)

Amplitudin määrittämiseen on kaksi erilaista tapaa. Sen voi määrittää perusviivasta korkeimpaan negatiiviseen piikkiin tai huipusta huippuun. Kuvassa 8 on muuttujien määrittymiset merkittynä kuvaajaan, joka on rekisteröity mediaalisesti kyynärpään yläpuolelta ja stimuloitu ranteesta. (4, s. 413.)



KUVA 8. Muuttujat Mediracer NCS -mittalaitteella mitatussa vastekuvaajassa.

Hermojohtonopeuden eli HJN:n mittaamiseen tarvitaan viive eli latenssi. Latenssi alkaa mittauksen alusta ja päättyy hermovasteen alkukohtaan. Hermovasteen alkukohdalla tarkoitetaan ensimmäistä positiivista piikkiä. Tämän puuttuessa mittauskohtana käytetään ensimmäistä poikkeavuutta perusviivasta negatiiviseen suuntaan. Tässä kohdassa johtavien hermosäikeiden aktiopotentiaalit ovat saapuneet rekisteröintipisteeseen. Lisäksi HJN:n määrittämiseen tarvitaan hermosegmentin pituus, joka mitataan stimulaatioelektrodin keskipisteestä rekisteröivän elektrodin keskipisteeseen. Segmentin pituus jaetaan johtumisajalla eli latenssin ajalla (kaava 1). (4, s. 401–402, 412–413.)

$$HJN = \frac{s}{t}$$

KAAVA 1

$HJN$  = hermojohtonopeus

$t$  = viive, latenssi

$s$  = hermosegmentin pituus

### **3.2.2 Mittauksen virhetekijät**

Johtonopeuden määrittämisessä tärkeimmät virhelähteet ovat hermosegmentin mittaus ja latenssin määrittäminen. Hermosegmentin mittauksessa virhe on noin 3–5 %:n luokkaa. Latenssin mittausvirhe on puolestaan noin 0,1 m/s, joka tarkoittaa noin 2–3 %:n virheluokkaa. (4, s. 414.)

Stimulaation voimakkuus on myös virhetekijä, jos se on liian heikko tai voimakas. Liian heikko stimulaatio ei aktivoi kaikkia paksuja aksoneita, joten amplitudi jää pienemmäksi kuin se oikealla stimuluksella on. Liian voimakkaalla stimulaatiolla saadaan helposti aikaan stimulaatioartefakteja, koska se voi levitä liian laajalle alueelle. Levitessään viereisiin hermoihin mittaukseen aiheutuu myös tulkintavaikeuksia. Virheen aiheuttaa myös stimulaatioelektrodin sijoittaminen väärinpäin. Polariteetin vaihtuminen aiheuttaa mm. latenssin pitenemisen sekä välimatkan mittaamisen väärästä kohdasta. Näiden seurauksena saadaan liian hidas hermojohtonopeusarvo. (4, s. 398; 7, s. 63–64, 72–76.)

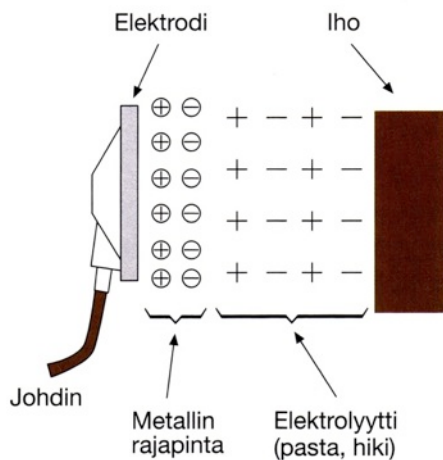
Rekisteröintielektrodin koko ja sijainti vaikuttavat suoraan amplitudiin. Mitä suurempi rekisteröintielektrodi on, sitä pienempi on vaste. Amplitudiin vaikuttavat lisäksi impedanssi eli elektrodien etäisyys hermosta. Hermojohtonopeuteen vaikuttavat myös jo aiemmin mainitut fysiologiset tekijät, kuten lämpötila, ikä ja pituus (luku 2.2). (7, s. 72–76.)

## **3.3 ENMG:n laitetekniikka**

### **3.3.1 Elektrodit**

Neurofysiologisissa mittauksissa voidaan käyttää niin pintaelektrodeja kuin neulaelektrodejakin. Neulaelektrodit ovat hyvin ohuita neuloja, jotka soveltuvat tarkempaan mitaustapaan, etenkin syvällä kudoksessa olevien sekä vaimeiden signaalien mittaamiseen. (4, s. 409–411; 16.)

Pintaelektrodit ovat sähköä johtavia levyjä, jotka eivät ole niin tarkkoja kuin neulaelektrodit (kuva 9). Tämä johtuu niiden erilaisesta sijoittelusta sekä ihon pintakerroksesta, joka on huonosti sähköä johtavaa kuivaa solukerroksesta. Ihoimpedanssia pystytään pienentämään oleellisesti käsittelemällä ihoa ennen elektrodin kiinnitystä. Käsitteilyllä tarkoitetaan mm. kuolleen ihosolukon poistamista ihon pinnalta sekä rasvan ja lian poistamista. Ihoimpedanssi pienenee myös pintaelektrodeissa käytettävän elektrodipastan avulla, koska se parantaa ionien kulkua kudoksesta elektrodiin. (4, s. 757–758; 7, s. 45; 17.)



KUVA 9. Pintaelektrodin ja ihon välisen rajapinnan varausjakauma (4, s. 757).

Stimulaatiotilanteessa pintaelektrodi johtaa sähkövirran kudokseen. Rekisteröintitilanteessa pelkkä sähköjohtokyky ei riitä, vaan elektrodin pitää muuntaa kudoksen ionivirta mittausspiirissä kulkevaksi elektronivirraksi. (4, s. 757.)

Hyviksi pintaelektrodin materiaaleiksi ovat osoittautuneet jalometallit, kuten kulta, platina ja hopea. Suolakerroksella varustetuista pintaelektrodeista ennen kaikkea Ag–AgCl (hopea–hopeakloridi) -elektrodi on myös toimiva yhdistelmä. (7, s. 46.)

Pintaelektrodeina käytetään myös vedellä kostutettuja huopatyynyjä. Niitä käytettäessä on huolehdittava huopatyynyjen hyvästä kosteudesta, sillä kuivuessaan ne menettävät sähköjohtokykynsä. Yleensä huopatyynyjä käytetään stimulaatioelektrodina. (7, s. 45–46.)



### 3.3.2 Sähköiset hermostimulaattorit

Stimulointi tunto- ja liikehermoihin tapahtuu tavallisella sähkövirralla. Se on helposti kontrolloitava menetelmä ja tuottaa ääreishermostossa suurimman vasteen. Stimulaattorit tuottavat yleensä suorakulmaisia pulsseja, joiden kesto on 0,2 ms. Toiminta voi perustua joko vakiovirtaan tai vakiojännitteeseen. Vakiovirtamenetelmässä stimulaatiovirta pyritään pitämään tasaisena koko pulssin ajan, vaikka impedanssi vaihtelee ajan suhteen. Yleisesti vakiovirtastimulaatiomenetelmä koetaan miellyttävämmäksi mittausmenetelmäksi kuin vakiojännitestimulaatiomenetelmät. (7, s. 50.)

Itse stimulaatiopiiri on erotettu mittalaitteistosta induktiivisen isoloinnin avulla. Toisin sanoen piiri on tehty ns. sähköisesti kelluvaksi muuntajan avulla. Tämä on tärkeä seikka niin potilasturvallisuuden kuin elektroniikan kannalta. Ilman induktiivista isolointia voimakas stimulaatiopulssi aiheuttaisi vahvistimen pitkäaikaisen yliohjautumisen, joka aiheuttaa artefakteja mittaukseen. (7, s. 50.)

### 3.3.3 Mittauselektroniikka ja häiriöiden poistaminen

Ympäristön sähkö- ja magneettikentät aiheuttavat mittajohtimiin häiriöitä. Näiden vähentämiseksi johtimet pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä sekä käyttämällä vähemmän häiriöille alttiita johtimia, kuten koaksiaalista kaapelia tai kierrettyä parikaapelia. Näiden kaapeleiden toimintaperiaatteena on, että johtimiin vaikuttava tasainen häiriökenttä indusoituu johtimen keskiakselin molempiin puoliin samankokoisena. Myös häiriöjännitteiden ero on nolla. (4, s. 762–764.)

Ihmisestä mitatut signaalit ovat suuruusluokaltaan hyvin pieniä. Ne ovat suuruusluokaltaan  $1 \mu\text{V} - 1 \text{mV}$  ja alle 10 kHz:n taajuisia. Niiden erottamiseksi ympäristön aiheuttamista häiriöistä käytetään differentiaalivahvistinta, joka vahvistaa kahden elektrodipisteen jännitteiden erotuksen. Tämä voidaan vahvistaa halutulla kertoimella. (7, s. 45; 4, s. 762–764.)

Todellisuudessa differentiaalivahvistin (kuva 10) ei täysin kykene erottamaan yhteismuotoista jännitettä  $V_c$  erojännitteestä  $V_1 - V_2$  ( $\Delta V_c$ ). Yhteismuotoisen ja erojännitteen

suhdetta kutsutaan yhteismuotoisen jännitteen vaimennussuhteeksi (Common Mode Rejection Ratio = CMRR), joka lasketaan kaavan 2 mukaisella tavalla. Vaimennussuhde ilmaistaan desibeleinä. (4, s. 763; 7, s. 53.)

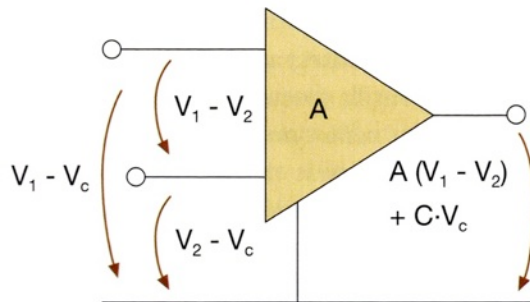
$$CMRR = 20 \cdot \log\left(\frac{V_c}{\Delta V_c}\right)$$

KAAVA 2

CMRR = Common Mode Rejection Ratio

$V_c$  = yhteismuotoinen jännite

$\Delta V_c = V_1 - V_2$  = erojännite



KUVA 10. Differentiaalivahvistin (4, s. 763).

## **4 MITTAUKSET MEDIRACER NCS - MITTALAITTEELLA**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli järjestää koemittaukset, joissa tutkittiin käytetyn mittalaitteen soveltuvuutta kyynärhermon pinteeseen. Mittausten perusteella tehdään mittausoptioon mahdollisia muutoksia sekä laaditaan mittausohje. Mittaukset suoritettiin pääasiassa Oulun seudun ammattikorkeakoulun tiloissa vapaaehtoisilla koehenkilöillä.

### **4.1 Mediracer NCS**

Mittauksissa käytettiin Mediracer NCS -mittalaitetta, joka on suunniteltu medianushermon ja ulnarishermon vasteen mittaukseen ranteesta sormistimulaatiota käyttäen. Mittaustietoja käytetään hyväksi medianushermon pinnetilän arvioinnissa ja tätä tulosta edelleen apuna rannekanavaoireyhtymän kliinisessä diagnosoimisessa. Näiden mittausten tarkoituksena oli selvittää Mediracer NCS -mittalaitteen soveltuvuutta ulnarishermon pinteiden ja vaurioiden mittauksiin.

Mediracer NCS on akkukäyttöinen kannettava laite (kuva 11), johon elektrodit kiinnitetään kahdella johtimella. Toinen johdin liitetään stimulaatioelektrodiin ja toinen rekisteröintielektrodiin. Johtimet kiinnitetään mittalaitteeseen pikaliittimillä, joiden väärin kytkemisen mahdollisuus on poistettu erikokoisilla liittimillä.



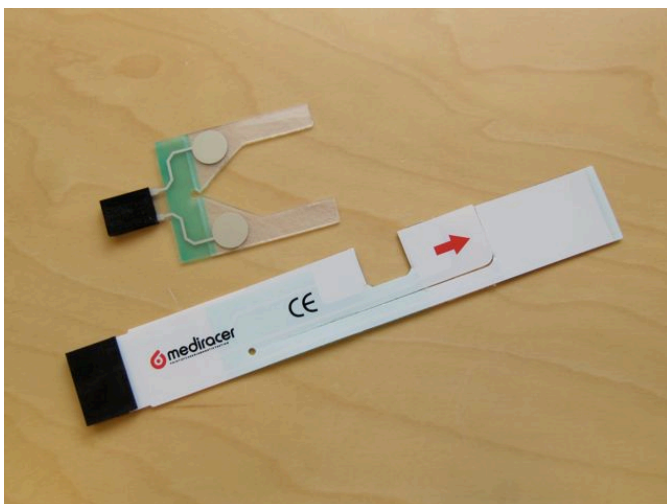
*KUVA 11. Mediracer NCS -mittalaite ja mittajohdot*

## **4.2 Mediracer Analysis Center**

Mittauksissa käytettiin Mediracer Analysis Center -ohjelmistoa (MAC-ohjelmisto), joka oli asennettu pienelle, kannettavalle Linux-pohjaiselle tietokoneelle. Tietokone ja mittalaite kommunikoivat Bluetooth-yhteyden avulla keskenään. Mittausdata siirtyy reaaliaikaisesti tietokoneeseen ja on nähtävillä näytöllä graafisena esityksenä. Yhden mittauksen aikana mittalaite antaa 64 stimulaatiopulssia, jotka rekisteröimisen jälkeen keskiarvoistetaan. Yksittäinen näyte voidaan hylätä, jos se on huonolaatuinen, sisältää liian paljon häiriöitä tai kohinaa ja poikkeaa selkeästi muista näytteistä. Jos keskiarvoistukseen pääsee vain pieni osa näytteistä, ei mittaus ole onnistunut ja se olisi hyvä uusida (18.)

### 4.3 Elektrodit

Mittauksissa käytettiin Mediracer Oy:n suunnittelema elektrodeja. Rekisteröinnissä käytettiin samaa elektrodiä kuin rannekanavaoireyhtymän mittauksessa ja stimulaatioelektrodina käytettiin prototyyppiasteella olevaa elektrodiä, jota jatkokehitettiin työn aikana paremmin mittauksiin soveltuvaksi.



*KUVA 12. Kuvassa ylhäällä stimulaatioelektrodi (vanhempi malli) ja alhaalla rekisteröintielektrodi*

### 4.4 Koehenkilöt

Mittauksissa käytettiin valikoimattomia, satunnaisia koehenkilöitä. Ensimmäisissä koemittauksissa koehenkilöitä oli yhteensä 21, joista 10 oli naisia ja 11 miehiä. Toisessa mittauksessa koehenkilöiden määrä oli pienempi. Se suoritettiin kymmenelle koehenkilölle, joiden sukupuolijakauma oli tasainen. Ikäjakaumaltaan kummassakin mittauksessa mitattavat olivat 23–62-vuotiaita.

Kaikilta mitattavilta otettiin seuraavat tiedot talteen: syntymävuosi, pituus, paino, käti-syys ja mahdollinen diabetes. Lisäksi mitattiin ihon lämpötila kädestä ja mitattiin rekisteröinti- ja stimulointielektrodien välimatkat. Mitään muita henkilötietoja ei otettu talteen eikä esitetä tässä työssä.

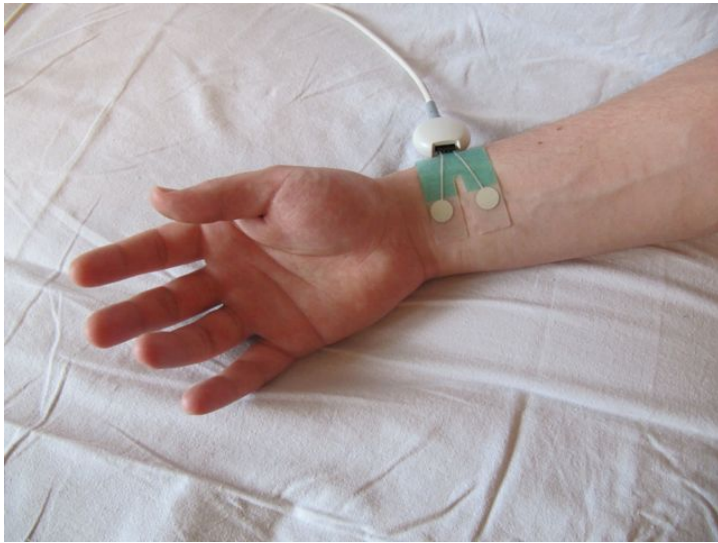
## **4.5 Mittauksen suunnittelu ja toteutus**

Mittaukseen tutustuminen ja perehtyminen tapahtui Mediracer Oy:n tiloissa sekä EMG Laboratoriossa Oulussa. Neurofysiologin avustuksella haettiin lopulliset mittauksessa käytettävät oikeat elektrodien paikat. Lisäksi hän opasti, kuinka oikeat elektrodien paikat haetaan mitattavasta henkilöstä.

