



Riikka Hakkarainen

**MOTORISET MITTAUKSET RANNEKANAVAOIREYHTYMÄN
DIAGNOSTIIKASSA, TUOTEKEHITYSPROJEKTI**

MOTORISET MITTAUKSET
RANNEKANAVAOIREYHTYMÄN DIAGNOSTIIKASSA,
TUOTEKEHITYSPROJEKTI

Riikka Hakkarainen
Opinnäytetyö
31.1.2011
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma Hyvinvointiteknologia	Opinnäytetyö Insinööriyö	Sivuja + Liitteitä 46 + 5
Suuntautumisvaihtoehto Sairaalateknologia	Aika 13.1.2011	
Työn tilaaja Mediracer oy	Työn tekijä Riikka Hakkarainen	
Työn nimi Motoriset mittaukset rannekanavaoireyhtymän diagnostiikassa, tuotekehitysprojekti		
Asiasanat Rannekanavaoireyhtymä, ENMG-tutkimus, hermojohtonopeus		

Työn tavoitteena oli selvittää, soveltuuko Mediracer-mittalaite motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi, ja tuotteistaa motorinen mittaus. Rannekanavaoireyhtymää esiintyy noin 4–5 %:lla naisista ja noin 2–3 %:lla miehistä.

Mediracer-mittalaitteen soveltuvuutta motorisiin mittauksiin tutkittiin suorittamalla testimittaukset 11 miehelle ja 10 naiselle. Ennen testimittauksia laadittiin yksityiskohtainen mittausohje. Mittaustapahtuman aikana tehtiin huomioita kaikista mittauksiin liittyvistä asioista ja kirjattiin ne. Testimittausten perusteella tehtiin tarvittavat muutokset elektrodiin ja ohjelmistoon sekä testattiin uusi elektrodi.

Mittausten perusteella voidaan todeta, että mittaustekniikkana motorinen mittaus sopii kohtuudella rannekanavaoireyhtymään liittyvän medianusvaurion osoittamiseen. Mittausjärjestelmän käyttö mittausohjeen avulla onnistunee henkilöltä, joka ei ole alan spesialisti, kunhan hän saa perehdytyksen laitteiston käyttöön.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

KÄSITTEET

1	JOHDANTO	8
2	RANNEKANAVAOIREYHTYMÄN TUTKIMINEN.....	9
2.1	Mediracer Oy	9
2.2	Rannekanavaoireyhtymä	9
2.3	ENMG-mittaukset	12
2.3.1	Ääreishermostovaurion tyypit	12
2.3.2	ENMG-tutkimuksen menetelmät.....	13
2.3.3	Neula-EMG.....	14
2.3.4	Hermon johtonopeuden mittaus	16
3	KEHITYSTEHTÄVÄN KUVAUS.....	23
3.1	Mittaustekniikan kuvaus.....	23
3.2	Laitteiston kuvaus	26
4	TESTIMITTAUKSET	30
4.1	Ensimmäinen testikierros.....	30
4.1.1	Menetelmien kuvaaminen.....	30
4.1.2	Koehenkilöt.....	31
4.1.3	Testauksen kulku.....	32
4.1.4	Tulosten analysointi.....	33
4.2	Mittausoption kehitys	34
4.2.1	Motorisen mittauksen elektrodisuunnittelu.....	34
4.2.2	Ohjelmiston virheet ja muut muutokset.....	35
4.2.3	Huomiot laitteen käytöstä	36
4.3	Toinen testikierros	37
4.3.1	Menetelmien kuvaaminen.....	37
4.3.2	Koehenkilöt.....	39
4.3.3	Testauksen kulku.....	40
4.3.4	Tulosten analysointi.....	40
5	POHDINTA	43

LÄHTEET.....	45
LIITTEET	46

KÄSITTEET

Aksoni	Viejähaarake tai hermosyy, hermosolun eli neuronin osa, joita on yleensä vain yksi neuronia kohti
Aktiopotentiali	Depolarisaation eteneminen pitkin hermosolua tai lihassolua
Anodi	Positiivinen napa
Denervaatio	Hermon poisto, katkaisu tai tuhoutuminen
Depolarisaatio	Hermosolun tai lihassolun tapahtuma, jossa lepotilassa olevan hermosolun lepopotentiaali pienenee sekunnin tuhannesosan ajaksi aina yhdessä kohdassa kerrallaan
Distaalinen	Kaukana (kauempana) keskustasta sijaitseva, etäisempi
Ekstensio	Ojennusliike, joka vie raajan toisiinsa niveltyviä osia kauemmaksi toisistaan ojentuneeseen asentoon
Fleksio	Koukistusliike, joka vie raajan toisiinsa niveltyviä osia koukkuasentoon lähemmäksi toisiaan.
HJN	Hermon johtonopeus
Hyperpolarisaatio	Hermosolun tapahtuma, jossa solukalvon ylittävä jännite kasvaa ja siten solun sisäinen negatiivinen varaus kasvaa.
Iskemia	Paikallisen hapen tai veren puute kudoksessa

Katodi	Negatiivinen napa
Kliininen	Sairaanhoidollinen, potilaiden tutkimiseen tai hoitoon liittyvä, sairaalaan liittyvä
MAP	Lihasvaste, Muscle Action Potential
Myeliini	Rasva-aine, joka toimii eristeenä elimistön hermosyiden (aksonien) ympärillä. Sen ansiosta viestit (sähköärsykkeet) kulkevat nopeasti aivoista muualle elimistöön tai sieltä takaisin aivoihin.
NAP	Hermovaste, Nerve Action Potential
Proksimaalinen	Läheinen, lähellä keskustaa
Päätelevyalue	Hermopäätteen kohdalla oleva alue lihassolun pinnassa
Reinnervaatio	Hermojen korjautuminen vaurion jälkeen tai leikkaus, jossa katkennut hermoyhteys korvataan hermosiirrännäisellä.

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli selvittää, soveltuuko Mediracer-mittalaite motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi, ja tuotteistaa motorinen mittaus. Työ aloitettiin helmikuun alussa 2010.

Työ aloitettiin tutustumalla Mediracer-mittalaitteistoon, joka on neurofysiologisiin tutkimuksiin suunniteltu tutkimuslaite. Järjestelmän avulla voidaan tutkia hermojohtonopeuksia, jotka viittaavat rannekanavaoireyhtymään. Tämän jälkeen laadittiin yksityiskohtainen mittausohje motoristen mittausten suorittamiseksi. Mediracer-mittalaitteen soveltuvuutta motorisiin mittauksiin tutkittiin suorittamalla testimittaukset 10 naiselle ja 11 miehelle laaditun mittausohjeen mukaisesti. Testimittausten aikana tehtiin huomioita kaikesta mittaukseen liittyvästä. Tulokset katselmoitiin mittausten jälkeen ja tehtiin tarvittavat muutokset. Koemittaukset antoivat pohjan motorisen mittauksen ja siihen tehtävän elektrodin tuotteistamiseen.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää Mediracer Oy:n viedessä markkinoille motorisen mittauksen uutena sovelluksena Mediracer-mittalaitteeseen.

2 RANNEKANAVAOIREYHTYMÄN TUTKIMINEN

2.1 Mediracer Oy

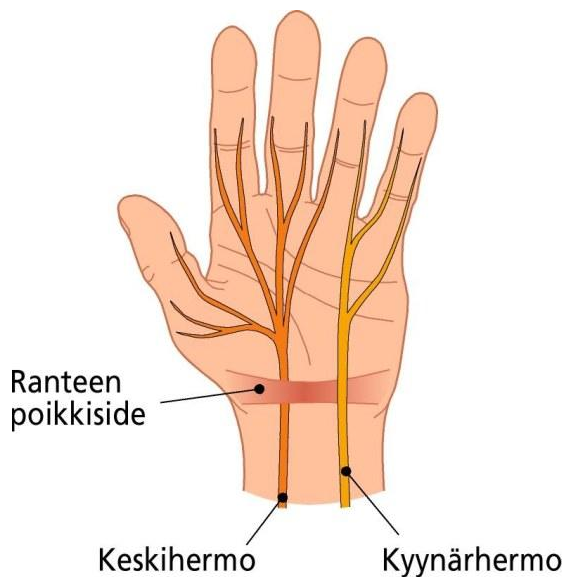
Mediracer Oy on vuonna 2002 perustettu oululainen yritys, joka on erikoistunut terveysteknologiaan. Mediracerin ydinliiketoiminta on potilaslähtöiseen diagnostiikkaan (Point Of Care diagnostic, POC) perustuva ääreishermoston testauslaitteiston kehittäminen, valmistaminen ja maailmanlaajuinen myynti.

Tällä hetkellä Mediracerin tuotevalikoimaan kuuluu Mediracer NCS -järjestelmä ja tuotevalikoimaa laajennetaan tulevina vuosina. Mediracer NCS on neurofysiologisiin tutkimuksiin suunniteltu tutkimuslaite, jonka avulla voidaan tutkia hermojohtonopeuksia, jotka viittaavat rannekanavaoireyhtymään. Tutkimus suoritetaan käyttämällä kertakäyttöisiä pintaelektrodeja. Testituloksesta voidaan havaita löydöksen mahdollinen poikkeavuus sekä sen vakavuusaste. (1.)

2.2 Rannekanavaoireyhtymä

Rannekanavaoireyhtymällä (RKO) tarkoitetaan tilannetta, jossa medianushermosto eli keskihermo on puristuksissa rakenteeltaan joustamattomassa rannekanavassa ja muodostaa pinte. Kuvassa 1 on esitetty rannekanava ja käden hermot. Keskihermo kulkee rannekanavassa ranteen poikkisiteen alla. Rannekanavaoireyhtymä voi syntyä, kun tila rannekanavassa vähenee tai kanavan sisältö laajenee. Hermopinne voi syntyä nopeasti esimerkiksi vamman aiheuttaman turvotuksen seurauksena. Oire voi kehittyä myös vähitellen ranteeseen kohdistuvan pitkäaikaisen rasituksen seurauksena. Tietyt fyysiset kuormitustekijät altistavat rannekanavaoireyhtymälle. Tällaisia ovat voimakas toistuva käden käyttö, tärinä ja toistuvat ääriasennot. Rannekanavaoireyhtymä alkaa yleensä käden peukalon puoleisten sormien ajoittaisella puutumisella ja tikkuilulla. Tyypillisesti oireet ilmenevät öisin ja ne lievittyvät puistelemalla käsiä. Taudin edetessä oireet muuttuvat jatkuvammiksi. Peukalon puristusotteessa ilmenee ongelmia ja samoin sormien hienomotoriikka voi häiriintyä. Eri

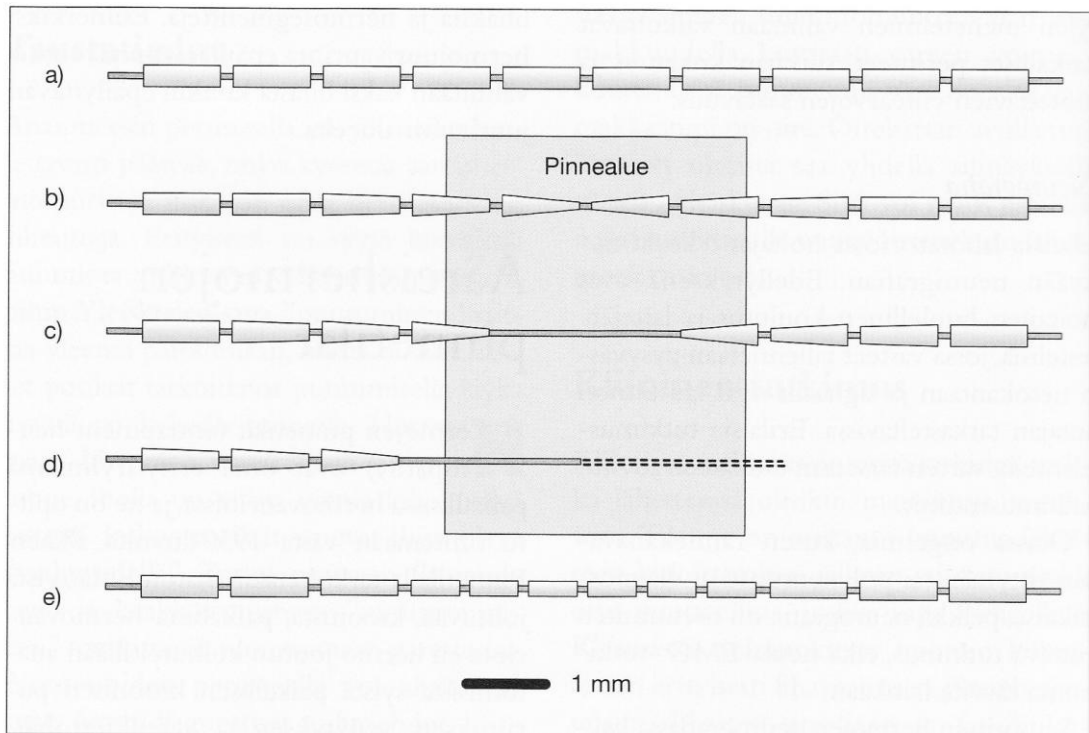
tutkimusten mukaan rannekanavaoireyhtymää esiintyy noin 4–5 %:lla naisista ja noin 2–3 %:lla miehistä. (2; 3.)