Mittausten toteutuksesta tehtiin selkeä mittaussuunnitelma, johon kirjattiin jokainen mittauksen eri vaihe ylös. Mittaussuunnitelmalla pyrittiin suorittamaan jokainen koemittaus aina samalla tavalla.

### **4.5.1 Mediaalinen mittaus**

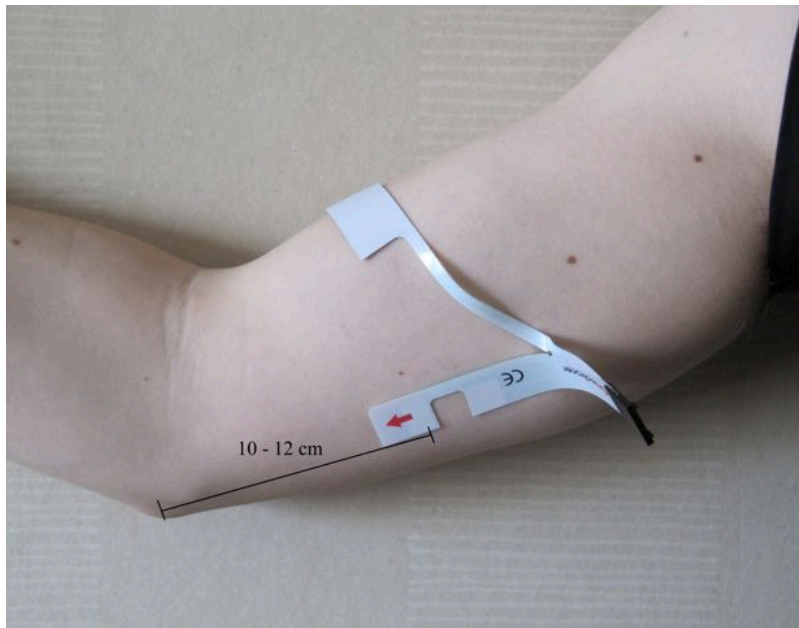
Mittaus suoritettiin dominoivalle kädelle stimuloimalla medianuksen ja ulnariksen hermorunkoja ranteesta (kuvissa 13 ja 14). Hermovasteet rekisteröitiin 10–12 cm kyynärpäähän yläpuolelta kuvan 15 osoittamalla tavalla, hauislihaksen alta luun vierestä, jossa sekä medianus- että ulnarishermo kulkevat lähekkäin suhteellisen lähellä ihoa. Oikean kohdan löytämiseksi koehenkilöä pyydettiin ensin jännittämään hauislihasta, jonka jälkeen tunnustelemalla etsittiin hauislihaksen alareunan. Tämän jälkeen pyydettiin rentouttamaan käsi ja elektrodi kiinnitettiin etsittyyn kohtaan hauiksen reunan alapuolelle. Oli kuitenkin varottava vetämästä ihoa, koska tällöin elektrodi sijoitetaan väärään kohtaan ihon elastisuuden vuoksi.



*KUVA 13. Stimulaatio oikean käden medianushermosta*



*KUVA 14. Stimulaatio oikean käden ulnarishermosta*



*KUVA 15. Rekisterielektrodin sijoitettuna oikeaan käteen*

#### **4.5.2 Distaalinen mittaus**

Koemittauksissa mitattiin ulnarishermon vaste myös noin 2,5 senttimetriä kyynärpään alapuolelta ns. distaaliselta puolelta. Elektrodi sijoitettiin viistosti kyynärpään yli siten, että vain katodi sijaitsee ulnarishermon päällä. Kuvassa 16 näkyy rekisteröintielektrodin sijoittelu. Stimulaatio annettiin ulnarishermorunkoon ranteesta kuten mediaalisessa mittauksessa.



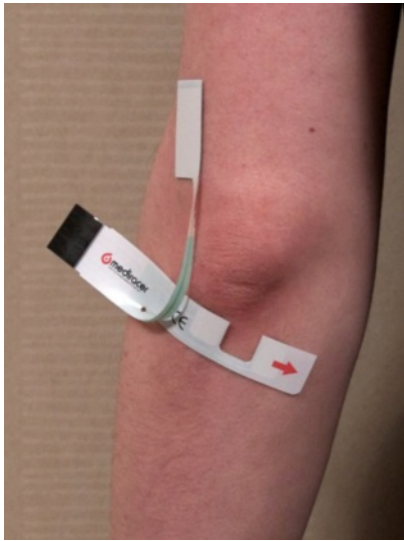


*KUVA 16. Distaalinen rekisteröinti vasemmasta kädestä (1. mittaus)*

Koska ensimmäisissä koemittauksissa distaalisen mittausosuuden mittausvarmuus oli huono, oli se syytä uusia. Uusintamittaus suunniteltiin niin, että ensimmäisessä koemittauksissa esiin tulleet häiriöt minimoitiin. Lisäksi mittaustapa vakioitiin toistettavaksi ilman ongelmia. Eniten muutoksia ensimmäiseen koemittaukseen verrattuna tuli rekisterielektrodin maan asetteluun. Maaelektrodi asetettiin mitattavan alueen yläpuolelle esimerkiksi hauislihakseen, kuten kuvissa 17 ja 18. Tavallisesti maaelektrodi asetetaan stimulaatio- ja rekisterielektrodin väliselle alueelle.



*KUVA 17. Distaalisen mittauksen rekisterielektrodin uusi asettelu oikeassa kädessä*



*KUVA 18. Distaalisen mittauksen rekisterielektrodin uusi asettelu vasemmassa kädessä*

Myös mitattavan koehenkilön asentoon mittauksen aikana kiinnitettiin parempaa huomiota. Mittaus suoritettiin molemmilla kerroilla koehenkilön ollessa makuuasennossa. Ensimmäisessä mittauksessa ei huomioitu tarkemmin mitattavan käden asentoa. Silloin vaatimuksena oli vain, että käden tulisi olla rentona. Käden asento kuitenkin vaikutti huomattavasti mittauksen häiriötason ja näin mittausvarmuuteen. Uusintamittauksessa huomioitiin jokaisen koehenkilön käden rentous. Mittaus suoritettiin koehenkilölle makuuasennossa käden ollessa rentona vartalon vieressä kämmenpuoli alaspäin. Myös sormien rentous tarkistettiin. Kuvissa 19 ja 20 on nähtävillä käden hyvä asento mittauksen aikana. Asennolla saatiin lihasaktivaatio mahdollisimman vähäiseksi, mikä vaikutti mittauksen häiriötason alenemiseen.



*KUVA 19. Käden asento sivulta katsottuna*



*KUVA 20. Käden asento edestäpäin*

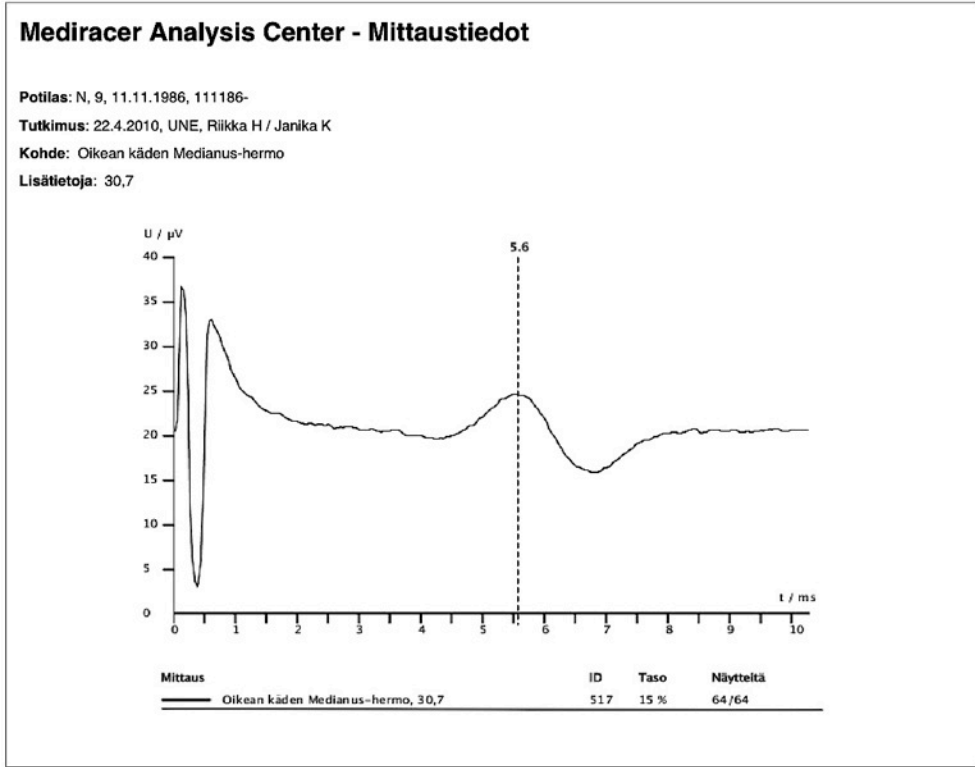
## **5 TULOKSET**

Liitteessä 1 ja 2 ovat jokaisen mittauksen vastekuvaajat. Liite 1 sisältää ensimmäisen koemittauksen tulokset ja liite 2 toisen, uusitun mittauksen tulokset.

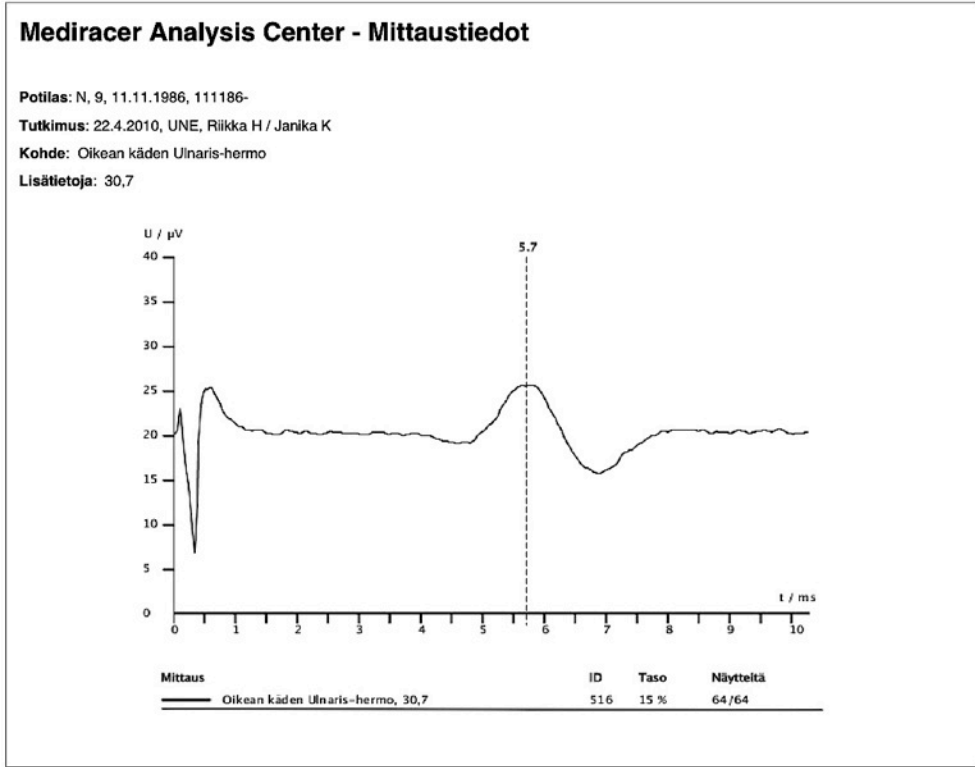
### **5.1 Ensimmäinen koemittaus**

Ensimmäisessä koemittauksessa tehtiin kaikki kolme mittauksen osa-alueita: mediaalisesti rekisteröitiin medianus- ja ulnarisstimulus sekä distaalisesti rekisteröitiin ulnarisstimulus. Jokaisessa yksittäisessä mittauksessa annettiin 64 stimulaatiopulssia, jotka rekisteröitäessä keskiarvoistettiin. Laite voi hylätä pulsseja, jos niissä on liikaa häiriöitä ja ne poikkeavat liiksi muista mitatuista näytteistä. Liitteessä 3 on nähtävillä läpi menneet näytteet yksittäistä mittausta kohden jokaisella koehenkilöllä taulukoituna.

Kuvissa 21 ja 22 on nähtävillä MAC-ohjelman antamat tulokset koehenkilölle N9. Kuva 21 on grafiikka medianushermaa stimuloitaessa ja kuva 22 ulnarishermaa stimuloitaessa. Amplitudit sijoittuvat ajallisesti hyvin lähelle toisiaan, kuten terveellä ihmisellä pitääkin. Jos ulnarishermon stimuluksessa on selkeää viivästymistä medianushermaan nähden, voidaan olettaa ulnariksessa olevan jonkinlainen vaurio tai pinne.

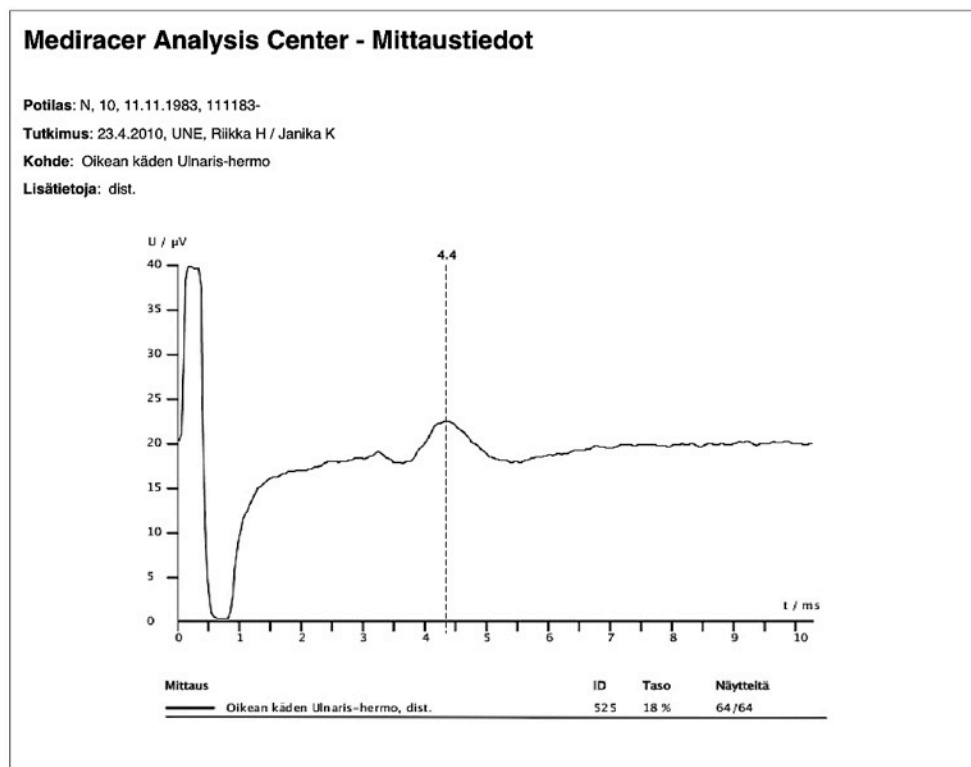


KUVA 21. Koehenkilön N9 vastekuvaaja medianushermosta



KUVA 22. Koehenkilön N9 vastekuvaaja ulnarishermosta

Kuvassa 23 on distaalisen rekisteröinnin tulos samaisella koehenkilöllä. Tulos ei sellaisenaan ole vertailukelpoinen ulnarishermon mediaalisen rekisteröinnin kanssa. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia, täytyy molemmille mittauksille laskea HJN kaavalla 1. Tässä työssä ei kuitenkaan ollut mielekäästä laskea mittausten tuloksista hermojohtopeuksia, koska vertailuarvot voivat olla epävarmat tai puuttuvat kokonaan. Epävarmuus johtuu siitä, että distaalinen mittaus oli mittausvarmuudeltaan heikko ensimmäisessä koemittauksessa. Toisessa koemittauksessa tuloksille ei puolestaan ole vertailuarvoa, koska suoritettiin vain distaalinen mittausosuus.



*KUVA 23. Koehenkilön N9 vastekuvaaja ulnarishermosta distaalisesti rekisteröitäessä*

Taulukossa 1 on laskettuna jokaisen mittausosa-alueen keskiarvo, mediaani sekä pienin ja suurin arvo. Luvuista nähdään selvästi, ettei distaalinen mittaus ole ollut luotettava, koska vaihteluväli on koko käytössä oleva asteikko. Suureen vaihteluväliin vaikuttaa paljon se, ettei koehenkilön N3 mittaus onnistunut distaalisesti lainkaan, koska häiriöta-soa ei saatu laskemaan lukuisista yrityksistä huolimatta. Keskimäärin distaalisella mit-taustavalla läpi meni hieman enemmän kuin puolet näytteistä, mikä on aivan liian vä-hän luotettavan tuloksen saamiseksi.

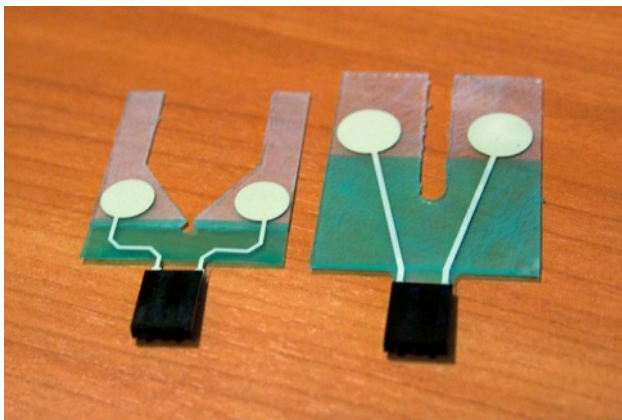
TAULUKKO 1. Ensimmäisestä koemittauksesta lasketut tilastolliset luvut

	MEDIANUS	ULNARIS	DISTAALINEN
Keskiarvo	61,6	63,6	39,0
Mediaani	64,0	64,0	45,0
Min	33,0	60,0	0,0
Max	64,0	64,0	64,0

Mediaalisen mittaustavan hyvä tasainen mittaustulos on näkyvillä tilastollisissakin luvuissa. Molempien hermojen mittauksissa mediaanisesti näytteet ovat menneet sataprosenttisesti läpi. Vaihteluvälitkin ovat kohtuulliset, vaikka medianushermon mittauksessa kaksi mittaustulosta ovat muita selkeästi heikompia. Mediaalisesti näillä tuloksilla ei kuitenkaan ole tilastollista merkitystä.

## 5.2 Muutokset elektrodeissa ja ohjelmistossa

Stimulaatioelektrodin prototyyppiä muutettiin hieman ensimmäisten koemittausten jälkeen. Ensimmäisessä elektrodissa stimulaatiokohta oli liian lähellä liitintä, jolloin johdoton kytkettynä kontakti lähti helposti irti johdon aiheuttaman vedon myötä. Elektrodia muutettiin niin, että stimulaatiopisteiden molemmille puolille jäi riittävästi liimapintaa. Tämä paransi elektrodin paikallaan pysymistä huomattavasti. Uuden elektrodin käytettävyys testattiin toisen koemittauksen yhteydessä. Kuvassa 24 on nähtävillä stimulaatioelektrodiin tehdyt muutokset vanhaan verrattuna.



KUVA 24. Vasemmalla vanha stimulaatioelektrodi, oikealla uusi

Ennen toista mittausta oli myös mittalaite saanut ohjelmistopäivityksen. Päivityksen myötä stimulaatiotason asettaminen nopeutui. Aikaisemmin mittalaitteen stimulaatioasteikolla palattiin manuaalisesti 2,5 kertaa taaksepäin, kun stimulointiliike saatiin hermosta aikaiseksi. Päivityksen jälkeen asteikon ylimääräinen selaaminen poistui kokonaan, koska mittaaja pystyi hakemaan stimulaatiotason suoraan stimulaatioliikkeen avulla. Tämä nopeutti ja helpotti mittaustyöskentelyä.

### 5.3 Toinen koemittaus

Toisessa koemittauksessa uusittiin distaalinen rekisteröintitapa pienemmällä koehenkilömäärällä. Tarkoitus oli saada mittauksesta häiriöttömämpi ja tuloksista varmemmat. Liitteessä 4 on kunkin mittaushenkilön läpi menneiden näytteiden määrä.

Taulukkoon 2 on taulukoitu ensimmäisen koemittauksen distaalisen mittausosuuden ja toisen koemittauksen tilastolliset arvot. Luvuista nähdään selvästi, että mittausvarmuus on parantunut huomattavasti. Vaihteluväli on edelleen suhteellisen suuri, mutta keskiarvallisesti sekä mediaanisesti tulokset ovat huomattavasti paremmat.

*TAULUKKO 2. Molemmista distaalisisista mittauksista lasketut tilastolliset luvut*

	1. mittaus	2. mittaus
Keskiarvo	39,0	56,1
Mediaani	45,0	62,5
Min	0,0	27,0
Max	64,0	64,0



## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, soveltuuko Mediracer NCS -mittalaite kyynärhermon pintaan tutkimiseen, sekä suunnitella tähän toimiva ja soveltuva mittausjärjestelmä. Koemittausten pohjalta mittausjärjestelmään tehtiin tarvittavia muutoksia sekä selkeä mittausohje. Liitteessä 5 on valmis mittausohje.

Koemittauksissa mediaalinen mittaustapa osoittautui sellaisenaan hyväksi ja varmaksi mittaustavaksi. Mittausten onnistuminen näkyi selvästi tilastollisissa luvuissa ja hyvissä vastekuvaajissa, jotka olivat hyvin tulkittavissa. Rekisterielektrodin paikalleen asettaminen oli vaivatonta rutinoitumisen myötä. Stimulaatioelektrodissa oli paikallaan pysymisongelmia, koska liimapintaa ei ollut riittävästi stimulaatiopisteiden molemmin puolin. Lisäksi stimulaatiopisteet sijaitsivat liian lähellä elektrodin liitintä, jolloin siihen kytketty johto nostatti stimulaatiopisteitä irti ihosta. Nämä huomioitiin elektrodin uudelleensuunnittelussa.

Ensimmäisissä koemittauksissa distaalinen mittaustapa aiheutti paljon ongelmia. Hyvien tuloksien saaminen oli vaikeaa, koska mittaukseen vaikuttivat monet häiriötekijät, joita ei ollut osattu ottaa huomioon. Mittaukset osoittivat, että käden asennolla on suuri merkitys mittauksen häiriötasoon, sillä pienikin lihasaktivaatio häiritsi mittausta. Myös koehenkilön rentoutumiskyky vaikutti asiaan. Yhdestä koehenkilöstä ei lukuisista yrityksistä huolimatta saatu minkäänlaista tulosta aikaan. Häiriötaso pysyi jatkuvasti niin korkealla, ettei näytteistä yksikään ollut kelvollinen keskiarvoistukseen. Yksi syy tähän oli todennäköisesti koehenkilön selvästi jännittynyt ja stressaantunut olemus, joka vaikutti käden rentouteen.

Distaalinen mittaus uusittiin pienemmällä koehenkilömäärällä tehtyjen huomioiden perusteella. Myös stimulaatioelektrodin muutokset testattiin uusien koemittausten yhteydessä. Ensimmäisissä mittauksissa mitattavan kättä ei pystytty asettelemaan elektrodin vuoksi täysin vapaasti ja tämä näkyi usein häiriötasossa.

Toisen koemittauksen koehenkilöissä oli useampi vasenkätinen mitattava. Tämä toi mukanaan uusia haasteita, koska elektrodit ovat molempiin käsiin samat. Etenkin va-

senkätisten rekisterielektrodin maan asettaminen tuotti vaikeuksia. Sijoitettaessa maa-elektrodia mitattavan alueen mediaaliselle puolelle (ulkopuolelle) jouduttiin elektrodia kääntämään anodin ja katodin yli (kuva 18). Tämä aiheuttaa helposti herkkien hopeajohtimien taivuttumisen ja kontaktin katkeamisen. Ratkaisu tähän olisi yksinkertaisesti tehdä nykyisestä elektrodista peilikuva, vasemman käden rekisterielektrodi.

Tämän hetkiset elektrodit soveltuvat erinomaisesti mediaalisen mittauksen suorittamiseen. Rekisterielektrodin malli ja koko on juuri sopiva. Ainoa kriittinen kohta mittauksessa on rekisteröintielektrodin oikean paikan hakeminen. Tämän en kuitenkaan usko olevan terveysalan ammattilaisille ongelma. Distaalinen mittaus on muutostenkin jälkeen huomattavasti häiriöherkempi mittaustapa. Tämä mittaus vaatii mitattavalta henkilöltä kykyä rentoutua ja mittaajalta kärsivällisyyttä ja huolellisuutta.

Mittausohjelmisto kaipaa pieniä muutoksia, jotta kyynärhermon pinteen diagnosoiminen laitteistolla olisi mahdollista. Yksi tärkeä tekijä diagnosoimisessa on hermojohtonopeus. Sen laskemiseksi ohjelman tutkimustietoihin tulisi lisätä kohta, johon ilmoitetaan hermosegmentin pituus. Mittauksen jälkeen ohjelma laskee annetun pituuden avulla hermon HJN:n. Vertailutyökalun avulla eri tutkimusten tuloksia voisi verrata keskenään kesken.

Työn tekeminen oli minulle antoisaa ja mielekästä. Mittausten järjestäminen sujui kokonaisuudessaan hyvin, koska koehenkilöitä oli suhteellisen helppo löytää. Ihmisten mittaamiseen liittyvät asiat ovat mielenkiintoisia sen vuoksi, että jokainen ihminen on erilainen ja sen vuoksi aina oma haasteensa.

# LÄHTEET

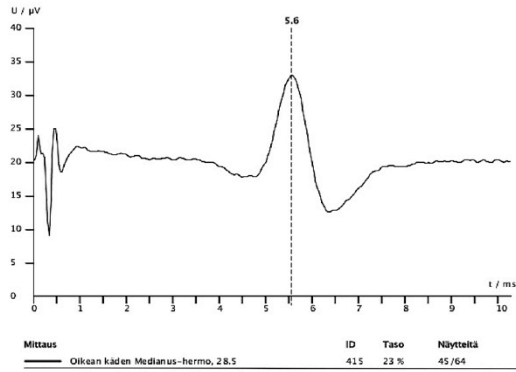
1. Vastamäki, Martti – Vastamäki, Heidi 2009. Yleisimpien hermopinteiden nykyiset leikkausaiheet. Saatavissa:  
[http://www.sairaalaorton.fi/missa\\_kipu/kasi\\_olka/sairaudet/fi\\_FI/hermopinne/\\_files/81964604357767019/default/Yleisimpien%2520hermopinteiden%2520nykyiset%2520leikkausaiheet.pdf](http://www.sairaalaorton.fi/missa_kipu/kasi_olka/sairaudet/fi_FI/hermopinne/_files/81964604357767019/default/Yleisimpien%2520hermopinteiden%2520nykyiset%2520leikkausaiheet.pdf). Hakupäivä 10.1.2011.
2. Bjälje, Jan G. – Hau, E. – Sand, O. – Sjaastad, O. V. – Toverud, K. C. 1999. Ihminen, fysiologia ja anatomia. Porvoo, Helsinki, Juva : WSOY.
3. Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15., uudistettu painos. Helsinki: WSOY.
4. Partanen, Juhani – Falck, Björn – Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi 2006. Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim.
5. Soinila, Seppo – Kaste, Markku – Somer, Hannu 2006. Neurologia. 2., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
6. Hermostolon rakenne. 2010. Saatavissa:  
[http://opinnot.internetix.fi/fi/materiaalit/bi/bi4/3\\_ihmisen\\_fysiologia\\_ja\\_anatomia/19\\_hermosolu\\_rakenne\\_ja\\_toiminta/](http://opinnot.internetix.fi/fi/materiaalit/bi/bi4/3_ihmisen_fysiologia_ja_anatomia/19_hermosolu_rakenne_ja_toiminta/) . Hakupäivä 14.10.2010.
7. Lang, Heikki – Häkkinen, Veikko – Larsen, T. Andreo – Partanen, Juhani 1991. Sähköiset hermomme. Suomen kliinisen neurofysiologian yhdistys r.y.
8. Wikipedia Commons. 2010. Saatavissa: <http://commons.wikimedia.org/> . Hakupäivä 14.10.2010.
9. Vierimaa, Heidi – Laurila, Mirja 2010. Keho: anatomia ja fysiologia. Helsinki: WSOYpro.

10. Department of Emergency Medicine. 2010. Saatavissa:  
[http://www.mmc.org/em\\_body.cfm?id=3242](http://www.mmc.org/em_body.cfm?id=3242). Hakupäivä 28.9.2010.
11. Tolonen, U. – Sotaniemi, K. – Raatikainen, T. – Kovala, T. – Syrjälä, P. – Hyvönen, K. – Lesonen, V. 2002. Hermovaurioiden tutkimusopas. Oulu: EMG Laboratoriot Oy.
12. Polyneuropatia. 2010. Saatavissa:  
<http://www.tohtori.fi/?page=4069997&search=polyneuropatia#>. Hakupäivä 28.9.2010.
13. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. 2010. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org> Hakupäivä 28.9.2010.
14. ENMG. 2010. Saatavissa: <http://www.neurotest.fi>. Hakupäivä: 28.9.2010.
15. Kutvonen, Olli – Hasan, Joel 2009. ENMG-tutkimus. Saatavissa:  
<http://www.khl.fi/pdf/enmg.pdf>. Hakupäivä: 28.9.2010.
16. Honkanen, Jukka 2002. Muut elektrodit. Saatavissa:  
[http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/amk\\_muutelektrodit.pdf](http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/amk_muutelektrodit.pdf). Hakupäivä 28.9.2010.
17. Honkanen, Jukka 2002. Mittauselektrodit. Saatavissa:  
<http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/mittauselektrodit.pdf>. Hakupäivä 28.9.2010.
18. Manninen, Pentti 2010. Tekninen johtaja, Mediracer Oy. Keskustelu 17.2.2010.

## 1. KOEMITTAUS

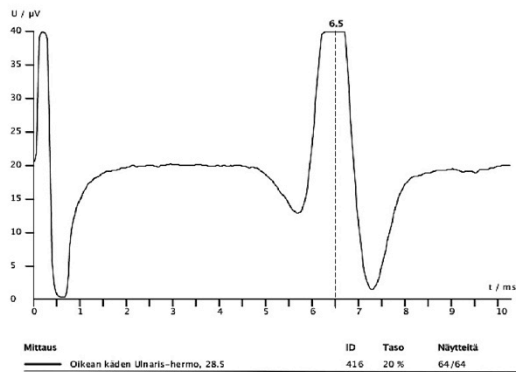
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 1, 11.11.1986, 111186-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Medianus-hermo  
 Lisätietoja: 28.5



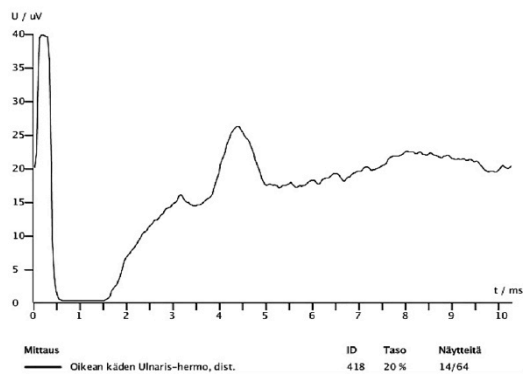
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 1, 11.11.1986, 111186-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: 28.5



## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

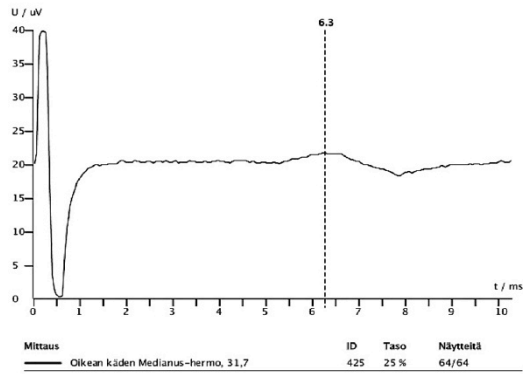
Potilas: M, 1, 11.11.1986, 111186-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: dist.