KUVA 1. Rannekanava ja käden hermot (1)

Terveillä ihmisillä käden neutraaliasennossa paine rannekanavassa vaihtelee muutamasta mmHg:stä 20 mmHg:iin. Ranteen ekstensio, fleksio, käden nyrkistys, kyynärvarren kierto ulos ja staattinen kuormitus sormiin nostavat painetta rannekanavassa. Hermopinteessä tämä paineen nousu on keskeinen syy syntyviin toimintahäiriöihin ja vaurioihin. Paineen nousu johtaa sarjaan: iskemia (paikallisen hapen tai veren puute kudoksessa), turvotus ja arpimuodostus. Pinnealueella hermo kärsii sekä mekaanisesta ärsytyksestä että verenkierron heikentymisestä. Pinteän edetessä pinnealueella myeliinituppi ohenee ja myelinoitujen solmujen väliset myeliinittomat välit pitenevät. Myeliinivaurion maksimi kehittyy pinnealueen keskelle. Aksonaalisen vaurion kehittyessä paksujen myelinoitujen säikeiden määrä vähenee. (3.)

Kuvassa 2 on esitetty, mitä tapahtuu pinteän aiheuttamassa hermovauriossa. Kohdassa a hermo on ehjä. Kohdassa b on lievä hermotupen vaurion asteella oleva pinne. Kohdassa c on kohtalainen hermotupen vaurion asteella oleva pinne. Kohdassa d on aksonivaurion asteella oleva pinne. Kohdassa e on toipunut aksoni, jossa hermotuppi ei ole palautunut täysin ennalleen. (3.)



KUVA 2. Kaavakuva pinteestä aiheuttamasta hermovauriosta (7, s. 47)

Rannekanavoireyhtymän kliininen diagnoosi perustuu tyypillisiin oireisiin ja esitetoihin, kliiniseen statukseen ja provokaatiotesteihin. Kun keskeiset oireet, erityisesti yöllinen käden puutuminen, ovat positiivisia ja on ainakin yksi kliininen löydös tai provokaatiotestin poikkeavuus, kyseessä on RKO. Katzin käsipiirros, johon tutkittava merkitsee käden puutumisen- ja kipuoireensa, kiputunnon heikkous ja peukalon heikentynyt loitonuus ovat rannekanavoireyhtymän tärkeimmät diagnostiset testit. Elektroneuromyografia (ENMG) on mahdollinen lisätutkimus rannekanavoireyhtymän diagnostiikassa. ENMG-mittauksilla pystytään toteamaan rannekanavoireyhtymään liittyvä hermovaurio, joka varmentaa RKO-diagnoosin ja hermovaurion asteen. ENMG:ssä saattaa kuitenkin eri syistä esiintyä vääriä positiivisia löydöksiä, joten se ei yksinään riitä leikkauspäätöksen tekemiseen. (3; 5.)

Tehokkain ja ainoa oikea rannekanavoireyhtymän hoitomuoto vaikeissa pinteissä on karpaalitunnelin avausleikkaus. On olemassa myös konseratiivisia hoitomuotoja erityisesti lievien pinteiden hoitoon, kuten lastahoito ja kortikosteroidi-injektio, joista on näyttöön perustuvaa hyötyä

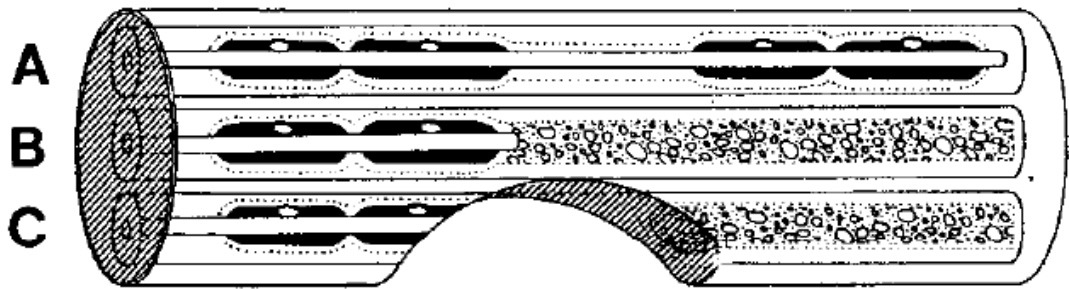
rannekanavaoireyhtymän hoidossa. Usein yli puolet potilaista, joille konservatiivista hoitoa on kokeitu, joutuvat kuitenkin myöhemmin leikkausoperaatioon. Joissakin tapauksissa rannekanavaoireyhtymä voi parantua spontaanistikin. (3.)

2.3 ENMG-mittaukset

ENMG-tutkimus (elektroneuromyografia) on ääreishermostojen ja hermojuurten sekä lihasten sähköinen tutkimus. Tavallisin aihe ENMG-tutkimukselle on epäily ääreishermostojen vauriosta. Paikallisen ääreishermostovaurion aiheuttaja on useimmiten mekaaninen vamma, mutta myös paine voi aiheuttaa lisää vauriota häiritsemällä verenkiertoa. Keskeiset ääreishermostovaurion aiheuttamat oireet ovat kipu, kosketustunnon muutokset ja heikkous. Kiputiloja aiheuttavat erilaiset hermopinteet, hermojuurten vauriot sekä traumaattiset hermostovauriot. Hermostovaurion tyyppi, vaikeusaste ja ennuste riippuvat vaurion aiheuttajasta. Jotta voitaisiin valita oikea hoito, täytyisi vaurion syy aina selvittää. ENMG-tutkimuksella pyritään paikantamaan neuromuskulaarihäiriö, arvioimaan sen vaikeus ja luonnehtimaan patofysiologia. (6, s. 29–42; 7, s. 451–455.)

2.3.1 Ääreishermostovaurion tyypit

Ääreishermostovaurion aiheuttamien fysiologisten ja anatomisten muutosten perusteella erotetaan kolmen vaurion päätyyppiä: A. fokaalisesta demyelinaatiosta johtuva johtumiskatkos eli neurapraksia, B. aksonivaurio eli aksonotmeesi ja C. hermostokatkos eli neuronotmeesi. Kuvassa 3 on esitetty erilaatuiset hermostovauriotyypit. (6, s. 29.)



KUVA 3. Erilaatuiset hermovauriotyypit (6, s.29)

Johtumiskatkoksessa itse aksoni ei vaurioidu, vaan vaurio on lievä ja painottuu aksonia ympäröivään myeliiniin. Aktiopotentiaali ei etene vauriokohdan läpi, mutta aksonivirtaus ja hermon troofiset vaikutukset lihakseen säilyvät. Näin ollen puhtaassa johtumiskatkoksessa lihaksiin ei kehity denervaatiotoimintaa. (6, s.30.)

Aksonivauriossa myös itse aksoni vaurioituu. Ympäröivä sidekudos, epinerium ja perinerium eivät kuitenkaan katkea. Aksonivaurion jälkeen aksonin distaalisen eli ääreisosan kyky johtaa hermoimpulsseja lakkaa, jolloin stimulaatiovasteen amplitudi joko madaltuu, jolloin kyseessä on osittainen vaurio, tai puuttuu kokonaan, jolloin kaikki aksonit ovat tuhoutuneet. (6, s. 30.)

Hermokatkoksessa sekä aksoni että ympäröivä hermon tukikudos vaurioituvat. Useimmiten koko hermo katkeaa. Vauriokohdan distaalipuolella välittömät patologiset seuraukset ovat samanlaiset kuin aksonivauriossa. Täydellisen aksonivaurion ja hermokatkoksen erottaminen toisistaan neurofysiologisin menetelmin onkin mahdotonta. Kuitenkin on syytä olettaa, että kyseessä on hermokatkos, jos reinnervaatiota eli hermon korjautumista ei ole todettavissa 4–6 kuukauden sisällä. (6, s. 30.)

2.3.2 ENMG-tutkimuksen menetelmät

ENMG-tutkimus, jolla kliinisessä neurofysiologiassa hermojen ja lihasten sairauksia tutkitaan, voidaan jakaa kahteen osaan: neulaelektromyografiaan (neula-EMG) ja hermon stimulaatiovasteen määrittämiseen. Neula-EMG on

ohuella neulalla tehtävä rekisteröinti lihaksesta. Tutkimus jakautuu kolmeen osaan: lihaksen spontaanitoiminnan kartoittaminen levossa, motoristen yksikköpotentiaalien (Motor Unit Potentials, MUP) tutkiminen kevyen lihassupistuksen aikana ja voimakkaan lihassupistuksen yhteydessä syntyvän interferenssikuvion analysointi. Lihaksesta esiin saatava toiminta kertoo hermovauriosta, sen asteesta ja iästä. (3; 6, s. 31.)

Sähköärsykkeellä aikaansaadun hermo- tai lihasvasteen johtonopeus voidaan määrittää. Hermojen johtonopeusmittauksissa pienillä sähköisillä impulsseilla stimuloidaan hermoja ihon pinnalta. Näin aikaansaadut lihasvasteet mitataan myös pintaelektrodeilla. Hidastuessaan johtumisajat kertovat paikallisesta tai yleistyneestä hermon myeliinitupen vauriosta. Vasteiden madaltuminen on taas merkki aksonien vaurioitumisesta. Hermon johtonopeuksia voidaan mitata sensorisilla tai motorisilla mittaustavoilla. (3; 6, s. 35.)

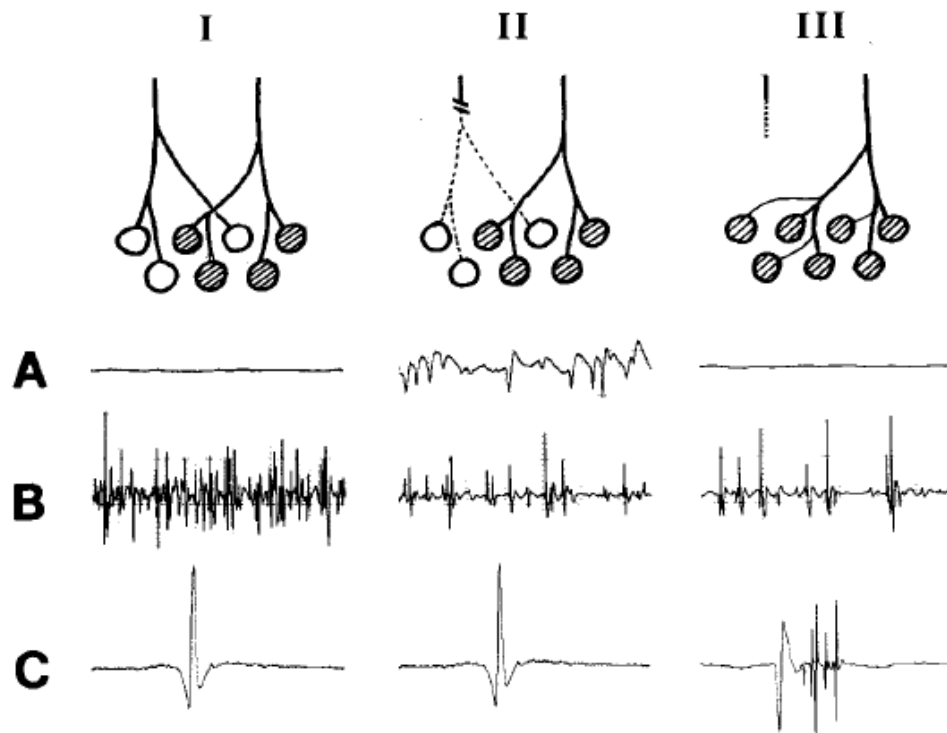
2.3.3 Neula-EMG

Lepotilassa normaalissa lihaksessa ei esiinny toimintaa. Aksonivaurion jälkeen lihakseen kuitenkin kehittyy patologista spontaanitoimintaa, fibrillaatiota, jota voidaan mitata. Fibrillaatioiden määrä kertoo aksonivaurion iän. Fibrillatiot ilmaantuvat ensin paraspinaalihaksiin ja viimeiseksi distaalilihaksiin. Fibrillatioiden määrä korreloi myös vaurion asteeseen, syntytapaan ja nopeuteen. Akuutissa vauriossa on tavallisesti runsaasti fibrillaatioita. Hitaasti kehittyvässä vauriossa fibrillaatioita voi esiintyä hyvinkin niukasti. Aksonivaurion yhteydessä fibrillaatiota kutsutaan myös denervaatiotoiminnaksi. (6, s. 32–33.)

Maksimaalinen aktivaatio, jolloin kaikki motoriset yksiköt aktivoituvat, saadaan aikaiseksi, kun tutkittavaa lihasta jännitetään täydellä voimalla. Monitorilla nähdään tällöin tiheä aktivoitumiskuvio, niin sanottu täysi interferenssi. Aksonivauriossa aktivoituvien yksiköiden määrä vähenee ja syntyy yksikkökatoa. (6, s. 35.)

Heikossa lihassupistuksessa voidaan erottaa yksittäisten motoristen yksiköiden (= yksi aksoni ja kakki sen hermottamat lihassäikeet) synnyttämiä motorisia yksikköpotentiaaleja (MUP). Muutokset motoristen yksikköpotentiaalien muodossa ovat seurausta aksoneiden denervaatio- tai reinnervaatioprosessista. MUP:n pidentynyt kesto ja kasvanut amplitudi ovat luotettavimmat kroonisen hermovaurion tai sen jälkitilan merkit. (6, s. 34.)