## 1. KOEMITTAUS

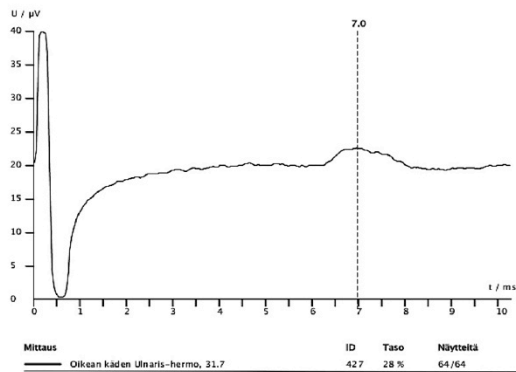
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 2, 11.11.1948, 111148-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Medianus-hermo  
 Lisätietoja: 31,7



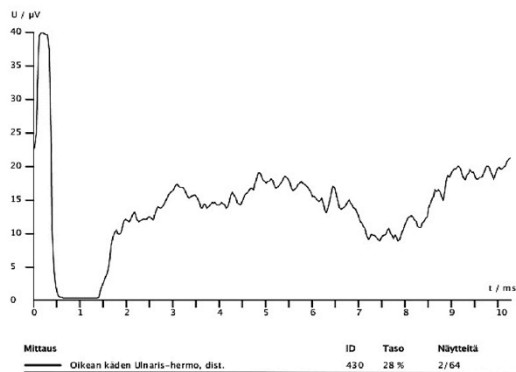
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 2, 11.11.1948, 111148-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: 31,7

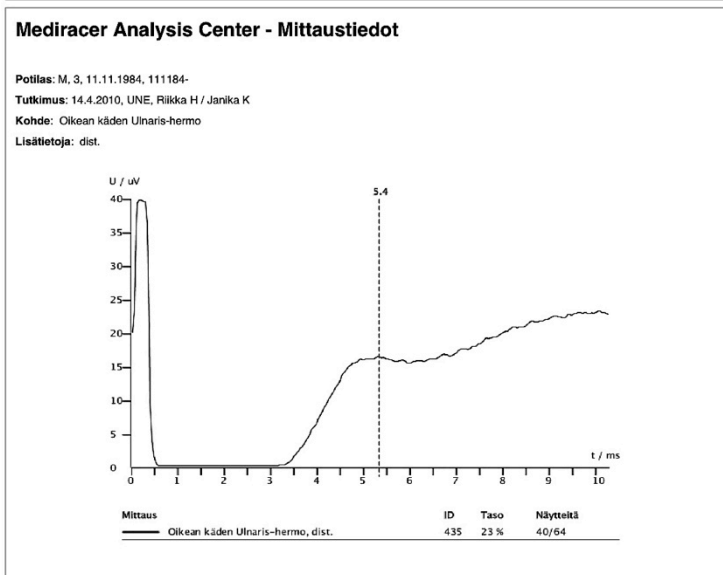
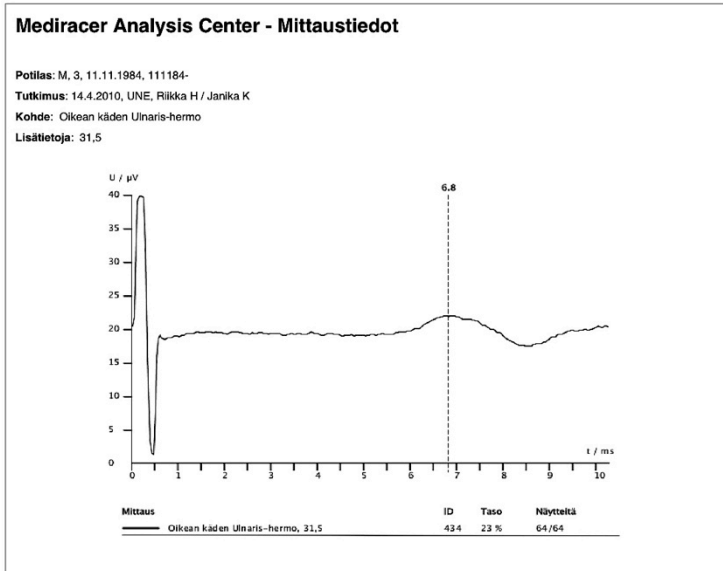
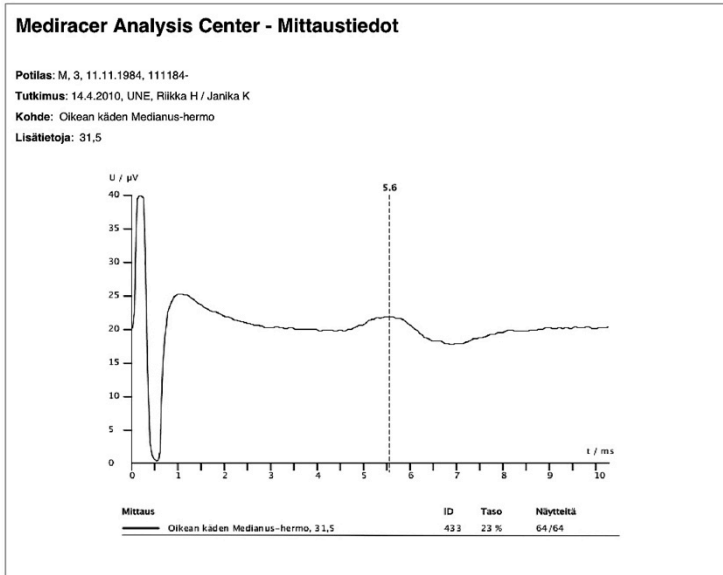


## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

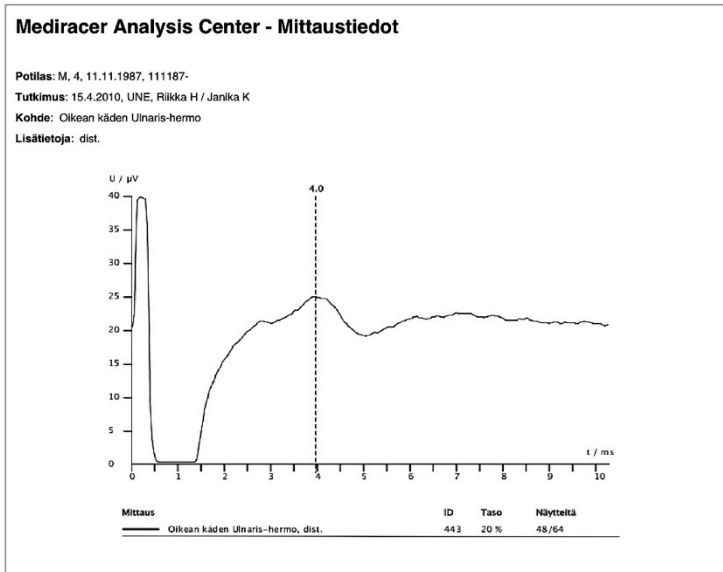
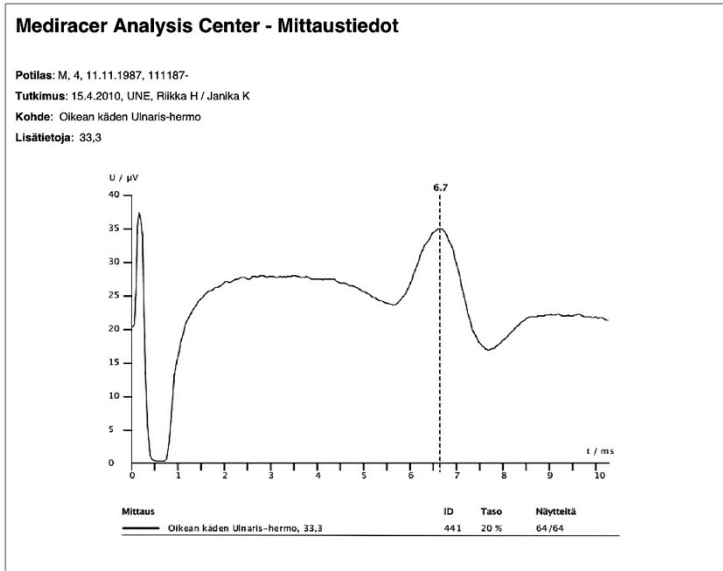
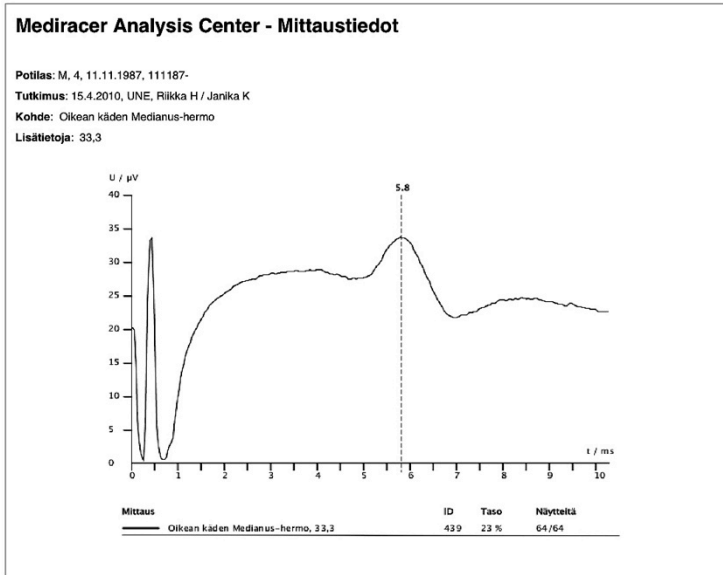
Potilas: M, 2, 11.11.1948, 111148-  
 Tutkimus: 14.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: dist.



## 1. KOEMITTAUS



## 1. KOEMITTAUS





## 1. KOEMITTAUS

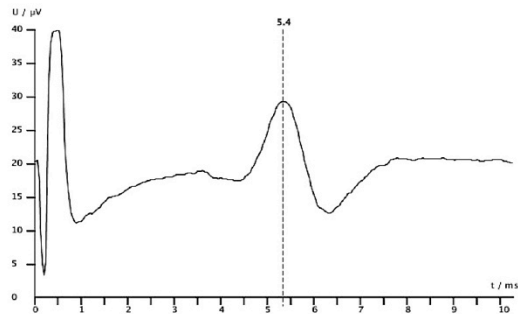
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 5, 11.11.1986, 111186-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 32,1



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 32,1	454	23 %	64/64

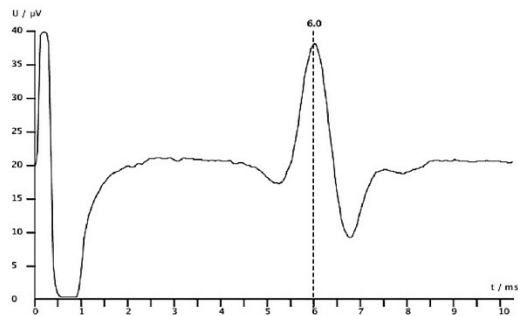
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 5, 11.11.1986, 111186-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 32,1



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 32,1	453	23 %	63/64

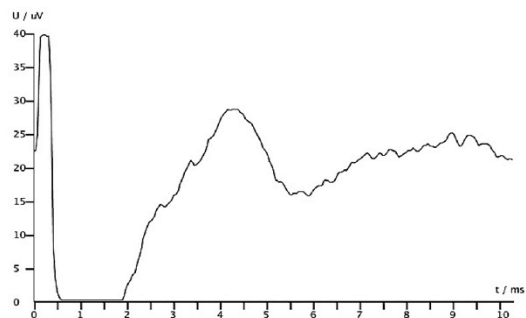
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 5, 11.11.1986, 111186-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	452	23 %	7/64

## 1. KOEMITTAUS

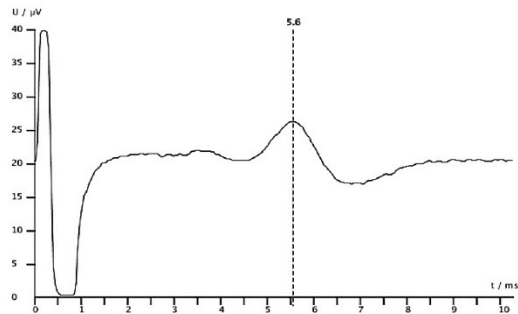
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 6, 11.11.1982, 111182-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 32,8



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 32,8	459	25 %	64/64

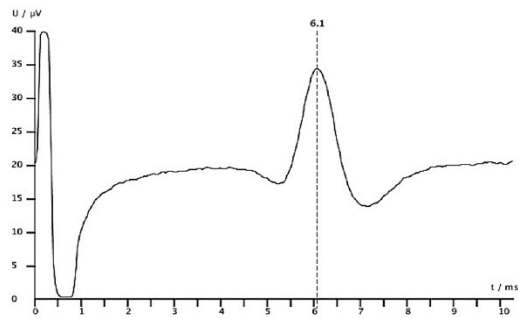
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 6, 11.11.1982, 111182-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 32,8



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 32,8	458	25 %	64/64

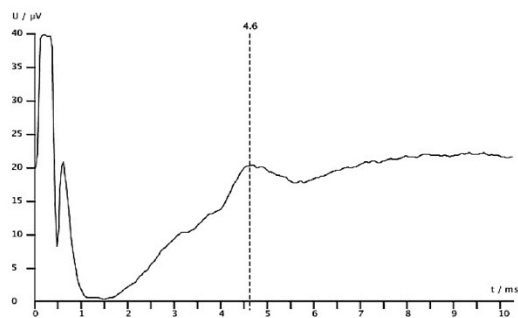
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 6, 11.11.1982, 111182-

Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	457	25 %	50/64

## 1. KOEMITTAUS

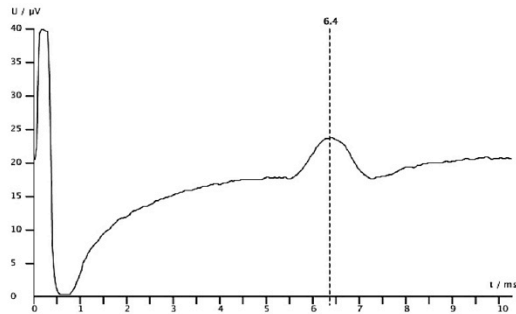
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 7, 11.11.1979, 111179-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 31,8



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 31,8	488	25 %	64/64

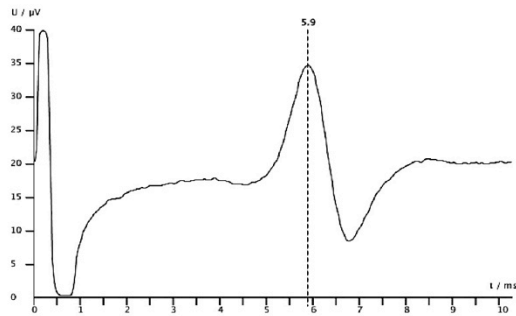
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 7, 11.11.1979, 111179-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 31,8



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 31,8	489	25 %	64/64

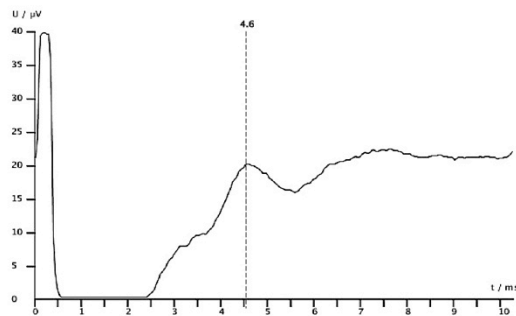
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 7, 11.11.1979, 111179-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	487	25 %	21/64

## 1. KOEMITTAUS

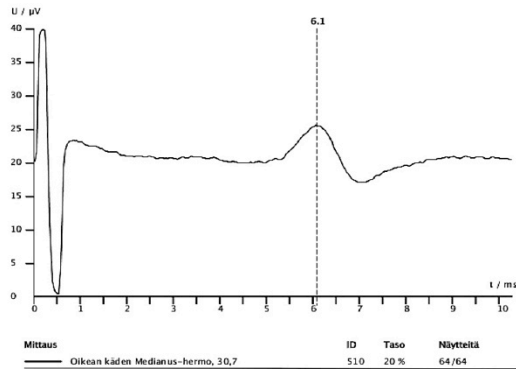
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 8, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 30,7



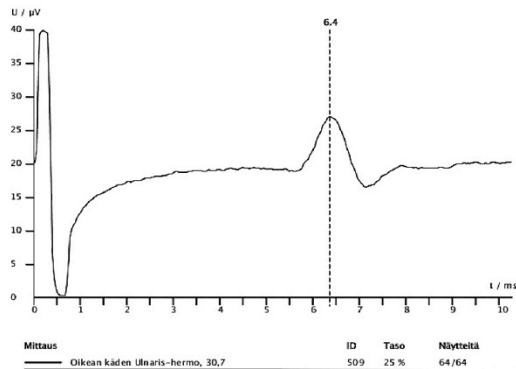
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 8, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 30,7



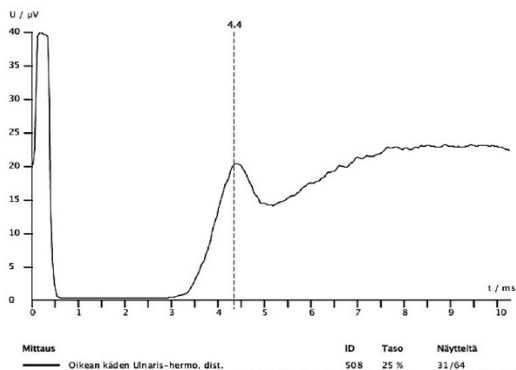
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 8, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



## 1. KOEMITTAUS

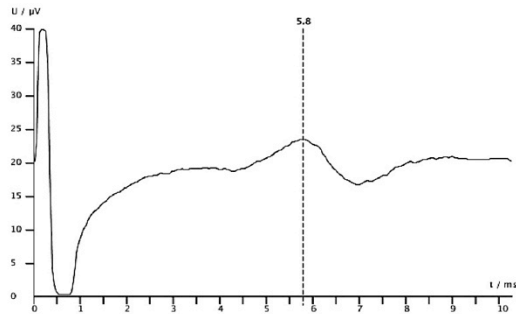
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 9, 11.11.1977, 111177-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 33,3



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 33,3	513	28 %	64/64

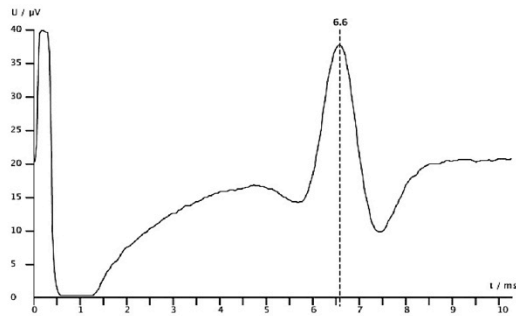
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 9, 11.11.1977, 111177-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 33,3



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 33,3	512	25 %	64/64

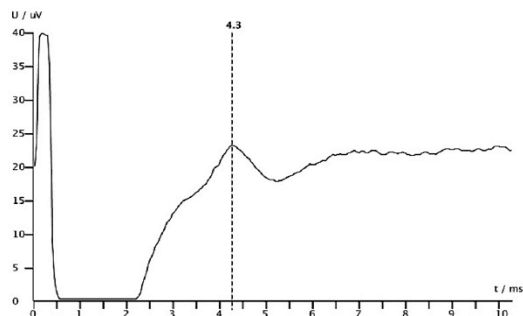
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 9, 11.11.1977, 111177-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	511	25 %	43/64

## 1. KOEMITTAUS

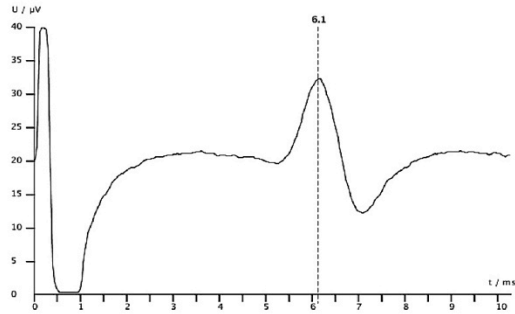
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 10, 11.11.1961, 111161-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 28,7



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Medianus-hermo, 28,7	521	25 %	64/64

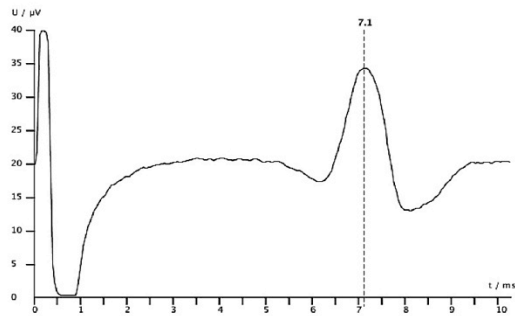
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 10, 11.11.1961, 111161-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 28,7



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 28,7	520	23 %	64/64

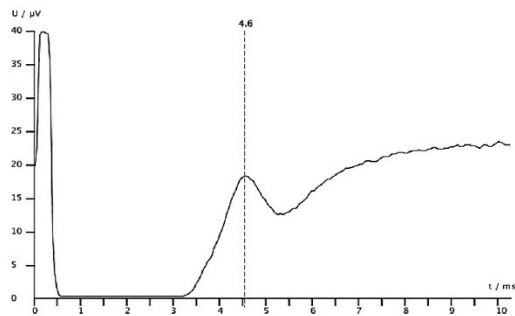
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 10, 11.11.1961, 111161-

Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	519	23 %	52/64

## 1. KOEMITTAUS

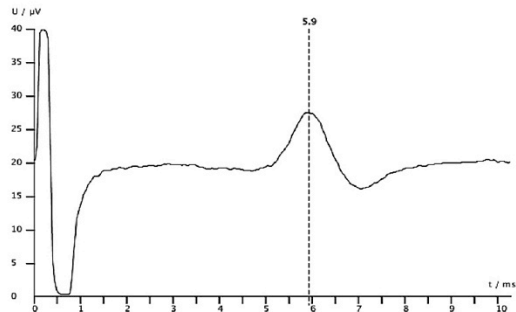
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 11, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 23.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 30,1



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 30,1	524	25 %	64/64

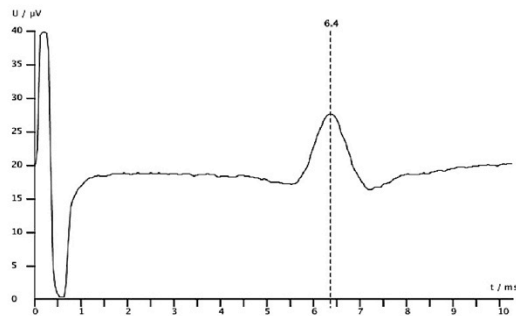
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 11, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 23.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 30,1



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 30,1	523	25 %	63/64

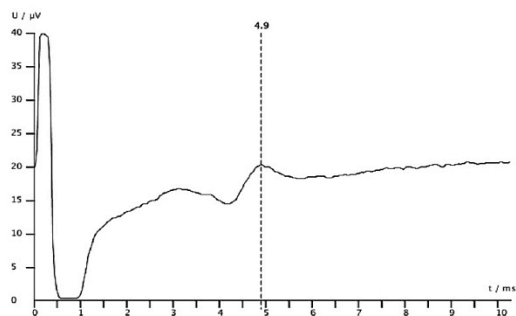
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M, 11, 11.11.1985, 111185-

Tutkimus: 23.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

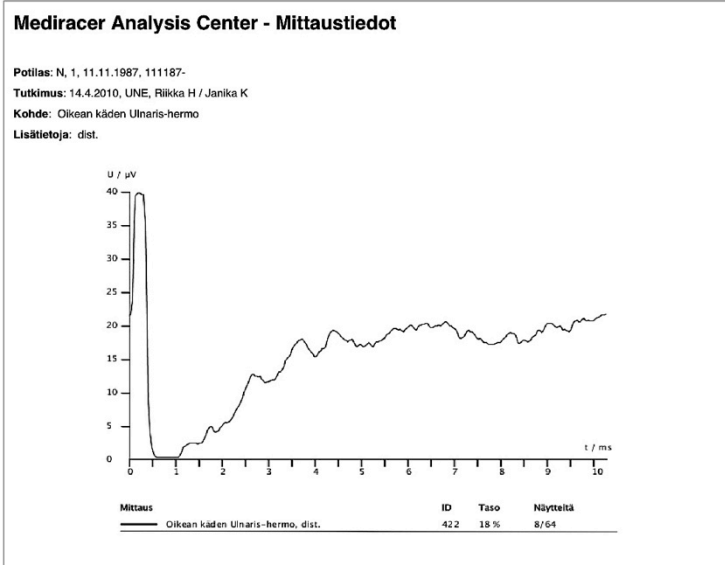
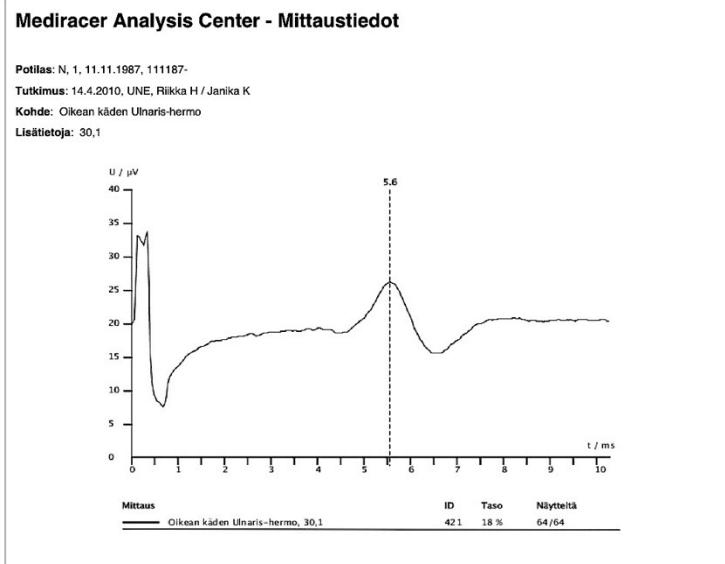
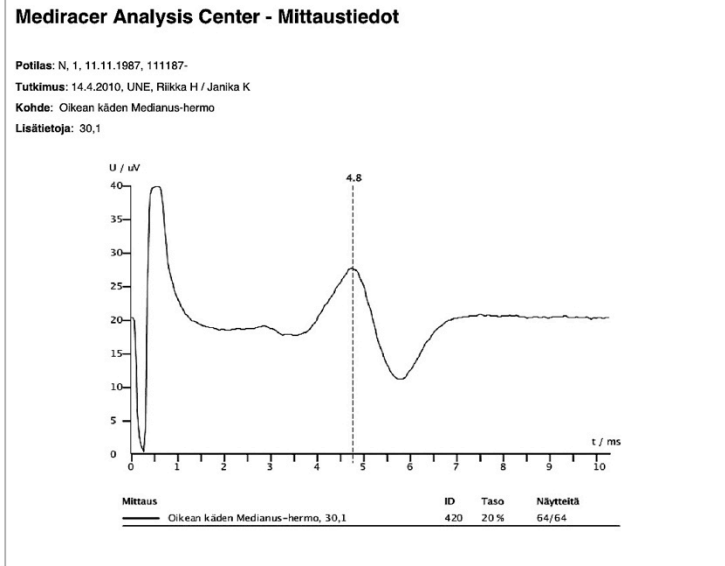
Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	522	25 %	64/64

## 1. KOEMITTAUS





## 1. KOEMITTAUS

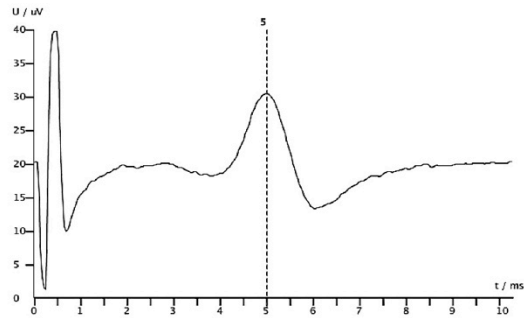
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 2, 11.11.1973, 111173-

Tutkimus: 15.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Medianus-hermo

Lisätietoja: 31,5



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Medianus-hermo, 31,5	436	20 %	64/64

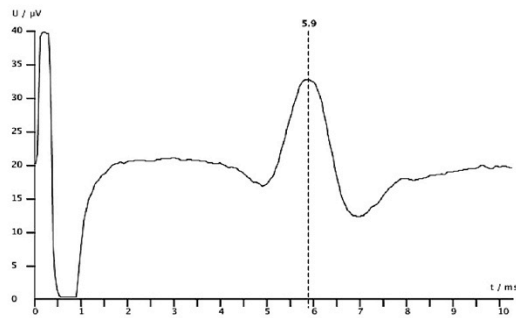
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 2, 11.11.1973, 111173-

Tutkimus: 15.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: 31,5



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, 31,5	437	18 %	64/64

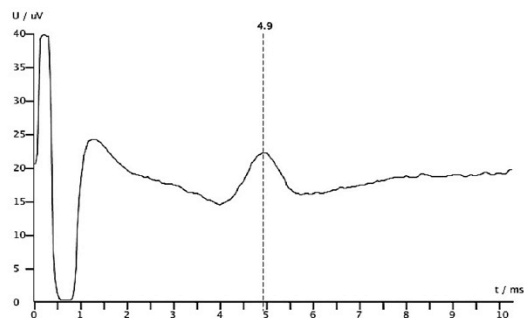
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 2, 11.11.1973, 111173-

Tutkimus: 15.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K

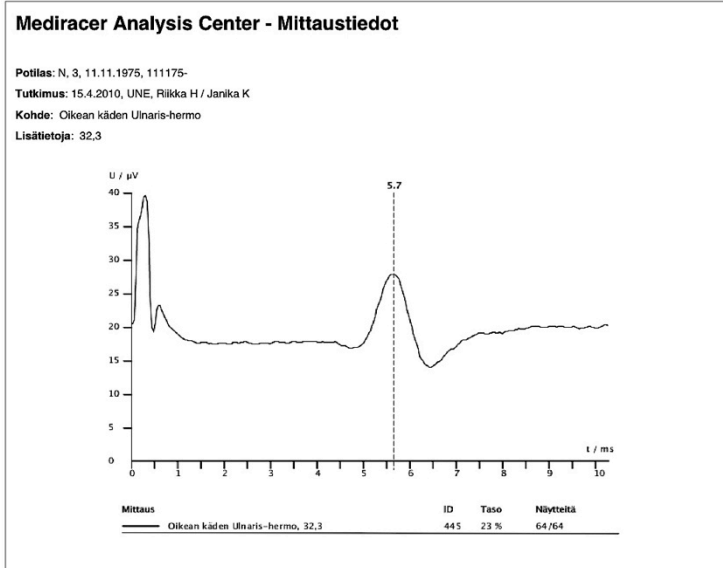
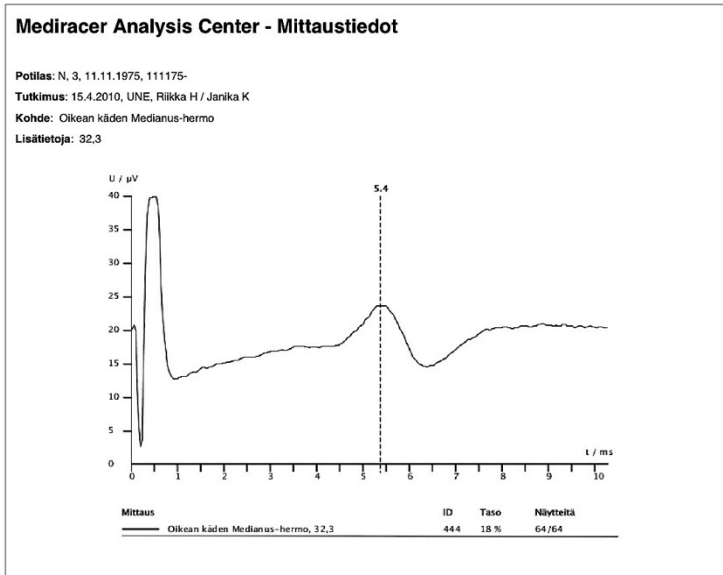
Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo

Lisätietoja: dist.