Kuvassa 4 on esitetty osittaisen aksonivaurion mekanismit ja niiden synnyttämät neula-EMG-löydökset (kohdat A–C). Kuvan yläosalla on esitetty kaavamaisesti kaksi motorista yksikköä (I–III). Kohdassa I on normaalitilanne. Lihaksessa ei esiinny patologista spontaanitoimintaa (A). Yksiköiden määrä on normaali (B) ja MUP:ien muoto on normaali. Kohdassa II on tuore, osittainen aksonivaurio, jolloin löytyy denervaatiotoimintaa (A) ja yksikkökato on kohtalainen (B). MUP:t ovat kuitenkin normaalit, koska reinnervatiota ei ole vielä tapahtunut (C). Kohdassa III on kuvattu jälkitila. Spontaani toiminta on kokonaan hävinnyt (A) ja yksikkökato on pysyvää (B). Motoriset yksiköt ovat pidentyneet kestoiltaan ja joskus kasvaneet amplitudiltaan (C). (6, s. 32.)



KUVA 4. Aksonivaurion mekanismit ja niiden synnyttämät neula-EMG-löydökset (6, s.32)

2.3.4 Hermon johtonopeuden mittaaminen

Hermostoa stimuloitaessa sähköisesti virta kulkee anodista katodiin. Katodin alueelle muodostuu negatiivinen varaus, joka aiheuttaa hermosäikeiden depolarisaation ja aktiopotentiaalin. Aktiopotentiaali etenee sekä distaali- että proksimaalisuuntaan. Vastaavasti anodin alueella hermosäikeissä tapahtuu hyperpolarisaatio. Hyperpolarisaatio saattaa estää tai heikentää anodin suuntaan kulkevaa hermoimpulssia, joten hermostoa stimuloitaessa katodi on suunnattava kohti rekisteröivää elektrodia. (6, s. 63.)

Läpimitaltaan erikokoisilla hermosäikeillä on erilaiset ärtyvyyss kynnykset. Paksuilla säikeillä ärtyvyyss kynnyks on matalin. Stimulaatiokaan ei kohdistu tasaisesti eri aksoneihin. Tästä johtuen stimulaatiointensiiteetin on oltava riittävän voimakas, jotta vasteeseen vaikuttavat hermosäikeet aktivoituisivat satunnaisen hermosäieryhmän sijasta. Stimulaatiointensiiteettiä, jolla kaikki vasteeseen vaikuttavat hermosäikeet aktivoituvat, kutsutaan maksimaaliseksi. Maksimaalisen stimulaation kynnyks on saavutettu, kun mitattava hermovaste

(NAP) tai lihasvaste (MAP) ei enää kasva, vaikka stimulaation voimakkuutta lisätään. Suurin osa ohuista säikeistä, muun muassa kipusäikeistä, on kuitenkin vielä tällöin jäänyt aktivoitumatta. Hermon johtonopeusmittauksissa onkin syytä käyttää edellä mainitun kynnyksen ylittävää supermaksimaalista stimulaatiota, jonka intensiteetti on käytännössä 25 % suurempi kuin maksimaalisen stimulaation kynnyks. (6, s. 64.)

Sensorinen johtonopeusmittaus

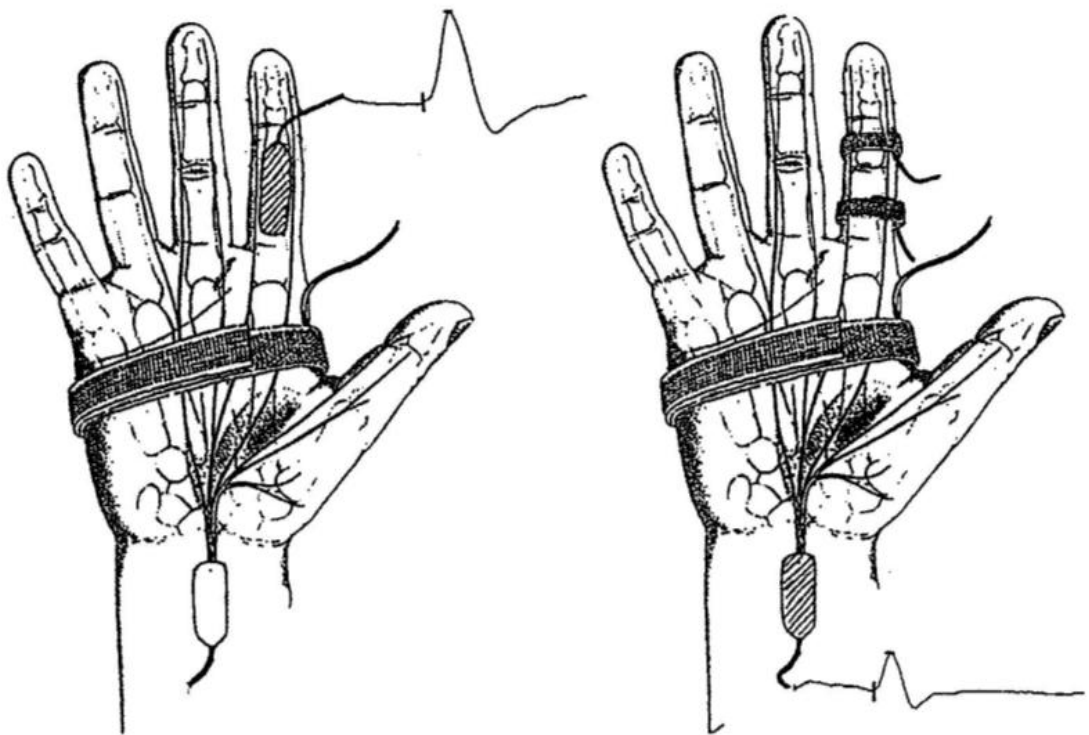
Lyhytkestoinen maksimaalinen stimulaatio aiheuttaa erikokoisissa hermosäikeissä eri nopeudella johtuvan aktiopotentiaalin. Kyseisten yksittäisten hermosäikeiden muodostamaa summapotentiaalia eli jännitemuutosta, jonka aktiopotentiaalirintama aktiivisessa elektrodissa aiheuttaa lähestyessään tai ohittaessaan sen sekä etääntyessään siitä, kutsutaan hermovasteeksi (NAP). NAP voidaan mitata miltä kohdalta tahansa hermon kulkureittiä, mutta yleensä se mitataan kohdasta, jossa hermo kulkee lähinnä ihon pintaa. NAP:n rekisteröimiseen käytetään yleensä pintaelektrodia, mutta hermon sijaitessa syvällä tai hermovasteiden ollessa pieniä neulaelektrodin käyttö on suotavaa. (6, s. 65.)

Sensorisia hermovasteita mitattaessa käytetään yleensä keskiarvoistustekniikkaa. NAP:n amplitudi on pieni noin 1–50 μV , joten vaste pitää vahvistaa 20 000–100 000-kertaisesti. Siitä huolimatta NAP:t saattavat tulla huonosti esiin johtuen taustakohinasta, joka on suurta NAP:n amplitudiin verrattuna. Keskiarvoistuksella taustakohina saadaan vaimenemaan lähes olemattomiin ja hermovasteet selkeämmin esiin. (6, s. 66.)

Sensorinen johtonopeus voidaan mitata joko antidromisella tai ortodromisella mittaustekniikalla. Antidromisessa mittaustekniikassa mitataan hermoimpulssin luontaista kulkusuuntaa vastaan. Tällöin stimulointi tapahtuu proksimaalisesti esimerkiksi ranteesta ja vaste rekisteröidään distaalisemmin esimerkiksi sormesta. Ortodromisessa tekniikassa stimulointi ja rekisteröinti ovat toisin päin. Antidromisella mittaustekniikalla hermovasteet ovat usein isompia, sillä hermo

on lähempänä rekisteröivää pintaelektrodia. Ortodromisen tekniikan etuna on, että sillä voidaan välttää lihassupistuksen aiheuttamaa artefaktaa. (6, s. 66.)

Kuvassa 5 on esitetty antidrominen ja ortodrominen hermovasteen mittaustekniikka. Rekisteröintielektrodi on vinoviivoitettu. Antidromisessa mittaustekniikassa rekisteröintielektrodi on kiinnitetty etusormeen. Ortodromisessa mittaustekniikassa rekisteröintielektrodi on kiinnitetty ranteeseen. (6, s. 65.)

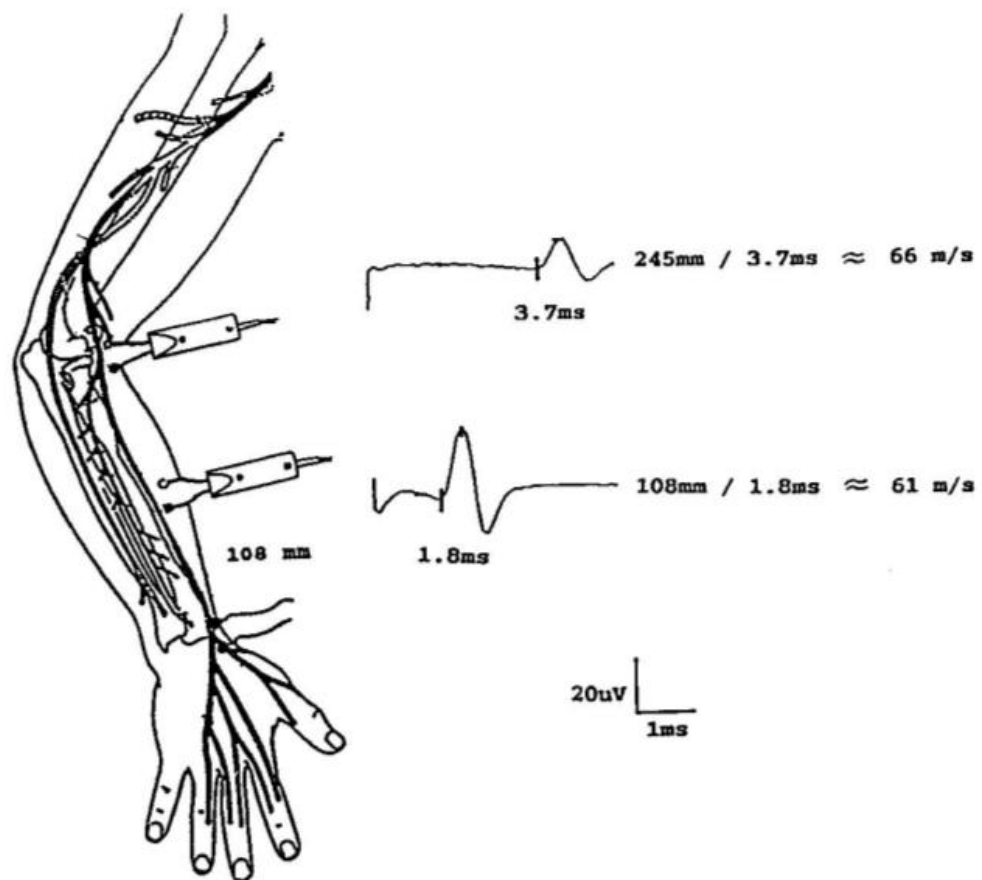


KUVA 5. Antidrominen (vasemmalla) ja ortodrominen (oikealla) hermovasteen mittaustekniikka (6, s. 65)

Sensorisen johtonopeuden laskemiseksi mitataan viive eli latenssi hermovasteen alkukohtaan, jolloin nopeimmin johtavien hermosäikeiden aktiopotentiaalit ovat saapuneet rekisteröintipisteeseen. Tämän jälkeen mitataan välimatka stimulaatioelektrodin katodin keskipisteen ja rekisteröivän elektrodin keskipisteen väliltä. Mitattu matka jaetaan viivearvolla, jolloin saadaan maksimaalinen sensorinen hermojohtonopeus. Välimatkan mittaaminen muodostaa suurimman virhelähteen hermon johtonopeutta (HJN) mitattaessa. Sen mittaamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Välimatka

tulisi mitata niin, että se vastaa mahdollisimman hyvin tutkitun hermosegmentin todellista pituutta. Jotta mittaustulokset olisivat vertailukelpoisia, on oleellista, että välimatka mitataan aina standardoidusti samalla tavalla raajan ollessa samassa asennossa. (6, s. 67–68.)

Kuvassa 6 on esitetty radialishermon sensorisen johtonopeuden mittausta. Rekisteröinti tapahtuu distaalisesti peukalonhangasta. Hermojohtonopeus kyynärvarren ja ranteen välillä on 61 m/s ja kyynärtaipeen ja ranteen välillä 66 m/s. (6, s. 67.)



KUVA 6. Radialishermon sensorisen johtonopeuden mittausta (6, s. 67)

Rannekanavaoireyhtymää epäiltäessä johtonopeudet tulisi mitata sekä medianus- että ulnarishermosta ranteen ja sormien väliltä. Lievissä tapauksissa mittausta voidaan suorittaa myös ranteen ja kämmenen väliltä. Herkimmät muuttujat ovat ranne-kämmenväliltä ja nimettömästä sormesta saadut vasteet, kun verrataan medianuksen ja ulnariksen johtonopeuksia toisiinsa. Merkittävänä

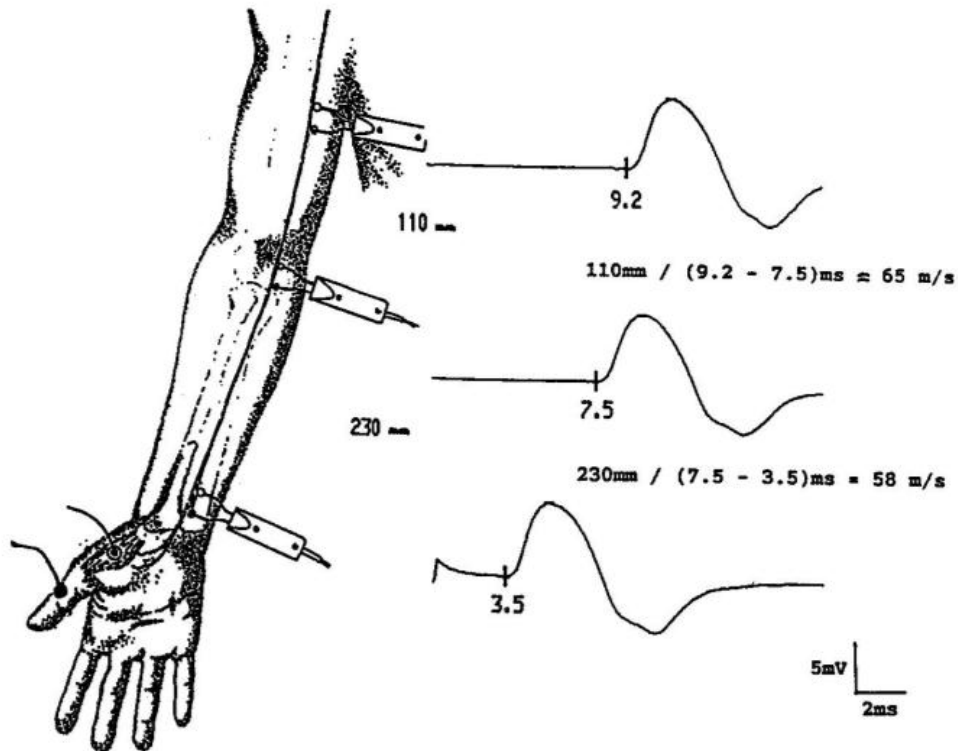
johtonopeuserona ranne-sormivälille pidetään 10 m/s ja latenssierona kämmen-rannevälille 0,5 ms. (3.)

Motorinen johtonopeusmittaus

Motorista eli liikehermoa stimuloimalla saadaan aikaan etenevä hermoimpulssi, joka välittyy hermolihaskuitoksen kautta lihakseen ja aiheuttaa lihassyiden depolarisaation ja supistumisen. Sähköistä ilmiötä, jossa lihassyöt depolarisoituvat, kutsutaan lihasvasteeksi eli MAP:ksi (Muscle Action Potential). MAP:n amplitudi on noin 100–1000 kertaa suurempi kuin NAP:n (Nerve Action Potential), joten sen rekisteröintiin käytetään lähes aina pintaelektrodeja. Rekisteröivä elektrodi pyritään kiinnittämään lihaksen päätelevyalueelle, joka useimmiten sijaitsee lihaksen keskellä. Referenssielektrodi tulisi kiinnittää mahdollisimman inaktiiviseen paikkaan, kuten jänteen kiinnittymiskohtaan. Kun rekisteröivä elektrodi on päätelevyalueella, MAP:n alku lähtee 200 μ V:n vahvistuksella perustasosta jyrkästi negatiiviseen suuntaan (negatiivinen onset). Tällöin myös motorinen distaalinen latenssi (MDL) on tarkasti mitattavissa. (6, s. 69.)

Motorinen hermonjohtonopeus (HJN) mitataan stimuloimalla hermoa kahdesta eri kohdasta ja rekisteröimällä saadut lihasvasteet (MAP). Aikaviiveet (latenssit) stimulaatiohetkestä MAP:n alkamishetkeen (negatiivinen onset) mitataan. Johtumisaika stimulaatiopisteiden välillä saadaan, kun lasketaan proksimaalisen ja distaalisen latenssin erotus. Lopuksi maksimaalinen motorinen HJN tässä hermosegmentissä saadaan jakamalla stimulaatiopisteiden välimatka johtumisajalla. (6, s. 70.)

Kuvassa 7 on esitetty motorisen hermojohtonopeuden mittaaminen medianushermosta. Rekisteröinti on tehty vapaasti sijoitettavilla pintaelektrodeilla thenarlihaksista. Stimulaatiopisteet ovat ranteessa, kyynärtaipeessa ja olkavarressa. Kuvassa oikealla ovat rekisteröidyt lihasvasteet (MAP) ja niiden latenssit. Laskettu maksimaalinen hermojohtonopeus kyynärtaipeen ja ranteen välille on 58 m/s ja olkavarren ja kyynärvarren välille 65 m/s. (6, s. 71.)



KUVA 7. Motorisen hermojohtonopeuden mittaaminen medianushermosta (6, s. 71)

Distaalisemmalla stimulaatiolla aikaansaatu aikaviivettä kutsutaan motoriseksi distaaliseksi latenssiksi (MDL). MDL on aikaviive stimulaatiohetkestä lihasvasteen alkuun eli hetkeen, jolloin ensimmäiset lihassäikeet aktivoituvat. Se sisältää ajan, joka tarvitaan johtumiseen hermossa ja hermoimpulssin välittymiseen hermolihasliitoksessa. MDL:n mittausta käytetään varsinkin hermon ääriosia mitattaessa, jolloin HJN:n mittauksella ei saada luotettavaa tulosta. Tällöin voidaan todeta pidentynyt MDL patologisissa tiloissa hidastuneen HJN:n sijasta. Latenssimittausta voidaan käyttää myös hermovaurion tarkemmassa paikantamisessa. (6, s. 70–71.)

Rannekanavaoireyhtymää epäiltäessä medianus- ja ulnarishermot tutkitaan sekä ranteesta thenarikseen ja hypotenarikseen että kyynärpäältä ranteeseen olevat segmentit. Näin varmistetaan, että vaurio rajoittuu pelkästään rannekanavaan. Medianuksen johtumisenmittaaminen segmentaarisesti thenarikseen stimuloimalla erikseen ranteesta ja kämmenestä on hyvin herkkä, mutta teknisesti vaativa tutkimus. Medianuksen ja ulnariksen distaalinen

johtuminen voidaan mitata myös ranteesta lumbricalis 2- ja interossei 1 - lihaksiin. (3.)

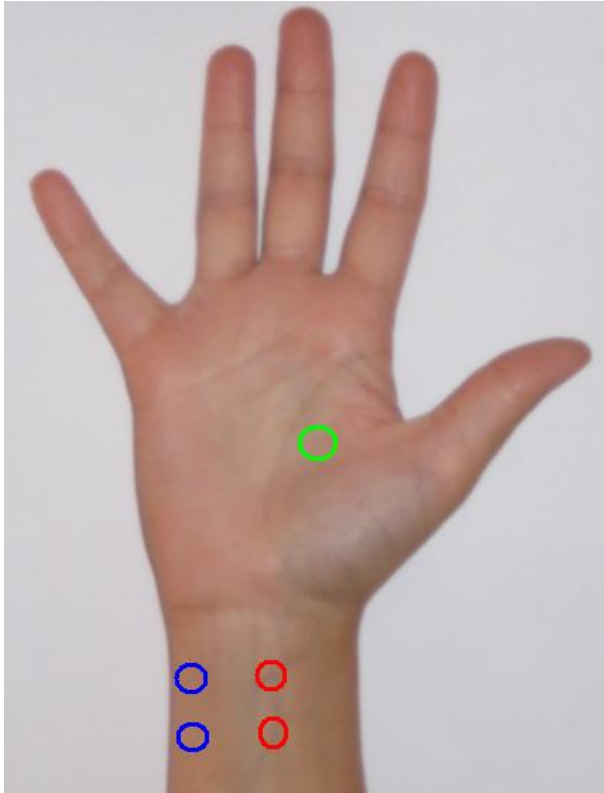
3 KEHITYSTEHTÄVÄN KUVAUS

Työn tavoitteena oli selvittää, soveltuuko Mediracer-mittalaite motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi, ja tuotteistaa motorinen mittaus. Tavoitteena oli tehdä mittausoptio olemassa olevaan laitteistoon käytettäväksi sellaisille henkilöille, jotka eivät ole alan spesialisteja.

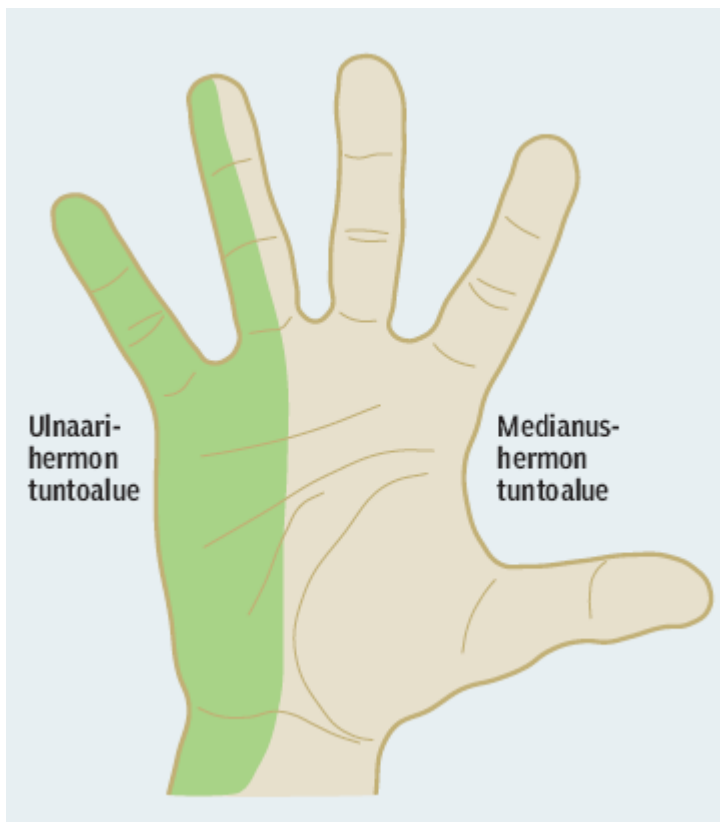
3.1 Mittaustekniikan kuvaus

Mittaus suoritettiin stimuloimalla medianuksen (kuvassa 8 punaisella) ja ulnariksen (kuvassa 8 sinisellä) hermorunkoja erikseen ranteesta samalta etäisyydeltä. Hermovasteet mitattiin kämmenestä (kuvassa 8 vihreällä), kämmenen puolivälistä keskisormen keskiviivan jatkeelta, jossa medianus hermo käskyttää kämmenen pikkulihasta m. lumbricalis 2 ja ulnarisherma käskyttää pikkulihasta m. interossei 1. Kuvassa 9 on esitetty medianus- ja ulnarishermosten tuntoalueet kädessä.

Medianuksen ja ulnariksen motoristen vasteiden onsetlatensseja verrattiin keskenään. Sen perusteella voitiin todeta, onko stimuluksen ja mittauspaikan välillä hermopinnettä. Hermopinne on käytännössä aina karpaalitunnelissa kulkevassa medianushermossa, ja tällä mittaustavalla mittauksen herkkyys on yli 90 %.

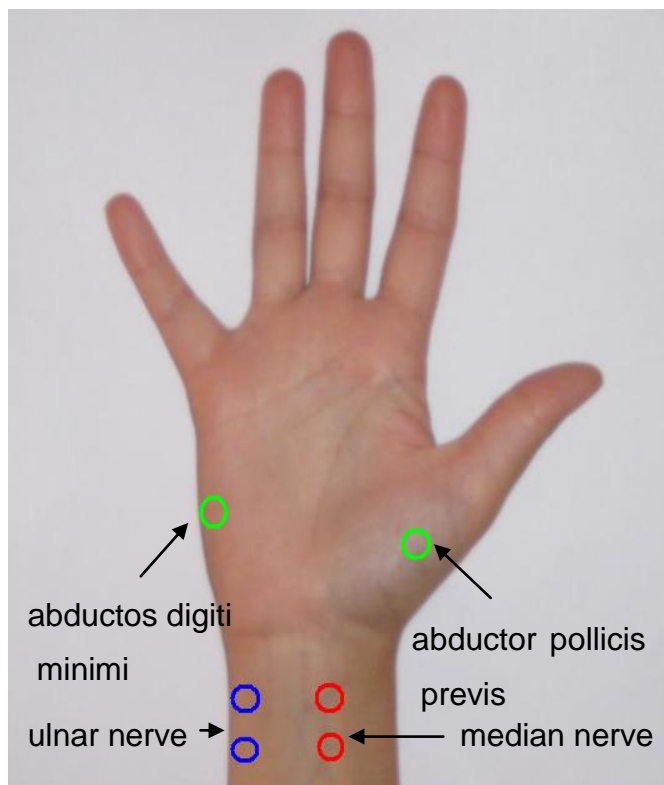


KUVA 8. Motorisen mittauksen stimulointi- ja rekisteröintikohdat



KUVA 9. Medianus- ja ulnarishermosten tuntoalueet kädessä (3)

Perinteisesti motorinen mittaus on tehty stimuloimalla erikseen medianus- ja ulnarishervoja ranteesta ja mittaamalla vasteet abductor pollicis previs -lihaksesta peukalon tyvestä sekä abductor digiti minimi -lihaksesta kämmensyrjästä (kuva 10). Medianuksen ja ulnariksen onsetlatensseja verrataan keskenään. Yleensä muutokset motorisessa vasteessa ilmenevät vahva-asteisessa hermopinteessä. Tämän mittaustavan herkkyys onkin vain noin 60 %.