Mittaus	ID	Taso	Näytteitä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist.	438	18 %	61/64

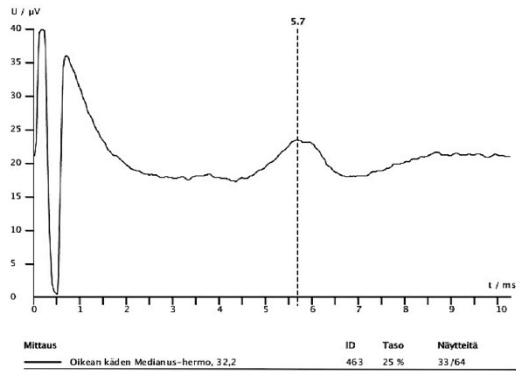
## 1. KOEMITTAUS



## 1. KOEMITTAUS

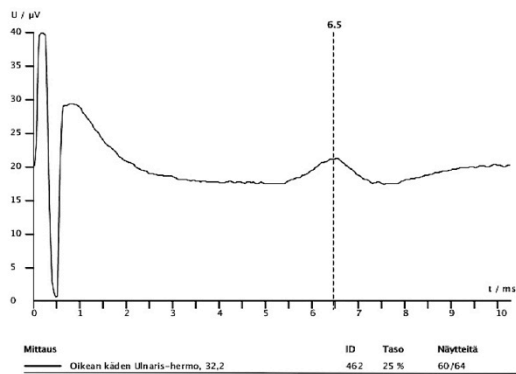
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 4, 11.11.1981, 111181-  
 Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Medianus-hermo  
 Lisätietoja: 32,2



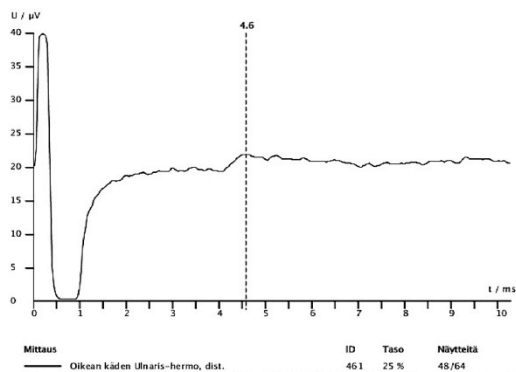
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 4, 11.11.1981, 111181-  
 Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: 32,2

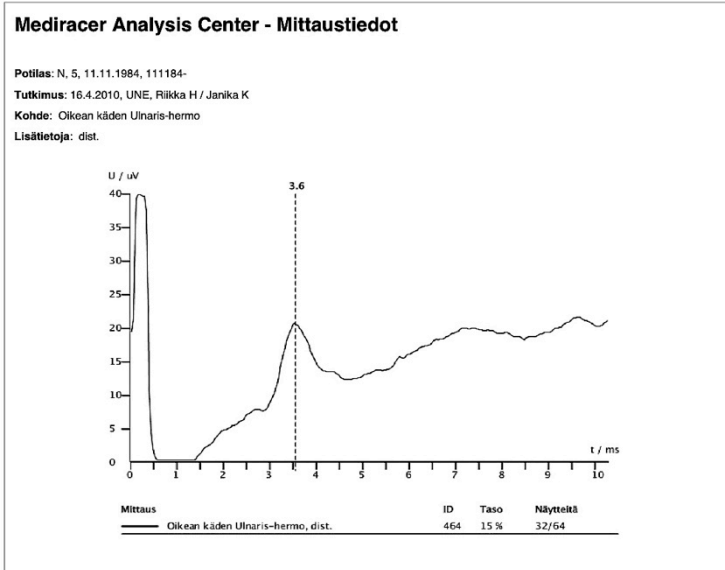
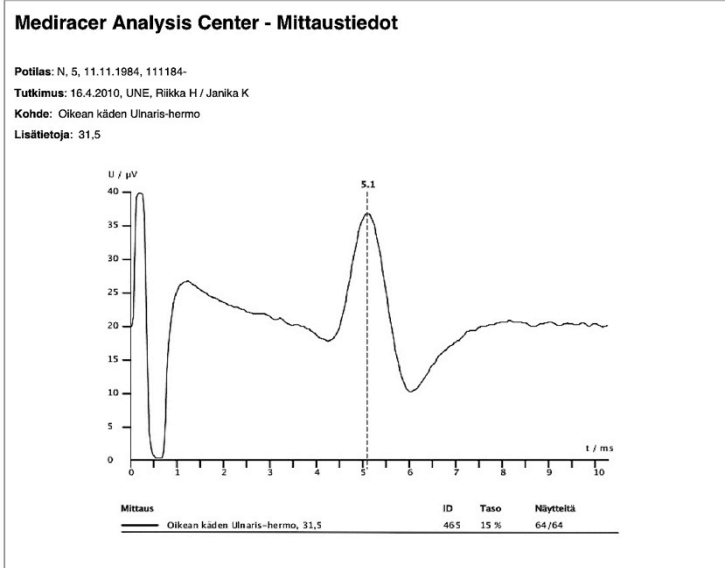
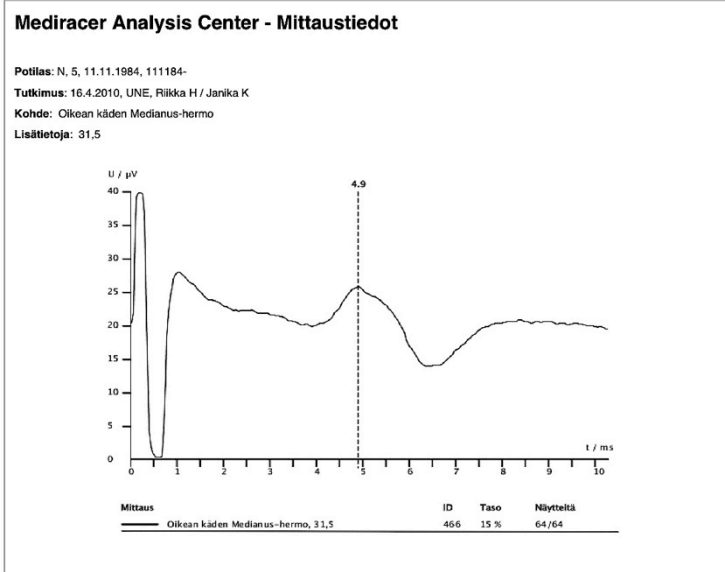


## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

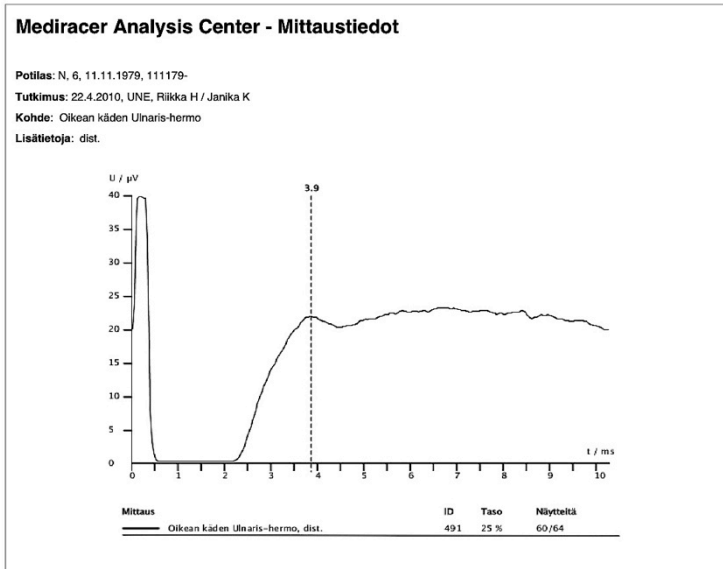
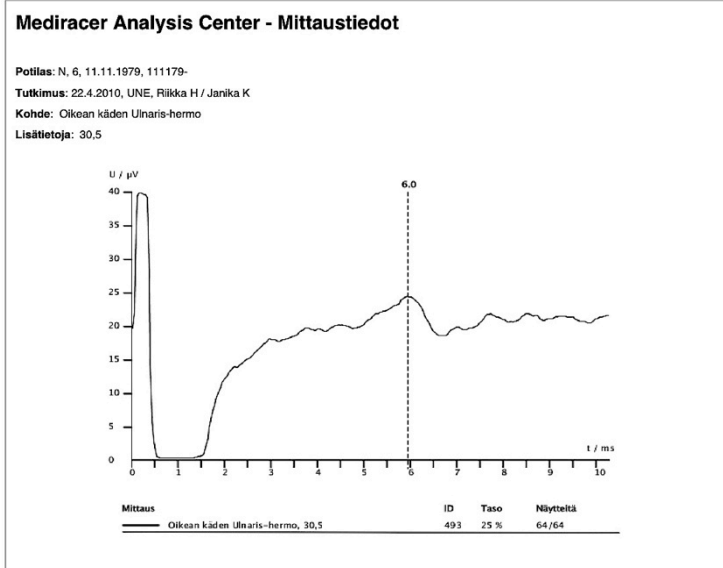
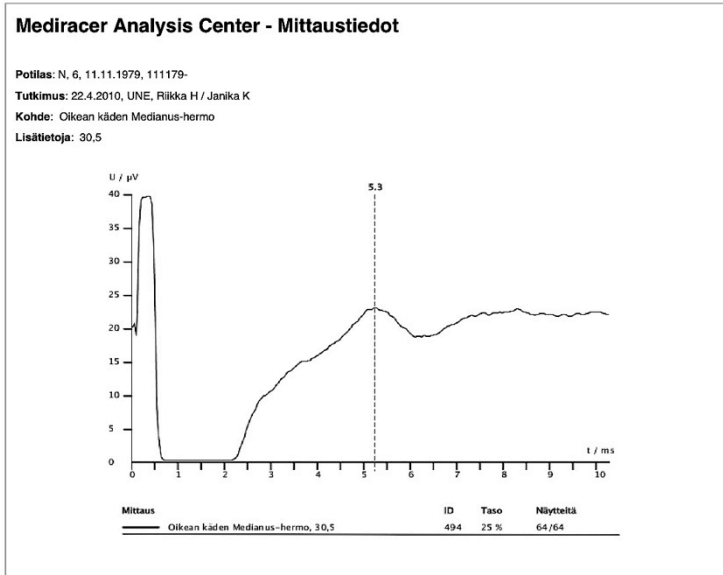
Potilas: N, 4, 11.11.1981, 111181-  
 Tutkimus: 16.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: dist.



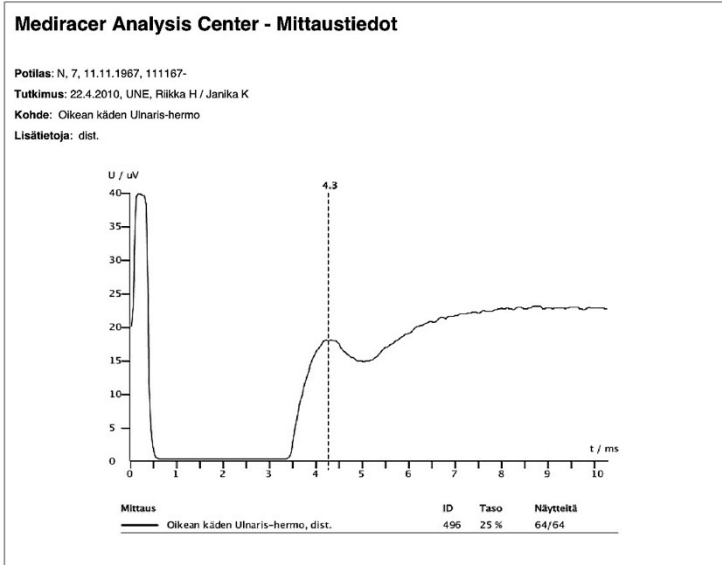
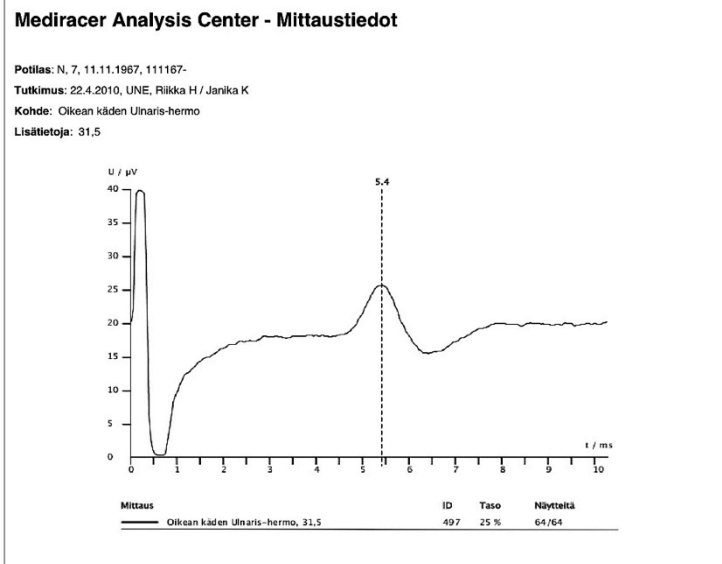
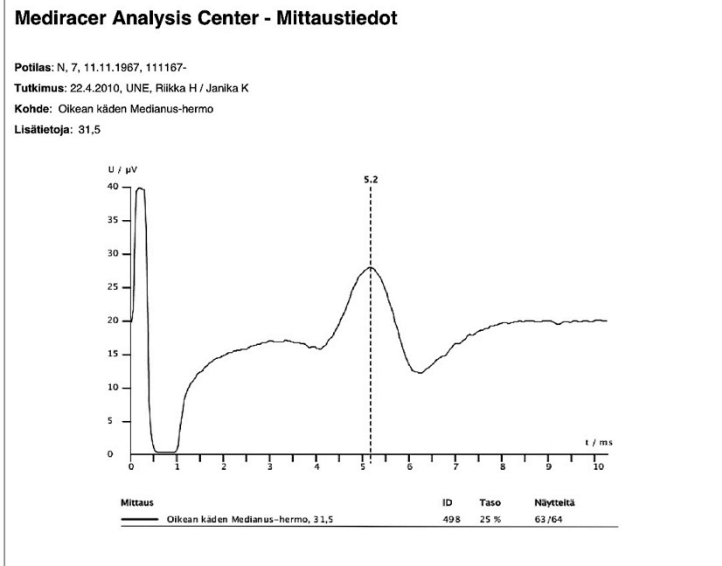
## 1. KOEMITTAUS



## 1. KOEMITTAUS



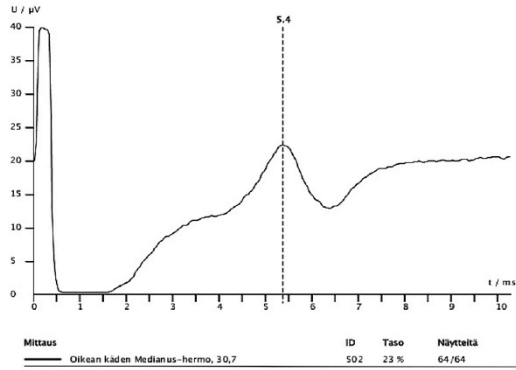
## 1. KOEMITTAUS



## 1. KOEMITTAUS

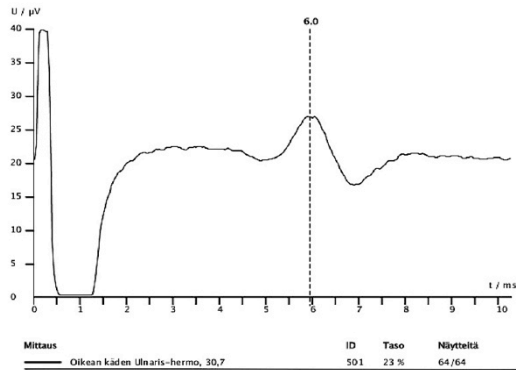
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 8, 11.11.1975, 111175-  
 Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Medianus-hermo  
 Lisätietoja: 30,7



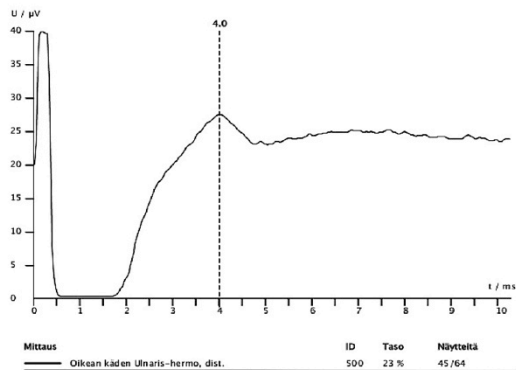
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 8, 11.11.1975, 111175-  
 Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: 30,7

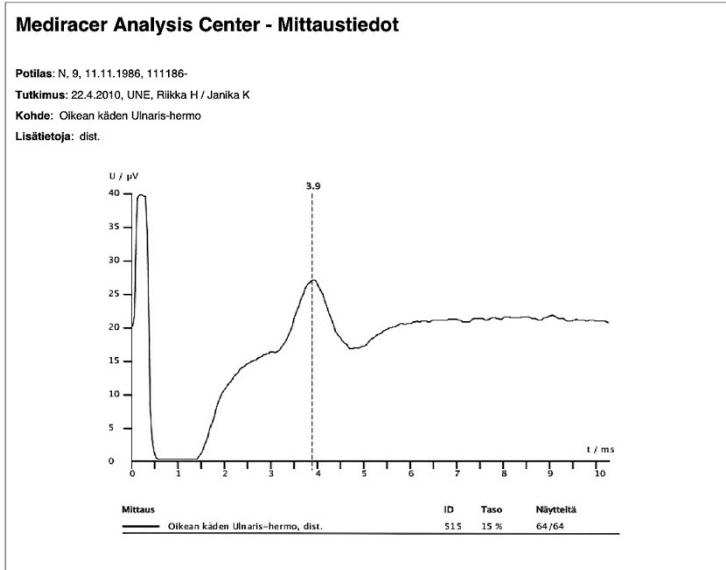
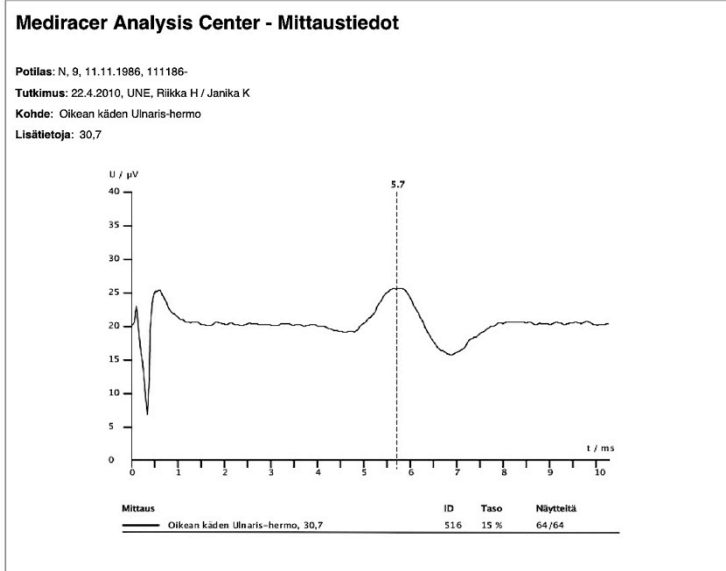
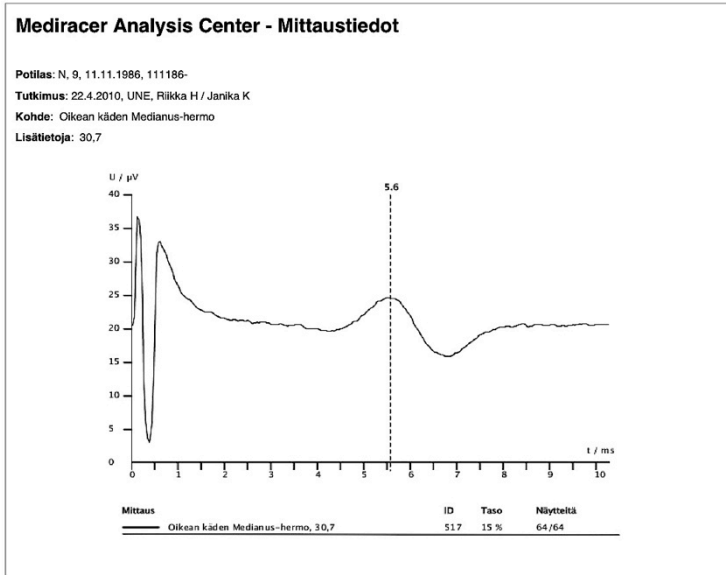


## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N, 8, 11.11.1975, 111175-  
 Tutkimus: 22.4.2010, UNE, Riikka H / Janika K  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: dist.