KUVA 10. Motorisen mittauksen perinteiset stimulointi- ja rekisteröintikohdat

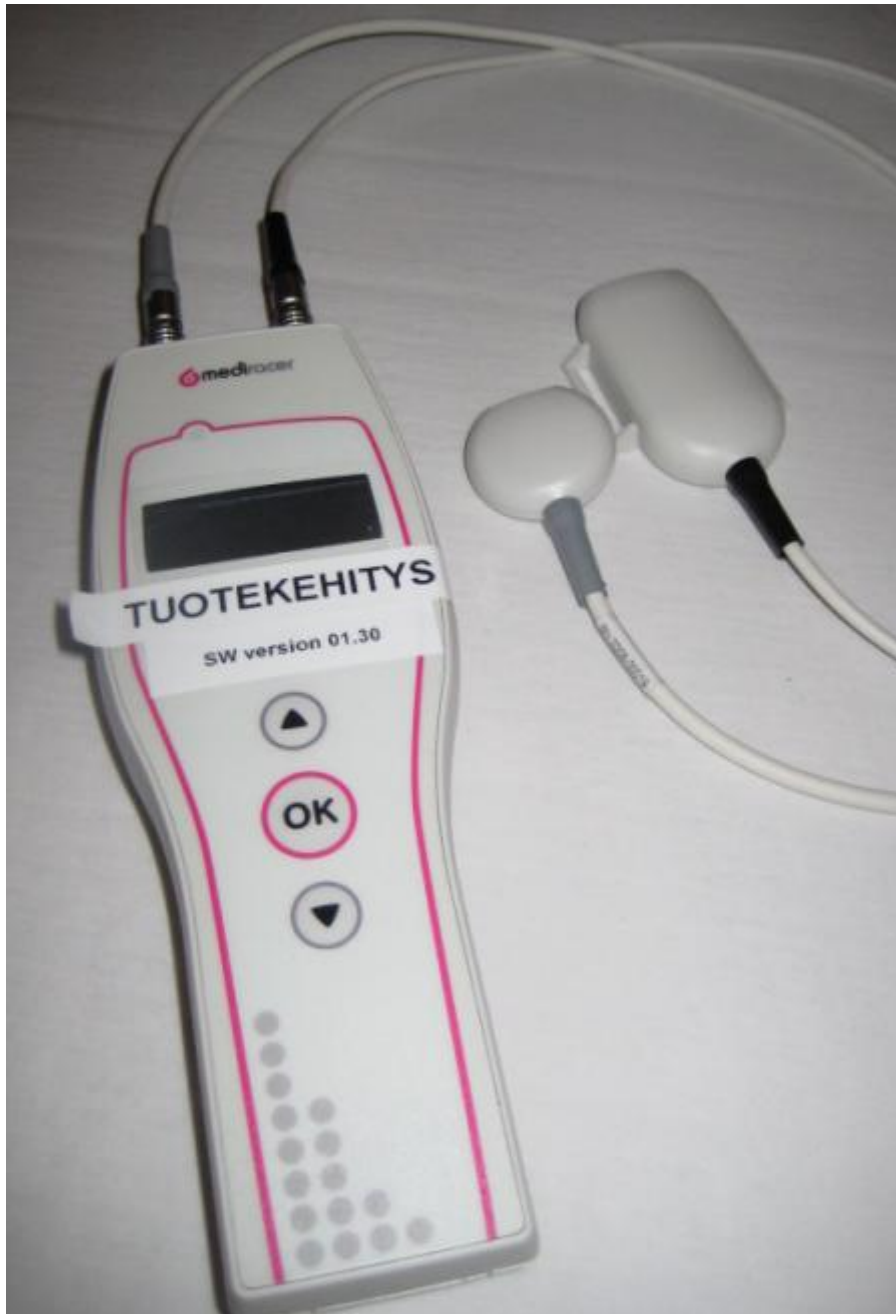
Mediracer-mittalaitteen soveltuvuutta motorisiin mittauksiin tutkittiin suorittamalla testimittaukset 10 miehelle ja 10 naiselle. Testimittauksissa käytiin ulnariksen kyynärpinteen (UNE) mittaukseen suunniteltuja protoelektrodeja, joita modifioitiin motorisiin mittauksiin sopivaksi leikkaamalla rekisteröintielektrodien välistä saksilla. Modifioimalla elektrodia sen väliä voitiin venyttää tarvittavalle etäisyydelle. Ennen testimittauksia laadittiin yksityiskohtainen mittausohje (liite 1), joka perusteella mittaukset suoritettiin. Mittaustapahtuman aikana tehtiin huomioita kaikista mittauksiin liittyvistä asioista ja kirjattiin ne. Testimittausten jälkeen tarkasteltiin, miten luotettavasti

mittaukset saatiin suoritettua. Testimittausten perusteella tehtiin tarvittavat muutokset elektrodiin ja ohjelmistoon sekä testattiin uusi elektrodi.

3.2 Laitteiston kuvaus

Mediracer-mittausjärjestelmän motorinen mittaus on suunniteltu rannekanavaoireyhtymätutkimuksen (CTS test, Carpal Tunnel Syndrome) tekemiseen. Tutkimuksessa käytetään kertakäyttöisiä pintaelektrodeja, jotka kiinnitetään potilaan käteen ihon pinnalle. Medianus- ja ulnarishermoja stimuloidaan ranteesta samalta etäisyydeltä sähköisellä pulssilla. Syntyneet lihasvasteet rekisteröidään kämmenestä, kämmenen puolivälistä keskisormen keskiviivan jatkeelta, jossa medianushermo käskyttää kämmenen pikkulihasta m. lumbricalis 2 ja ulnarishermo käskyttää pikkulihasta m. interrossei 1. Rekisteröidyt lihasvasteet siirtyvät automaattisesti bluetoothin välityksellä tietokoneelle, jossa on MAC-ohjelmisto (Mediracer Analysis Center). Dataa voidaan katsella näytöllä tai tulostaa paperille. Medianus- ja ulnarishermojen vasteita verrataan MAC-ohjelmassa keskenään. Sen perusteella voidaan todeta, onko stimuluksen ja mittauspaikan välillä hermopinnettä.

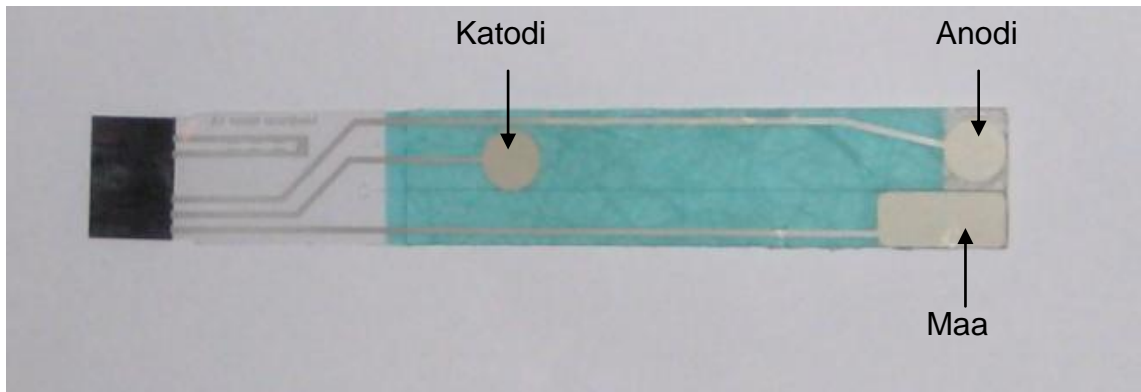
Mediracer-mittausjärjestelmä koostuu Mediracer-mittalaitteesta, Mediracer Analysis Center -ohjelmistosta ja kertakäyttöisistä pintaelektrodeista. Kuvassa 11 on Mediracer-mittalaite. Se on pienikokoinen herätevasteiden mittaamiseen suunniteltu laite. Mittalaitteen etupuolella on painikkeita, jotka ovat nuoli ylös, nuoli alas ja OK-painike. OK-painiketta käytetään käynnistämään mittalaite ja jatkamaan näytössä olevan viestin mukaisesti. Nuolipainikkeita käytetään stimulaatiotason säätelyyn ja navigointiin valikossa. Mittalaitteessa on pieni LCD-näyttö, joka informoi käyttäjää mittalaitteen eri toimintatiloista. Mittalaitteen yläosassa on liitännät stimulaatio- ja rekisteröintikaapeleille sekä laturille. Mittalaitteen pohjassa on navat, joilla mittalaite voidaan kytkeä telakkalaturiin.



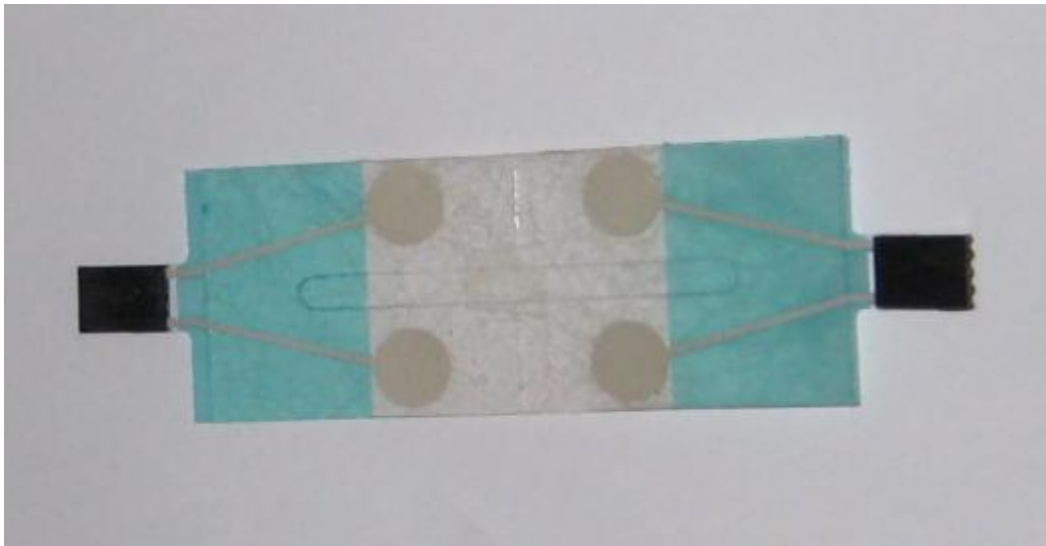
KUVA 11. Mediracer-mittalaite

Kertakäyttöisiä pintaelektrodeja käytetään hermojen stimuloimiseen ja lihasvasteiden rekisteröimiseen. Elektrodit on pakattu umpinaiseen pussiin, jotta ne eivät kuivuisi. Rekisteröintielektrodit ovat yksittäispakattuja. Stimulaatioelektrodeja pakkauksessa on kaksi. Elektrodit säilyvät pakkauksessa ilmoitettuun päivään asti, kun ne säilytetään pakkauspussissa, huoneen lämmössä ja suojassa auringon valolta. Kussakin pakkauspussissa on ilmoitettu elektrodin aktivointikoodi, jonka MAC-ohjelma kysyy, kun uusi tutkimus aloitetaan. Kuvassa 12 on rekisteröintielektrodi, johon on merkitty katodi, anodi

ja maa. Kuvassa 13 on stimulaatioelektrodi, joita on yhdessä pakkauksessa kaksi.



KUVA 12. Rekisteröintielektrodi

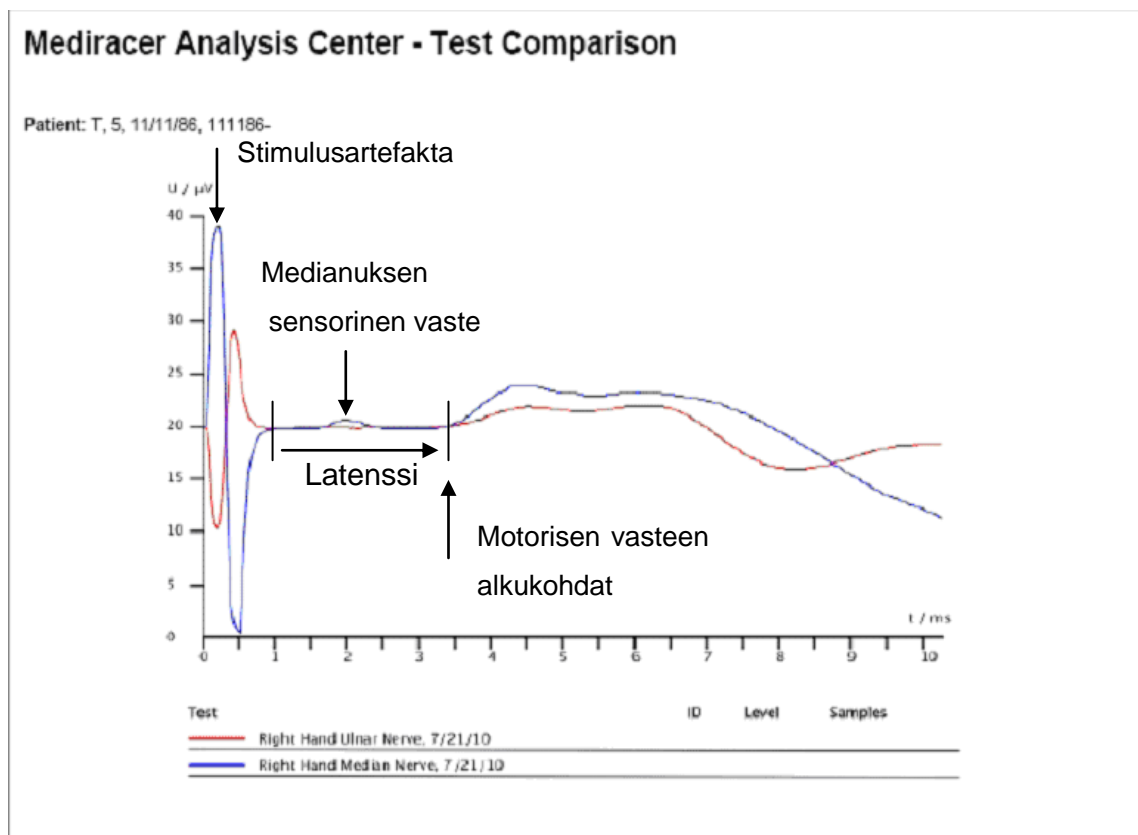


KUVA 13. Stimulaatioelektrodeja on pakkauksessa kaksi

Mediracer Analysis Center -ohjelmisto on suunniteltu CTS-testin suorittamista varten. MAC-ohjelmisto kommunikoi langattomasti mittalaitteen kanssa bluetoothin välityksellä. Ohjelmistoon tallentuvat tiedot potilaasta ja tutkimuksista vastekäyrineen. Tietoja voidaan selata myöhemmin. Vastekäyriä verrataan ohjelmassa keskenään, minkä perusteella voidaan todeta, onko stimuluksen ja mittauspainan välillä hermopinnettä.

CTS-testin tuloksia voidaan katsella tietokoneen näytöltä. Onnistuessaan motorisen mittauksen tuloksen tulisi näyttää kuvan 14 mukaiselta. Kuvaan 14

on merkitty punaisella ulnarishermon vastekäyrä ja sinisellä medianushermon vastekäyrä. Käyrän alussa on stimulusartefakta. Sinisessä käyrässä näkyy seuraavaksi medianuksen sensorinen vaste. Kuvaan on merkitty myös motorisen vasteen alkukohtat, jolloin lihasvaste on saapunut stimulaatiokohdasta rekisteröivään elektrodiin. Kuvan 14 koehenkilöllä aikaa stimuluksen saapumisesta rekisteröivään elektrodiin sekä medianus- että ulnarishermon kohdalla on kestänyt noin 3,5 ms. Terveessä kädessä motorisen vasteen alkukohtien tulisi olla suurin piirtein samassa kohdassa. Latenssi alkaa 0,1 ms:n kohdalta ja päättyy motorisen vasteen alkukohtaan.



KUVA 14. Motorisen mittauksen vastekäyrät terveessä kädessä

4 TESTIMITTAUKSET

4.1 Ensimmäinen testikierros

4.1.1 Menetelmien kuvaaminen

Ensimmäisen testikierroksen tavoitteena oli selvittää, soveltuuko Mediracer-mittalaite motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi. Mittauksiin valmistauduttiin tutustumalla mittauskäytäntöön sekä laatimalla yksityiskohtainen mittausohje (liite 2). Koehenkilöiden rekrytoimiseksi laadittiin sähköpostiviesti (liite 1).

Testimittaukset suoritettiin Mediracerin NSC -järjestelmällä. Mittaus suoritettiin stimuloimalla medianuksen ja ulnariksen hermorunkoja erikseen ranteesta samalta etäisyydeltä. Hermovasteet mitattiin kämmenestä, kämmenen puolivälistä keskisormen keskiviivan jatkeelta, jossa medianus hermo käskyttää kämmenen pikkulihasta m. lumbricalis 2 ja ulnarisherma käskyttää pikkulihasta m. interrossei 1. Medianuksen ja ulnariksen motoristen vasteiden onsetlatensseja verrattiin keskenään. Sen perusteella voitiin todeta, onko stimuluksen ja mittauspaikan välillä hermopinnettä. Mittaus oli noninvasiivinen.

Testimittauksissa käytettiin kertakäyttöistä pinta-elektrodia, joka oli ulnariksen kyynärpinteen (UNE) mittaukseen suunniteltu protoelektrodi. Stimulaatioelektrodin paikka etsittiin ensin mittaamalla ja sen oikea paikka varmistettiin tulkitsemalla käden liikkeestä, onko hermon käskemä lihas aktivoitunut kunnolla. Medianushermaa stimuloitaessa peukalo ja keskisormi liikkuvat ja ulnarishermaa stimuloitaessa pikkusormi ja nimetön liikkuvat. Stimulaatioelektrodia painettiin syvemmälle ihoon ja sitä liikuteltiin oikean paikan löytämiseksi. Lisäksi tulkittiin käyrää. Elektrodit kiinnitettiin kuvan 15 (medianusherma) ja kuvan 16 (ulnarisherma) mukaisesti.



KUVA 15. Stimulointi- (medianus) ja rekisteröintielektrodin kiinnitys



KUVA 16. Stimulointi- (ulnaris) ja rekisteröintielektrodin kiinnitys

4.1.2 Koehenkilöt

Mittauksiin osallistui 10 vapaaehtoista naista ja 11 vapaaehtoista miestä. Koehenkilöt identifioitiin juoksevalla numeroinnilla niin, että naiset merkittiin N1, N2...N10 ja miehet M1, M2...M11. Taulukossa 1 on esitetty kunkin koehenkilön sukupuoli, syntymävuosi, pituus, paino, kätisyys, mahdollinen diabetes, rekisteröintikohdan lämpötila sekä stimulaation voimakkuus. Älttäen koehenkilöt

olivat 23–62-vuotiaita. Kaikki koehenkilöt olivat oikeakätisiä ja kenelläkään ei ollut diabetesta.

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden tiedot

ID	mies	nainen	syntymä vuosi	pituus cm	paino kg	kätisyys	diabetes	lämpötila °C	stimulaatio medianus	stimulaatio ulnaris
M1	X		1986	175	86	oikea	ei	28,5	9	7
M2	X		1948	173	71	oikea	ei	31,7	10	10
M3	X		1984	174	65	oikea	ei	31,5	9	9
M4	X		1987	180	87	oikea	ei	30,1	9	8
M5	X		1986	181	81	oikea	ei	30,8	9	8
M6	X		1982	175	100	oikea	ei	30,5	10	10
M7	X		1978	180	96	oikea	ei	30,0	9	10
M8	X		1985	173	85	oikea	ei	31,3	7	11
M9	X		1977	190	97	oikea	ei	29,1	10	11
M10	X		1983	183	72	oikea	ei	28,7	10	10
M11	X		1985	179	84	oikea	ei	30,0	10	10
N1		X	1987	158	57	oikea	ei	28,8	8	7
N2		X	1973	162	73	oikea	ei	29,0	8	7
N3		X	1975	169	63	oikea	ei	30,2	7	7
N4		X	1981	175	92	oikea	ei	30,8	10	10
N5		X	1984	160	62	oikea	ei	30,2	6	5
N6		X	1979	160	66	oikea	ei	27,2	10	10
N7		X	1967	160	67	oikea	ei	28,2	11	11
N8		X	1975	168	67	oikea	ei	26,3	10	10
N9		X	1986	159	57	oikea	ei	30,3	5	6
N10		X	1983	165	55	oikea	ei	26,3	7	7

4.1.3 Testauksen kulku

Testimittaukset suoritettiin 14.–16.4.2010 sekä 21.–23.4.2010. Mittaukset suoritettiin yhteistyössä Janika Kieleväisen kanssa, joka mittasi kyynärhermon pinnettä.

Mittauksia varten varattiin koululta tila, jossa oli tutkimussänky. Koehenkilö tuli saada puolimakaavaan asentoon, jolloin lihakset olivat mahdollisimman rentona ja lihasjännitys voitiin minimoida. Koehenkilön saapuessa mittauksiin häntä pyydettiin käymään sängylle. Tämän jälkeen koehenkilöä pyydettiin antamaan itsestään edellä mainitut tiedot. Lisäksi mitattiin koehenkilön ihon lämpötila rekisteröintikohdasta. Koehenkilöt identifioitiin juoksevalla numeroinnilla.

Mittaukset suoritettiin koehenkilön dominoivasta kädestä. Aikaa kuhunkin mittaukseen oli varattu noin tunti kutakin koehenkilöä kohden.

Testauksen aikana laitteiston kanssa oli erinäisiä ongelmia, kuten tietokoneen kaatuminen joidenkin mittauksien aikana ja akun loppuminen mittalaitteesta jo kolmannen testihenkilön jälkeen. Lisäksi bluetoothyhteys mittalaitteen ja tietokoneen välillä ei aina muodostunut heti. Ongelmat korjattiin käynnistämällä tietokone uudelleen ja lataamalla mittalaitetta aina jokaisen testihenkilön jälkeen. Yleensä tietokone sai yhteyden mittalaitteeseen pienen odottamisen jälkeen. Joissakin tapauksissa bluetooth täytyi käyttää irti tietokoneesta ja kiinnittää se uudelleen, jolloin yhteys muodostui. Yhden kerran tietokone jumittui käynnistettäessä. Bluetoothin poistaminen auttoi tähänkin ongelmaan ja kone käynnistyi normaalisti.

Yhden koehenkilön mittauksessa oli ongelmia elektrodin tarttumisen kanssa, koska hänen kätensä olivat nihkeät. Koehenkilöä pyydettiin pesemään ja kuivaamaan kätensä, minkä jälkeen elektrodi pysyi kiinni hyvin. Muutaman koehenkilön ulnarisherma oli todella vaikea löytää, mutta liikuttelemalla ja painamalla stimulaatioelektrodiä syvemmälle ulnarisherma löytyi ja oikeat lihakset aktivoituivat. Joidenkin koehenkilöiden käsi oli niin iso, että stimulaatioelektrodi jouduttiin kiinnittämään kauemmas kuin 7 cm kämmenen keskipisteestä, kuitenkin yhtä kauas sekä medianus- että ulnarishermon kohdalla. Iso käsi aiheutti myös sen, että rekisteröintielektrodi joutui venytykseen ja melkein irtosi.

4.1.4 Tulosten analysointi

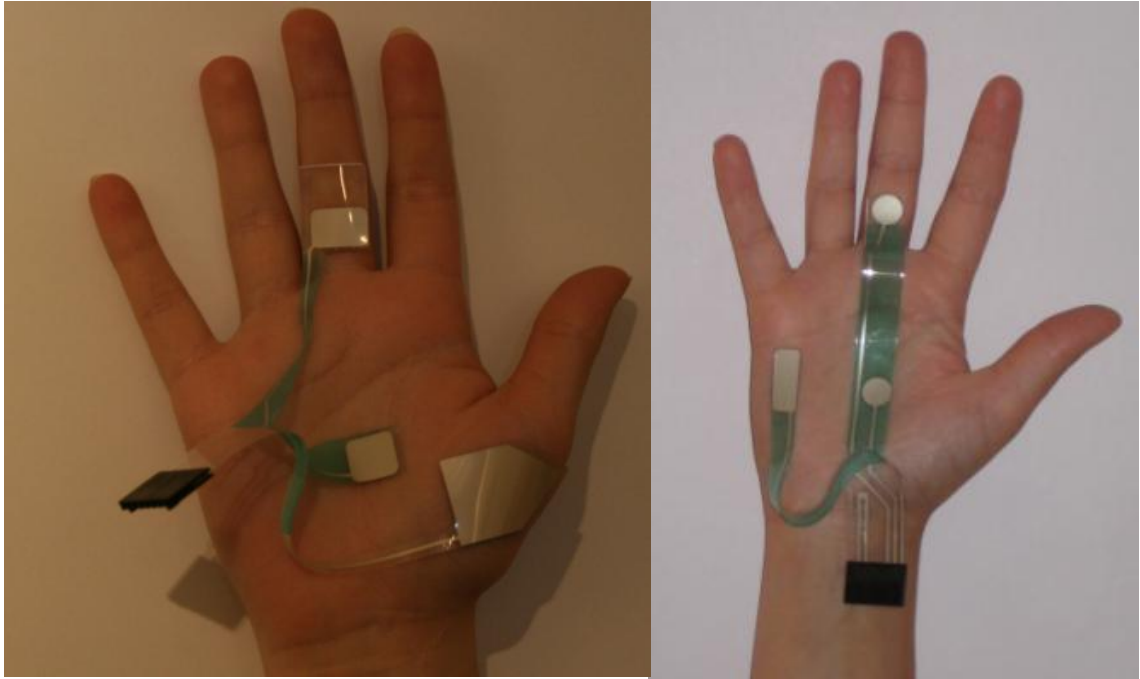
Kaiken kaikkiaan testimittaukset sujuivat hyvin. Lähes kaikilta koehenkilöiltä saatiin tulkittavat hyvät vasteet. Kahdessa mittauksessa (koehenkilöt M1 ja N7) stimulointielektrodi ei ollut täysin oikeassa pisteessä medianushermaa mitattaessa ja vastekäyrä on lähtenyt alussa alaspäin, vaikka se kuuluisi lähteä ylöspäin. Näin ollen medianushermon latenssia ei voitu määrittää. Yhdessä mittauksessa (koehenkilö M6) rekisteröintielektrodi on ollut väärässä kohdassa. Kaikkien koehenkilöiden vastekäyrät ja niiden analyysit ovat liitteessä 4.

Testauksen perusteella voitiin todeta, että Mediracerin NSC -järjestelmä soveltuu motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi.

4.2 Mittausoption kehitys

4.2.1 Motorisen mittauksen elektrodisuunnittelu

Motorisiin mittauksiin ei ollut valmiina siihen tarkoitettua rekisteröintielektrodia, vaan testimittauksissa käytettiin UNE-mittaukseen (ulnariksen kyynärpinteen mittaukseen) suunniteltua protoelektrodia. Motorisia mittauksia varten täytyi siis suunnitella kokonaan uusi motorisiin mittauksiin soveltuva rekisteröintielektrodi. Myös stimulointielektrodiin täytyi tehdä muutoksia. Testimittausten aikana stimulointielektrodissa oli liian vähän liimapintaa ja elektrodit olivat liian lähellä kiinnityskohtaa, joten mittalaitteen kytkentäkaapelit vedättivät elektrodia irti. Ongelma ratkaistiin suurentamalla stimulointielektrodin liimapintaa ja siirtämällä elektrodin kontaktialueet kauemmas liittimestä. Sekä stimulointi- että rekisteröintielektrodit suunniteltiin niin, että ne soveltuvat sarjatuotantoon. Elektrodit valmistaa Screentec Oy. Kuvassa 17 on esitetty vanha UNE-mittaukseen suunniteltu protoelektrodi (vasemmalla) ja uusi motorisia mittauksia varten suunniteltu elektrodi (oikealla).