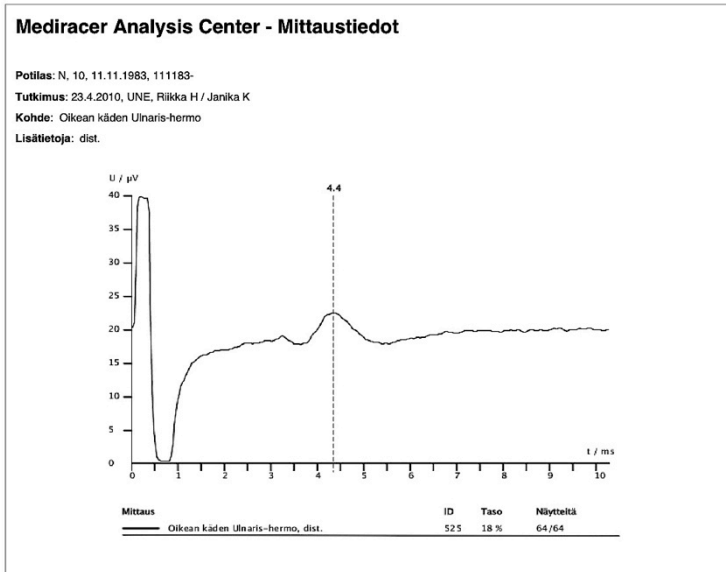
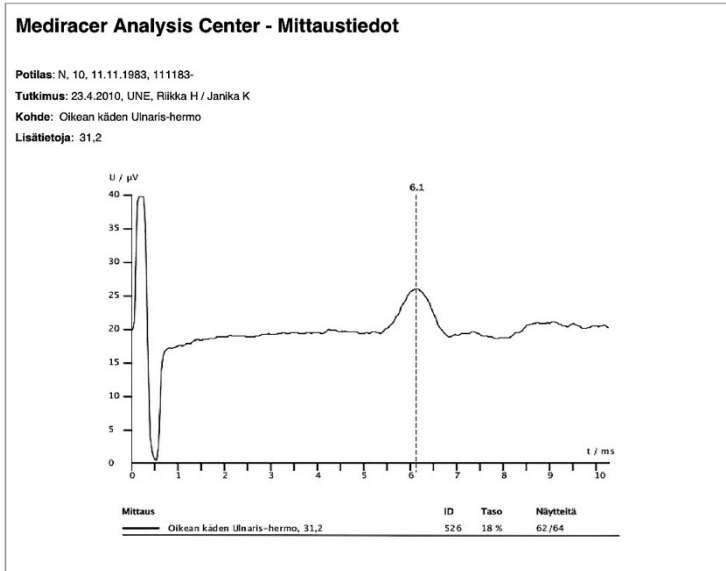
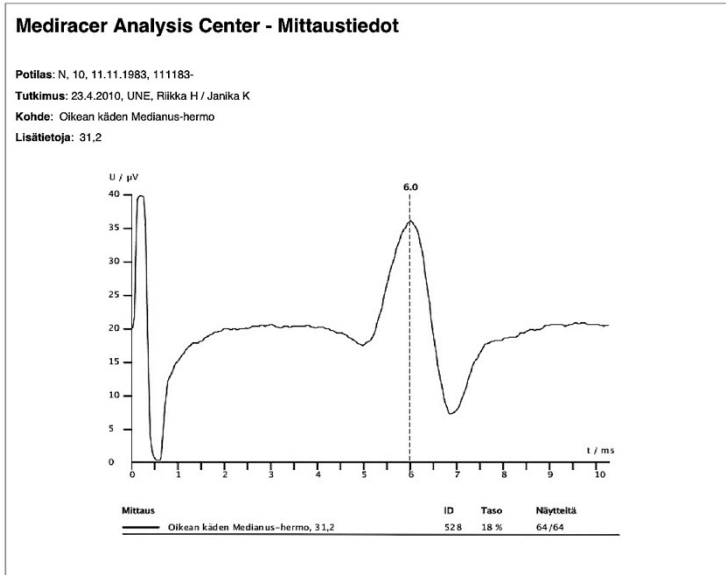


## 1. KOEMITTAUS





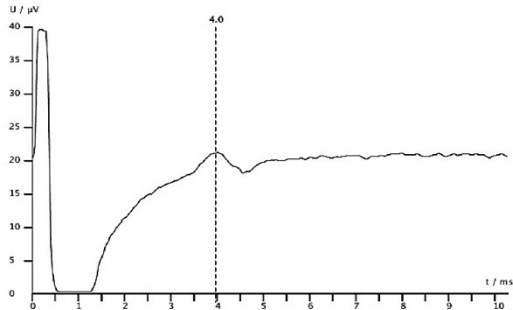
## 1. KOEMITTAUS



## 2. KOEMITTAUS

## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

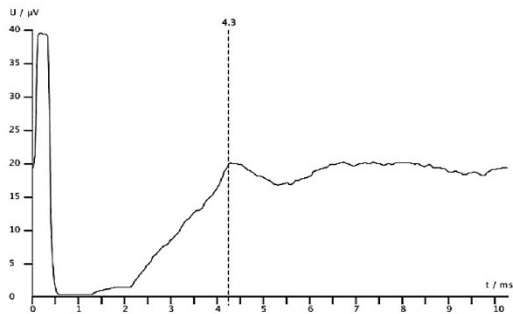
Potilas: M\_D, 1, 11.11.1987, 111187-  
 Tutkimus: 28.7.2010, UNE, Järjestelmän ylläpitäjä  
 Kohde: Vasemman käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: Dist, 36.5



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Vasemman käden Ulnaris-hermo, Dist, 36.5	216	24 %	64/64

## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

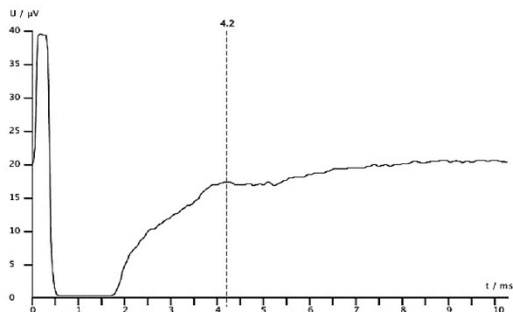
Potilas: M\_D, 2, 11.11.1983, 111183-  
 Tutkimus: 28.7.2010, UNE, Järjestelmän ylläpitäjä  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: Dist, 30.2



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, Dist, 30.2	220	24 %	27/64

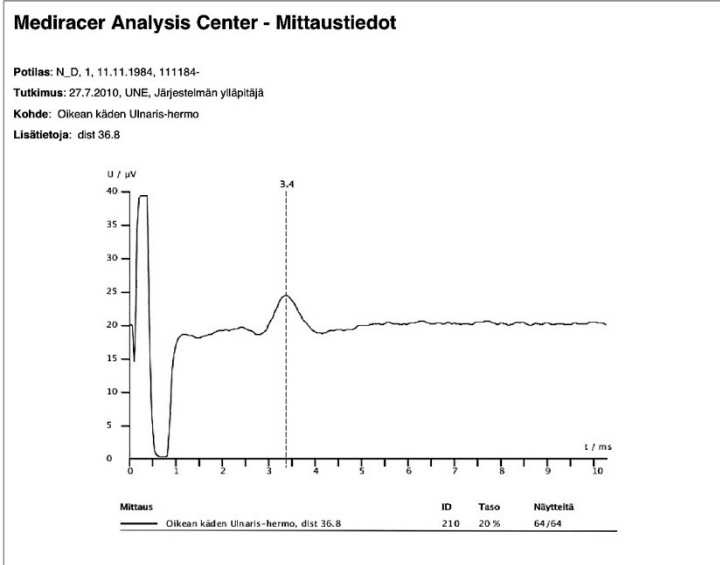
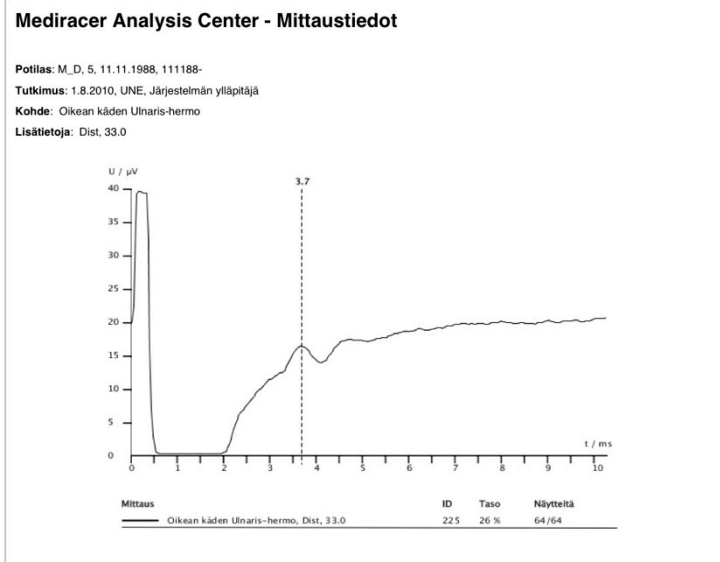
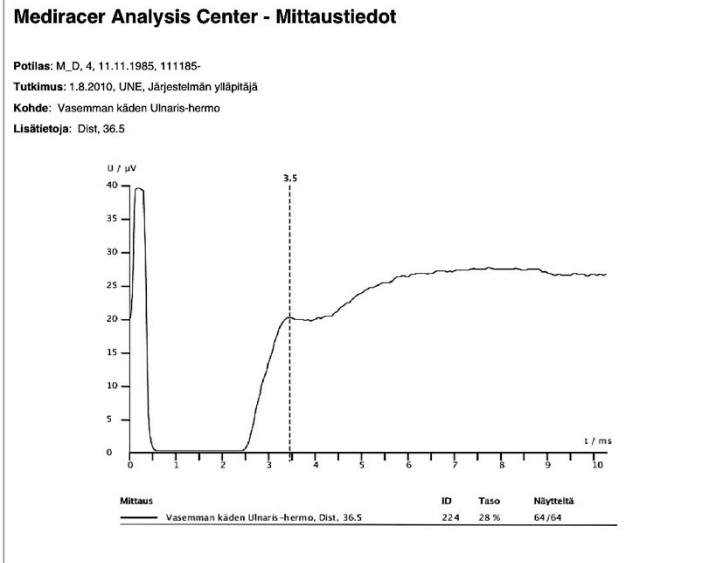
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: M\_D, 3, 11.11.1987, 111187-  
 Tutkimus: 1.8.2010, UNE, Järjestelmän ylläpitäjä  
 Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
 Lisätietoja: Dist, 33.2



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, Dist, 33.2	223	29 %	59/64

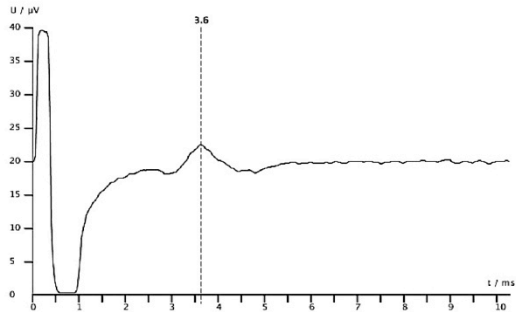
## 2. KOEMITTAUS



## 2. KOEMITTAUS

## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

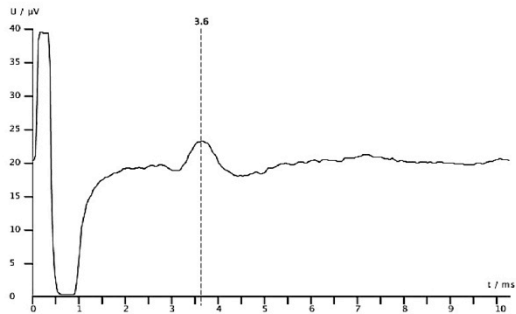
Potilas: N\_D, 2, 11.11.1985, 111185-  
Tutkimus: 28.7.2010, UNE, Järjestelmän ylläpitäjä  
Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
Lisätietoja: dist 36,0



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist 36,0	212	15 %	64/64

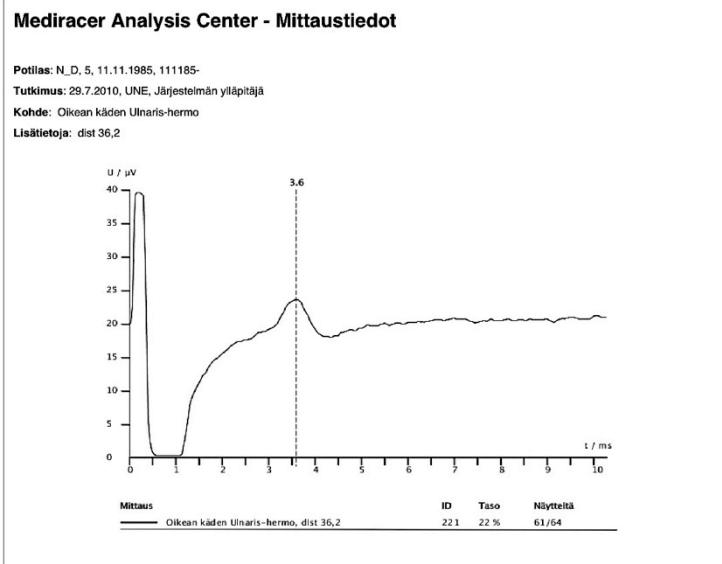
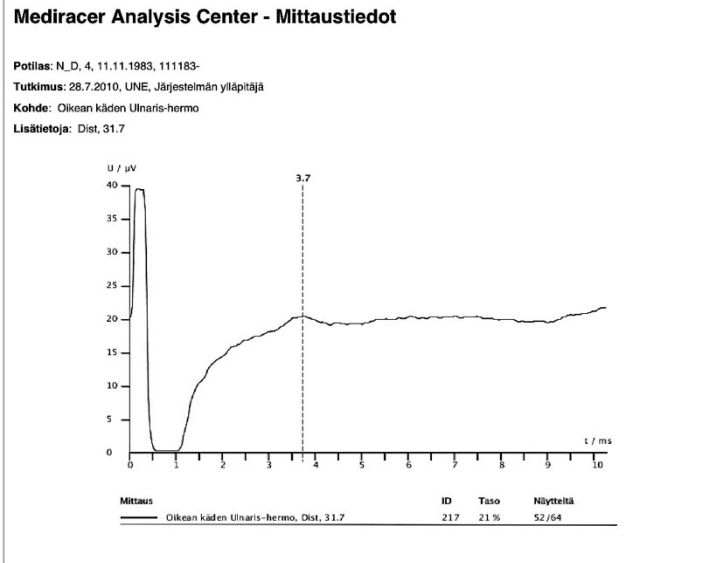
## Mediracer Analysis Center - Mittaustiedot