Kuva 17. Vasemmalla vanha ja oikealla uusi elektrodi

MAC-ohjelmassa tulee muuttaa mittausvasteen graafiasteikon skaala vastaamaan mitatun vasteen todellista lukemaa. Nykyinen skaala on sensorisia mittauksia varten ja siten väärä motorisille vasteille, jotka ovat noin 500 kertaa isompia. Skaalaus voitaisiin tehdä vertaamalla samalla elektrodikiinnityksellä Mediracerin ja Keypointin laitetta usealla perättäisellä mittauksella vuorotellen ilman, että elektrodeja irrotetaan välillä. Keypoint on yleiskäyttöinen laite hermo- ja lihasvastemittausten tekemiseksi. Keypointilla mitattaessa pitää käyttää adapteria Mediracer-elektrodin kytkemiseen. Keypointin amplitudilukemien avulla määritetään skaala MAC-graafiin. Skaalan voi mahdollisesti mittauttaa myös ulkopuolisella palveluntarjoajalla, mikäli halutaan saada kalibroitu mittausarvo amplitudille.

4.2.2 Ohjelmiston virheet ja muut muutokset

Ohjelma kaatui kesken mittauksen tilanteessa, jossa ulnarishermon vastetta mitattiin mittausohjeen mukaisesti. Kun mittaus oli aloitettu ja vaste saatu tietokoneen näytölle, tietokone jumittui. Koneelle ei siirtynyt tietoa mittalaitteelta, vaikka mittaus oli vielä käynnissä. Tietokone jumittui ja se jouduttiin käynnistämään uudestaan.

Motorisen mittauksen tietoja ei voinut muuttaa enää käyrän mittauksen jälkeen. Jos mitatun käyrän tietoja muutti ja tallensi muutokset, ohjelma tuhosi mitatun käyrän ja tallensi vain muutetut tiedot.

MAC-ohjelman tulisi antaa motorisille mittauksille juokseva sarjanumero, jotta mittausten selaaminen olisi helpompaa. Level- ja Samples-tiedot voisi poistaa motorisen mittauksen graafista.

Mittaus tulisi aina käynnistää ensin tietokoneelta ja vasta sen jälkeen mittalaitteesta. Jos teki toisin päin, kesti kauan, että tietokone löysi mittalaitteen. Lisäksi, jos mittalaitteessa oli vähän virtaa, tietojen siirtäminen koneelle oli hidasta.

Keskeytä-painike ei toiminut halutulla tavalla. Jos käynnissä olevan mittauksen halusi keskeyttää, se ei onnistunut Keskeytä-painikkeesta. Keskeytä-painikkeesta painamalla kone jumittui, jolloin se jouduttiin käynnistämään uudestaan.

Ohjelman käyttöliittymää voisi selkiyttää jonkin verran. Joitakin toimintoja pystyi suorittamaan kahdesta eri painikkeesta. Painikkeet oli nimetty eri tavalla, esimerkkinä Save as new- ja Save this file -painikkeet. Silti niistä tapahtui täysin sama toiminto. Olisi loogisempaa, että yhdelle toiminnolle olisi vain yksi painike.

Käyttöliittymää olisi helpompi käyttää, jos siinä edettäisiin aina ylhäältä alas. Tällä hetkellä yläpalkissa on painikkeet, joista voi aloittaa mittauksen, muokata tietoja yms. Olisi käytännöllisempää, jos tämä palkki olisi sijoitettuna kiinteästi sivun alaosaan. Silloin edettäisiin aina järjestelmällisesti ylhäältä alas.

4.2.3 Huomiot laitteen käytöstä

Motorisia vasteita mitattaessa ulnaris- ja medianushermosta tulisi erityisesti kiinnittää huomiota siihen, että hermon käskemä lihas aktivoituu kunnolla. Lisäksi täytyy pystyä seuraamaan ja tulkitsemaan käyrää sen verran, että osaa arvioida, onko stimulaatioelektrodi oikeassa kohdassa eli hermon päällä.

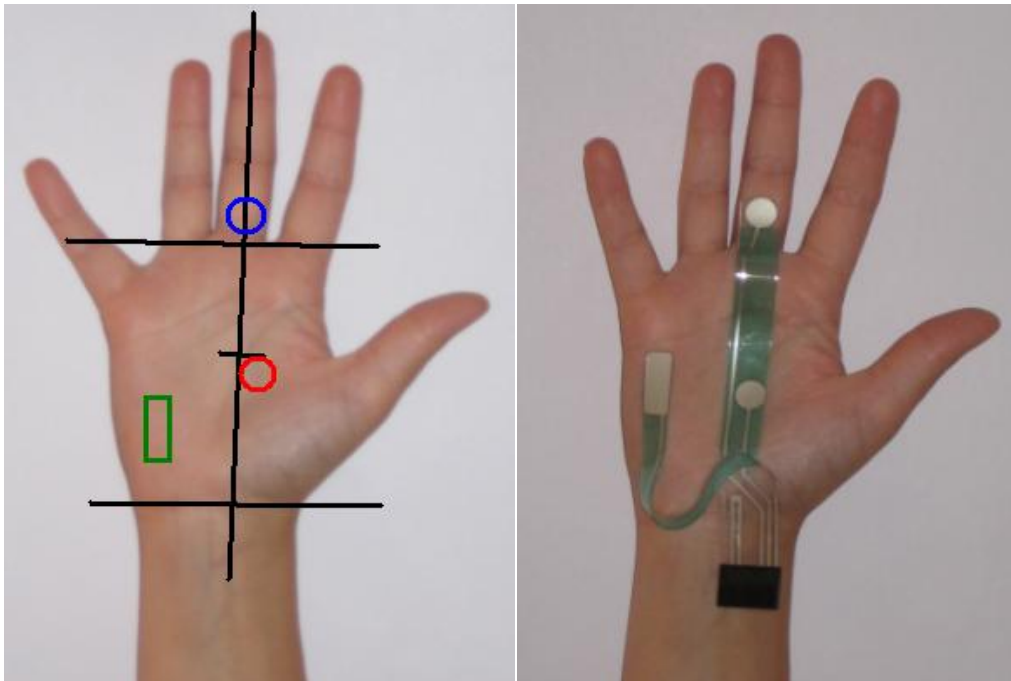
Stimulointielektrodia voidaan liikuttaa hieman ihon liikkua mukana ja siten hakea tarkka paikka stimulaatiokohdalle, jossa mittausvaste on suurin.

4.3 Toinen testikierros

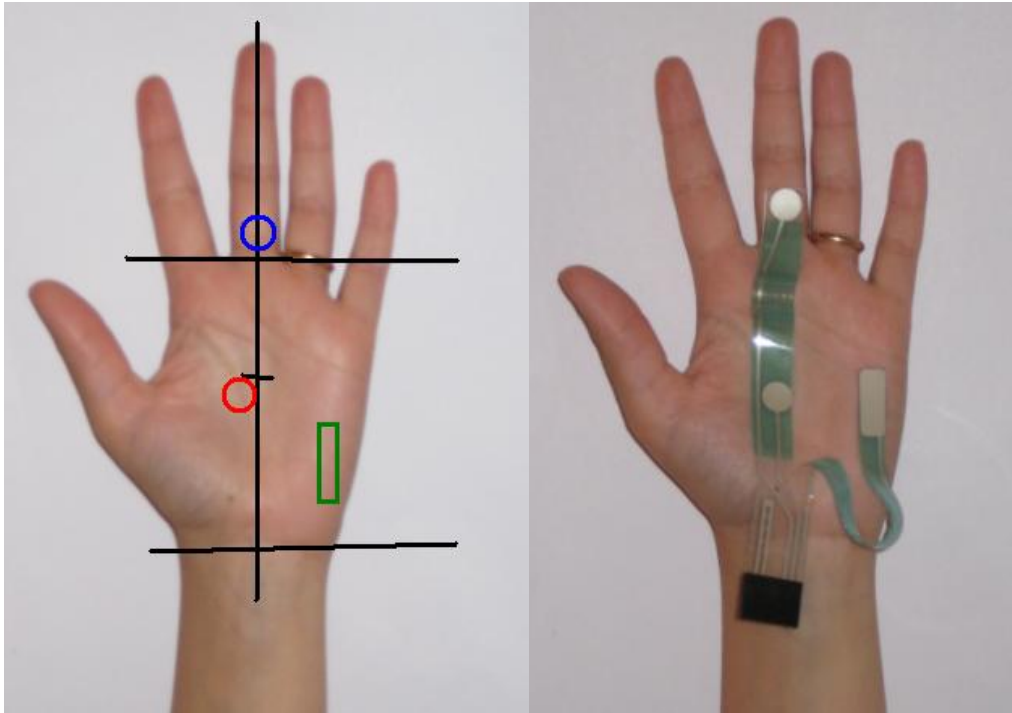
4.3.1 Menetelmien kuvaaminen

Toisella testikierroksella tavoitteena oli testata uutta motorisiin mittauksiin suunniteltua elektrodia. Mittauksia varten päivitettiin mittausohjetta (liite 3).

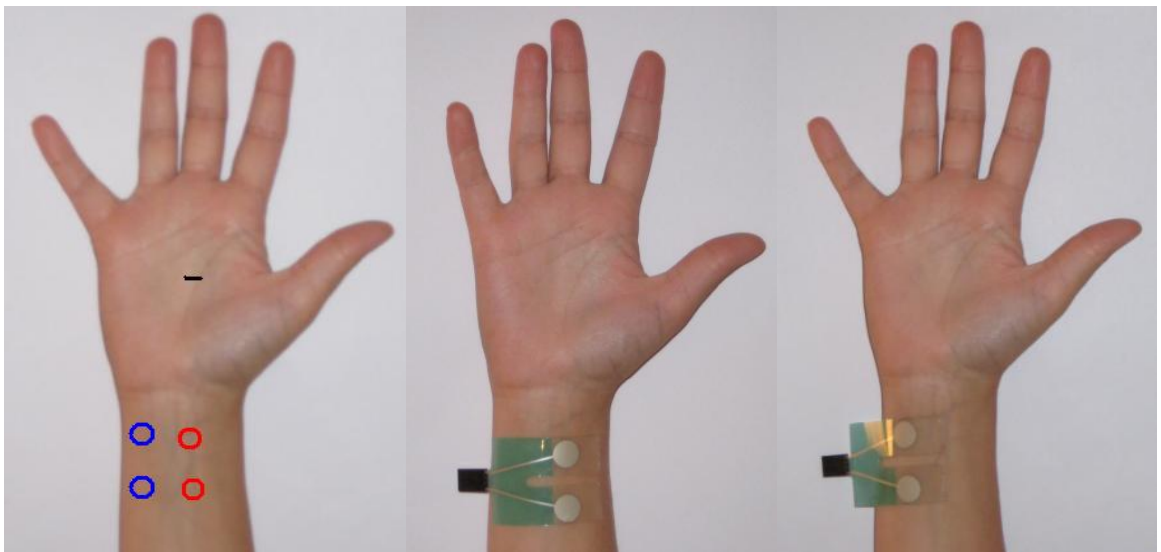
Testimittaukset suoritettiin kuten ensimmäiselläkin testikierroksella. Testimittauksissa käytettiin kertakäyttöistä pintaelektrodia, joka oli motorista mittausta varten suunniteltu. Rekisteröintielektrodit kiinnitettiin kuvien 18 ja 19 mukaisesti. Stimulointielektrodit kiinnitettiin kuvien 20 ja 21 mukaisesti.



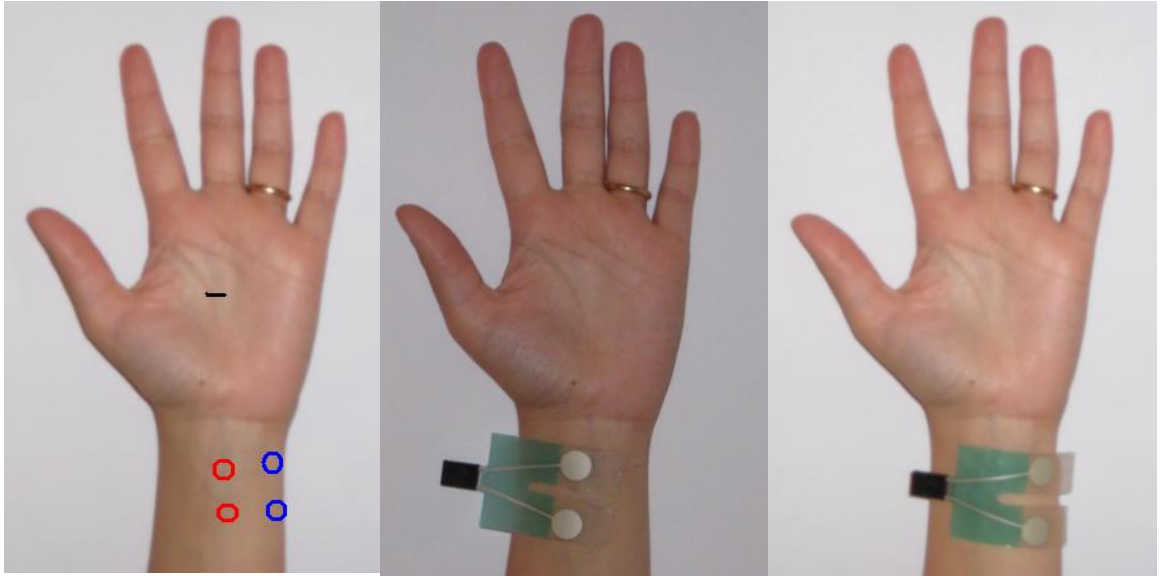
KUVA 18. Rekisteröintielektrodin paikka, oikea käsi



KUVA 19. Rekisteröintielektrodin paikka, vasen käsi



KUVA 20. Stimulaatioelektrodin paikka, oikea käsi



KUVA 21. Stimulaatioelektrodin paikka, vasen käsi

4.3.2 Koehenkilöt

Mittauksiin osallistui 10 vapaaehtoista, joista naisia oli 6 ja miehiä 4. Koehenkilöt identifioitiin juoksevalla numeroinnilla t1–t10 niin, että naiset merkittiin pienelle t-kirjaimella ja miehet isolla T-kirjaimella. Taulukossa 2 on esitetty kunkin koehenkilön sukupuoli, syntymävuosi, pituus, paino, kätisyys, mahdollinen diabetes, rekisteröintikohdan lämpötila sekä stimulaation voimakkuus. Iältään koehenkilöt olivat 24–53-vuotiaita. Yhdeksän kymmenestä koehenkilöstä oli oikeakätisiä. Kenelläkään koehenkilöistä ei ollut diabetesta.