Potilas: N\_D, 3, 11.11.1983, 111183-  
Tutkimus: 28.7.2010, UNE, Järjestelmän ylläpitäjä  
Kohde: Oikean käden Ulnaris-hermo  
Lisätietoja: dist, 36,2



Mittaus	ID	Taso	Näytettä
Oikean käden Ulnaris-hermo, dist, 36,2	213	18 %	42/64

## 2. KOEMITTAUS



## 1.KOEMITTAUS

## LÄPI MENNEET NÄYTTEET KPL/64

ID	MEDIANUS	ULNARIS	DISTAALINEN
M1	45	64	14
M2	64	64	2
M3	64	64	40
M4	64	64	48
M5	64	63	7
M6	64	64	50
M7	64	64	21
M8	64	64	31
M9	64	64	43
M10	64	64	52
M11	64	63	64
N1	64	64	8
N2	64	64	61
N3	64	64	0
N4	33	60	48
N5	64	64	32
N6	64	64	60
N7	63	64	64
N8	64	64	45
N9	64	64	64
N10	64	62	64

## 2.KOEMITTAUS

ID	LÄPI MENNEET NÄYTTEET KPL/64
M_D1	64
M_D2	27
M_D3	59
M_D4	64
M_D5	64
N_D1	64
N_D2	64
N_D3	42
N_D4	52
N_D5	61

# KYYNÄRHERMON PINTEEN MITTAAMINEN

## MITTAUSOHJE

Janika Kieleväinen  
Tekniikan yksikkö  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Mediracer Oy



# SISÄLLYS

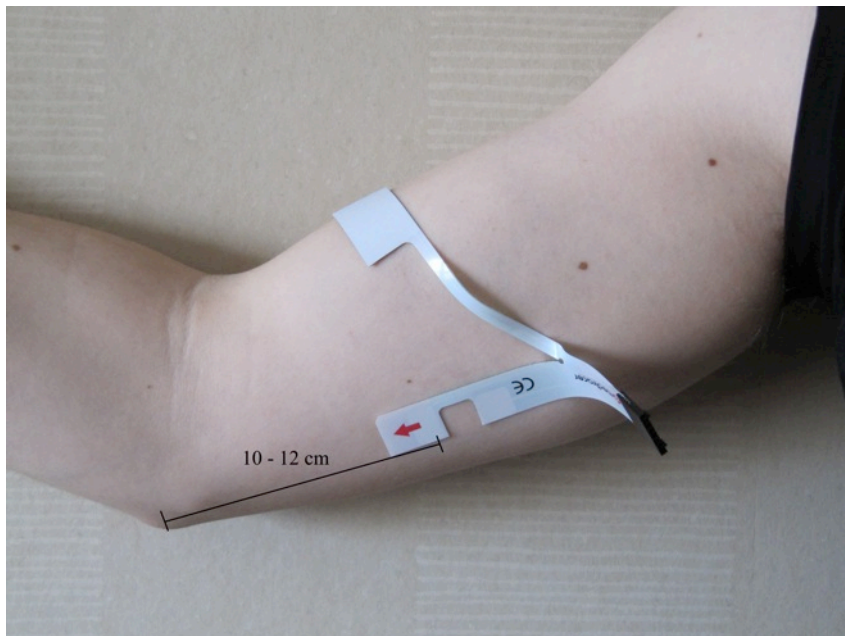
1	Elektrodien asettaminen.....	3
1.1	Kyynänpään mediaalinen puoli .....	3
1.1.1	Rekisterielektrodin asettaminen .....	3
1.1.2	Stimulaatioelektrodin asettaminen .....	4
1.2	Kyynänpään distaalinen puoli.....	6
1.1.3	Rekisterielektrodin asettaminen .....	6
1.1.4	Stimulaatioelektrodin asemaminen .....	7
2	Mittauksen suorittaminen.....	8
2.1	Mitattavan asento .....	8
2.2	Ohjelma .....	9

# 1 Elektrodien asettaminen

## 1.1 Kyynärpään mediaalinen puoli

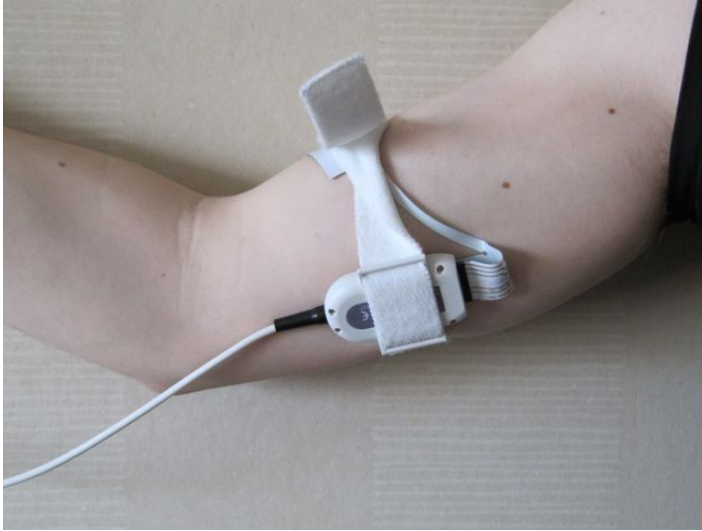
### 1.1.1 Rekisterielektrodin asettaminen

Hermovasteen mittauspaikka haetaan 10–12 cm kyynärpään yläpuolelta, hauislihaksen alta luun vierestä, jossa sekä medianus- että ulnarishermo kulkevat lähekkäin. Oikea kohta löytyy helpoiten, kun pyytää mitattavaa henkilöä jännittämään hauislihaksen. Jännittyneestä hauislihaksesta tunnustellaan lihaksen alareuna. Tämän jälkeen käsi rentoutetaan ja elektrodi kiinnitetään etsittyyn kohtaan hauiksen reunan alapuolelle. Varo, ettet ihoa vetämällä sijoita elektrodiä väärään kohtaan.



*KUVA 1 Rekisterielektrodin asettelu vasemmassa kädessä*

Liimattu elektrodi kiinnitetään mittajohtimeen ja elektrodiä käännetään varovasti kuvan 2 mukaisella tavalla. Tarranauhalla kiristetään mittajohdon kotelo painamaan rekisterielektrodeita kiinni ihoon. Näin mittauskontakti on parempi.

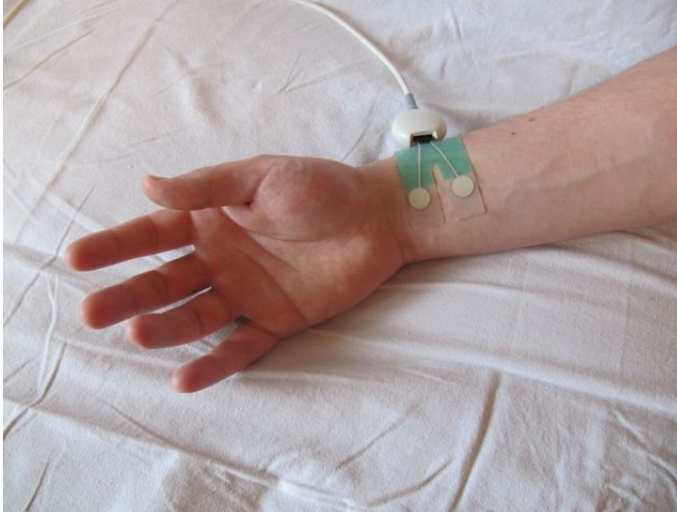


*KUVA 2 Rekisterielektrodin ja johdon asettelu vasemmassa kädessä*

## **1.1.2 Stimulaatioelektrodin asettaminen**

### **Medianushermo**

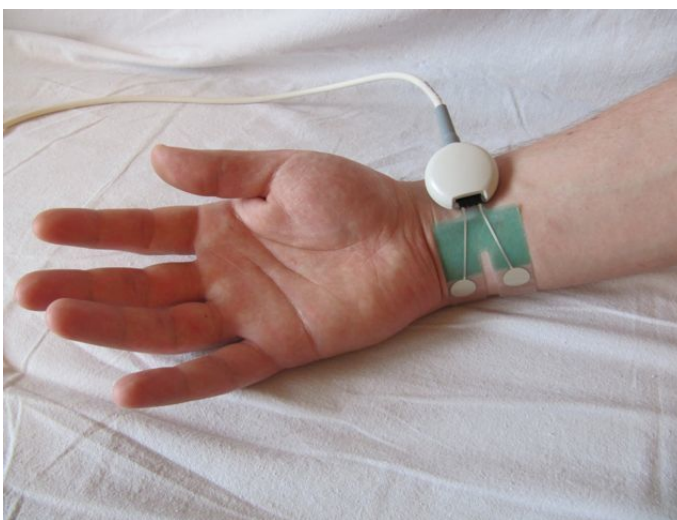
Medianushermo kulkee ranteesta karpaalikanavan läpi hermottaen 1.–3. sormia ja toista puolta 4. sormesta. Ennen karpaalikanavaa, ranteessa hermo kulkee suhteellisen lähellä ihoa, josta on helppo antaa ko. hermoon stimulaatio. Stimulaatio näkyy medianuksen motorisen haaran hermottaman peukalon liikkeenä. Kun liike on selkeästi havaittavissa, on stimulaation voimakkuus riittävä. Elektrodi asettelu on esitettynä oikeassa kädessä kuvassa 3.



*KUVA 3 Stimulaatioelektrodin asettelu oikeassa kädessä*

### **Ulnarishermo**

Ulnarishermo hermottaa 5. sormea ja osittain 4. sormea. Hermo kulkee lähellä ihoa ranteessa pikkusormen puolella, johon elektrodi on helppo asettaa kuvan 4. Tässäkin stimulaation voimakkuus asetetaan, kun havaitaan selkeä ja hyvä liike pikkusormessa.

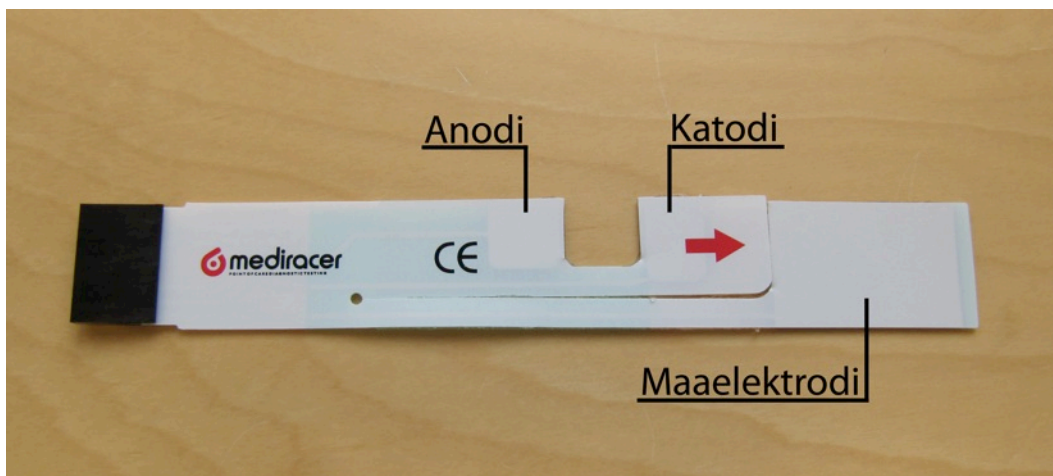


*KUVA 4 Stimulaatioelektrodin asettelu oikeassa kädessä*

## 1.2 Kyynärpään distaalinen puoli

### 1.1.3 Rekisterielektrodin asettaminen

Elektrodi sijoitetaan noin 2,5 cm:n kyynärpään alapuolelle poikittain ulnarishermon päälle. Elektrodi sijoitetaan viistosti kyynärpään yli siten, että vain katodi sijaitsee ulnarishermon päällä ja anodi käden ulommalla sivulla. Oikean kohdan katodille löytää koukistetusta käsivarresta etsimällä kyynärlisäkkeen ja sen vieressä olevan olkaluun sisäsivunastan. Näiden välistä siirrytään noin 2,5 cm:ä alaspäin, johon liimataan elektrodin katodi. Maelektrodi asetetaan mitattavan alueen yläpuolelle, esimerkiksi hauislihakseen. On kuitenkin varottava taittamasta liian voimakkaasti maelektrodin erkanemiskohtaa muusta elektrodista. Jos liitos taittuu liikaa, voi maadoitusjohdin elektrodissa murtua ja silloin joudutaan vaihtamaan uusi elektrodi. Kuvassa 5 näkyy elektrodin osien nimet ja kuvassa 6 näkyy elektrodin oikea asettelu.



KUVA 5 Rekisterielektrodin osat nimettyinä



*KUVA 6 Rekisterielektrodin asettelu oikeassa kädessä*

#### **1.1.4 Stimulaatioelektrodin asemaminen**

Distaalisisä mittauksessa stimuloiminen tapahtuu vain ulnarishermosta. Ks. Kappaleesta 1.1.2 kohta ”Unarisherma”

## 2 Mittauksen suorittaminen

### 2.1 Mitattavan asento

Mittaus suoritetaan mitattavalle makuuasennossa käden ollessa rentona vartalon vieressä. Käsi on kämmenpuoli alaspäin ja sormet rentoina. Parhaiten sormet ovat rentoina käden ollessa löyhästi nyrkissä. Edellä mainitut asiat vaikuttavat lihasaktiivisuustasoon, joka häiritsee mittausta. Kuvissa 7 ja 8 on esitetty käsi mittauksen aikana.



*KUVA 7 Käden asento sivulta katsottuna*




KUVA 8 Käden asento edestäpäin

## 2.2 Ohjelma

Mediracer Analysis Center –ohjelmasta valitaan ”New Patient”, lisätään mitattavan tiedot ja klikataan ”Save as New”. Tämän jälkeen valitaan ”New Examination”. Avautuvaan ikkunaan kirjataan käytettävän elektrodin aktivoimiskoodi sekä mittauksen tyypiksi “UNE”.



## Mediracer Analysis Center

Cancel Save As New

- Home
- Patients
- Maintenance
- Support
- Log Out

### Examination Information

Please fill out the form below. Fields marked with an asterisk are required. When ready, [save this file](#).

Patient: [testi, testi, 11/11/11, 111111](#)

Date \*  
11 / 08 / 2010 dd.mm.yyyy

Electrode Activation Code \*  
- - - -


Type of Examination \*  
 CTS  
 CTS Motor  
 UNE

Side of Symptoms \*  
 Right Hand  
 Left Hand  
 Both hands

Technologist \*  
administrator

Referring Physician  
\_\_\_\_\_

Notes  
\_\_\_\_\_



© 2003-2010 Mediracer Ltd.

KUVA 9. Mittauksen tietojen anto: valitaan tyypiksi "UNE"

Mittauksen tallentamisen jälkeen luodaan yksittäinen mittaus valitsemalla ”New Test”, jossa valitaan mittauskohte.

The screenshot displays the Mediracer Analysis Center interface. At the top, the title 'Mediracer Analysis Center' is on the left, and the Mediracer logo with the tagline 'POINT OF CARE DIAGNOSTIC TESTING' is on the right. Below the logo are 'Cancel' and 'Save As New' buttons. A vertical navigation menu on the left contains icons for Home, Patients, Maintenance, Support, and Log Out. The main content area is titled 'Test Information' and contains a yellow instruction box: 'Please fill out the form below. Fields marked with an asterisk are required. When ready, [save this file](#).' Below this, the 'Patient' field is populated with 'testi, testi, 11/11/11, 111111'. The 'Examination' field is '8/11/10, UNE, Administrator'. The 'Target' section has a red asterisk and four radio button options: 'Right Hand Median Nerve' (selected), 'Right Hand Ulnar Nerve', 'Left Hand Median Nerve', and 'Left Hand Ulnar Nerve'. A 'Notes' text area is empty. A decorative grid of dots is in the bottom right corner of the form area. The footer contains the copyright notice '© 2003-2010 Mediracer Ltd.'

### *KUVA 10 Mittauskohteen valitseminen*

Tallentamisen jälkeen avautuu graafinen taulukko. Kun mittalaite saa yhteyden tietokoneeseen, mittaussignaalin graafinen käyrä piirtyy reaaliaikaisena taulukkoon ja mittauksen voi aloittaa.