TAULUKKO 2. Koehenkilöiden tiedot

ID	mies	nainen	syntymä vuosi	pituus cm	paino kg	kätisyys	diabetes	lämpötila °C	stimulaatio medianus	stimulaatio ulnaris
T1	X		1985	179	83	oikea	ei	34,2	23	30
t2		X	1986	159	57	oikea	ei	36,2	20	20
t3		X	1958	174	56	oikea	ei	21,5	26	18
t4		X	1986	158	50	vasen	ei	35,5	18	18
T5	X		1986	180	70	oikea	ei	36,0	20	18
T6	X		1957	175	81	oikea	ei	36,5	20	21
t7		X	1986	161	50	oikea	ei	35,0	24	13
T8	X		1983	181	69	oikea	ei	36,8	22	26
t9		X	1987	168	68	oikea	ei	35,2	25	28
t10		X	1984	160	62	oikea	ei	35,4	21	16

4.3.3 Testauksen kulku

Testimittaukset suoritettiin 1.7–30.7.2010. Mittaukset suoritettiin kunkin koehenkilön kotona. Mittaukset suoritettiin koehenkilön istuessa sohvalla tai pöydän ääressä, käsi tuettuna pöytää vasten. Koehenkilöltä pyydettiin samat tiedot kuin aikaisemminkin. Lisäksi mitattiin koehenkilön lämpötila rekisteröintikohdasta. Koehenkilöt identifioitiin juoksevalla numeroinnilla. Mittaukset suoritettiin koehenkilön dominoivasta kädestä. Aikaa kuhunkin mittaukseen oli varattu noin tunti kutakin koehenkilöä kohden.

Testauksen aikana kaikki laitteet toimivat hyvin. Tietokone ei kaatunut kertaakaan, kuten ensimmäisellä testikierroksella, ja mittalaitteessa akku riitti hyvin. Myös bluetoothyhteys toimi moitteettomasti.

Testimittaukset sujuivat hyvin ja lähes kaikilta koehenkilöiltä saatiin tulkittavat hyvät vasteet. Kahdella koehenkilöllä (T1, t7) parempi mittaustulos olisi saatu suuremmalla vahvistuksella. Molemmat mittaustulokset ovat kuitenkin tulkittavia. Yhdellä koehenkilöllä (t3) mitatussa käyrässä ilmeni häiriötä. Koehenkilö koki mittauksen hyvin epämiellyttäväksi, joten häiriö saattoi olla liike- tai jännitysartefaktaa. Häiriötä yritettiin poistaa mittausten aikana muuttamalla mittauspaikkaa toiseen huoneeseen sekä rentouttamalla koehenkilöä. Häiriötä ei saatu poistettua, mutta siitä huolimatta vasteet ovat luettavissa ja normaalit. Mittauksen jälkeen huomattiin, että todennäköisempi syy häiriöön on mahdollisesti se, ettei mittalaitteen kytkentäkaapeli ollut kunnolla kiinni elektrodissa. Joillakin koehenkilöillä ulnaris- ja medianushermon oli vaikea löytää, mutta liikuttelemalla ja painamalla stimulaatioelektrodia syvemmälle hermot löytyivät ja oikeat lihakset aktivoituivat. Kaksi koehenkilöä koki mittauksen niin epämiellyttäväksi, ettei mittausta voitu viedä loppuun, joten heidän tuloksiaan ei otettu käsittelyyn ollenkaan. Heidän tilalleen valittiin uudet koehenkilöt.

4.3.4 Tulosten analysointi

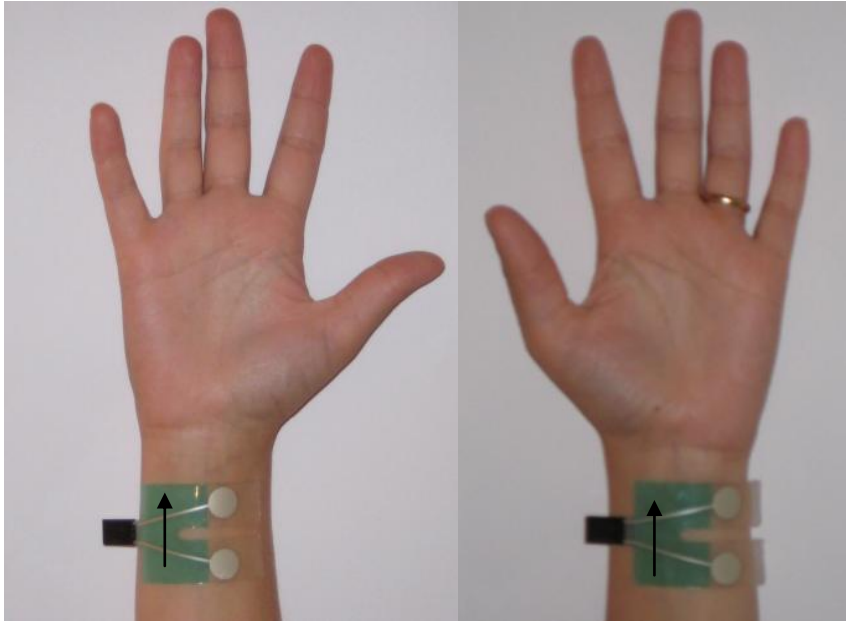
Testimittaukset sujuivat hyvin myös toisella testikierroksella. Lähes kaikilta koehenkilöiltä saatiin tulkittavat hyvät vasteet. Yhdessä mitatussa (koehenkilö

t3) signaalissa oli paljon häiriötä. Häiriö voi johtua jännittämisestä, mutta todennäköisempi syy häiriölle oli se, ettei mittalaitteen kytkentäkaapeli ollut kunnolla kiinni elektrodissa. Kaikkien koehenkilöiden vastekäyrät ja niiden analyysit ovat liitteessä 5.

Mittausten perusteella voidaan todeta, että motorinen mittaus uutena mittaustekniikkana rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi toimii kohtalaisesti. Medianuksen mittaus toimii jopa hyvin, mutta ulnariksen vasteet ovat vaihtelevampia. Kaikkiaan tällä tekniikalla medianuksen vasteet ovat kautta linjan hyviä ja tulkittavia. Ulnariksen vasteen alku tällä vahvistuksella ei ole aina niin selvä kuin medianuksen alku. Joissakin mittauksissa ulnarisvaste oli korkeampi kuin medianusvaste.

Uusi motorista mittausta varten suunniteltu elektrodi toimi erinomaisesti. Rekisteröintielektrodi oli järkevä ja helppo kiinnittää. Elektrodin liimapinta tarttui hyvin ja pysyi hyvin kiinni koko mittauksen ajan. Myös stimulaatioelektrodi toimi erinomaisesti. Elektrodi oli helppo asettaa oikeaan kohtaan. Liimapintaa suurentamalla elektrodi pysyi hyvin kiinni sekä siirtämällä elektrodit kauemmaksi kaapelin kiinnityskohdasta se ei enää vedettänyt irti.

Stimulaatioelektrodiin voisi vielä lisätä merkit helpottamaan sen kiinnitystä oikein päin. Katodi on suunnattava kohti rekisteröivää elektrodia, joten nuolella voitaisiin merkitä, miten päin elektrodi kiinnitetään. Kuvassa 22 on stimulaatioelektrodi ja siihen lisättävä nuoli. Elektrodi kiinnitetään niin, että nuoli osoittaa aina ylöspäin kohti rekisteröivää elektrodia.



KUVA 22. Stimulaatioelektrodi ja siihen lisättävä nuoli, oikea ja vasen käsi. Nuoli osoittaa aina ylöspäin kohti rekisteröivää elektrodiä.

5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää, soveltuuko Mediracer-mittalaite motoristen mittausten suorittamiseen rannekanavaoireyhtymän diagnosoimiseksi, ja tuotteistaa motorinen mittaus. Tavoitteena oli tehdä mittaussopio olemassa olevaan laitteistoon käytettäväksi sellaisille henkilöille, jotka eivät ole alan spesialisteja.

Mittausten perusteella voidaan todeta, että mittaustekniikkana motorinen mittaus sopii kohtuudella rannekanavaoireyhtymään liittyvän medianusvaurion osoittamiseen. Kuitenkin käyttö vaatii sitä, että signaalin tulkitsee sen tulkintaan koulutettu henkilö - lähinnä kliininen neurofysiologi. Lisäksi mittaustekniikkaa tulisi testata vielä potilasaineistossakin, koska siellä vasteet ovat vaimeampia, jolloin mittaukselta vaaditaan enemmän. Mittaustekniikkaa voisi kehittää eteenpäin siten, että laite sisältäisi mahdollisuuden lisätä vahvistusta, jolloin vasteiden alkukohdat voisi luotettavammin määrittää.

Motorisen mittauksen suorittamiseksi laadittiin yksityiskohtainen mittaushje. Mittaushjeessa on pyritty selkeästi kuvia apuna käyttäen, vaihe vaiheelta opastamaan mittaustapahtuma. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että jotkut asiat voi oppia vain käytännön kautta mittauksia tekemällä. Mittausta suorittaessa täytyy osata tulkita käden liikkeestä, ovatko oikeat lihakset aktivoituneet kunnolla, jolloin stimulaatioelektrodi on oikeassa pisteessä hermon päällä sekä stimulaatiovoimakkuus on riittävä. Myös käyrää ja sen muotoa on osattava tulkita. Käyrän muodosta on arvioitava, onko stimulaatioelektrodi oikeassa kohdassa hermon päällä. Stimulaatioelektrodin oikeaa kohtaa, jossa mittausvaste on suurin, voidaan hakea liikuttelemalla elektrodia hieman ihon liikkeessa mukana. Myös rekisterielektrodi voi olla väärässä kohdassa vaikka sen kiinnittäisikin mittaushjeen mukaan. Jos rekisterielektrodin on kiinnitetty väärään kohtaan, se näkyy käyrässä. Tulos voi olla virheellinen, jos vaste ei lähde suoraan perusviivasta ylöspäin. Elektrodin siirtäminen muutaman millimetrin voi auttaa ongelmaan.

Vaikka mittausohjeet ovat selkeät, olisi kuitenkin suotavaa, että mittalaitteen käyttöön annetaan jonkinlainen koulutus tai perehdytys. Mittausjärjestelmän käyttö onnistunee laadittujen ohjeiden mukaisesti henkilöltä, joka ei ole alan spesialisti, kunhan hän saa perehdytyksen laitteen käyttöön.

Uusi motorisia mittauksia varten suunniteltu elektrodi toimi hyvin. Rekisteröintielektrodi on helppo asettaa oikealle kohdalle. Stimulaatioelektrodi taas pysyy hyvin kiinni suurennetun liimapinnan avulla. Stimulaatioelektrodien kokoa voisi vielä tarkemmin miettiä. Voisi tutkia, minkä kokoinen elektrodi olisi optimaalisin. Elektrodin tulisi olla tarpeeksi suuri, että se on helppo asettaa oikealle kohdalle. Toisaalta liian suuri elektrodipinta stimuloi muutakin kuin vain halutun hermon.

On muistettava, vaikka motorinen mittaus soveltuu kohtuudella rannekanavaoireyhtymään liittyvän medianusvaurion osoittamiseen, että se ei ainoana keinona riitä rannekanavaoireyhtymädiagnoosin antamiseen. Motorinen mittaus on hyvä lisä rannekanavaoireyhtymädiagnoosin varmentamiseen, kun potilaalla on ollut oikeanlaiset oireet sekä provokaatiotestin poikkeavuus tai kliininen löydös.

Kokonaisuudessaan työ oli sopivan haastava ja mielenkiintoinen. Mielestäni se vastasi hyvin hyvinvointiteknologian insinöörin mahdollisia työtehtäviä. Työ on opettanut, miten tuotekehitysprojekti etenee. Uskonkin, että voin hyödyntää oppimiani taitoja tulevaisuudessa insinöörin työtehtävissä.

LÄHTEET

1. Mediracer. Saatavissa: <http://www.mediracer.com/>. Hakupäivä 20.8.2010.
2. Saarelma, Pentti 2009. Rannekanavaoireyhtymä. Lääkärikirja Duodecim. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00770. Hakupäivä 27.10.2010.
3. Tolonen, Uolevi. Rannekanavaoireyhtymä, Tietoa tutkijalle. Käsikirjoitus. Mediracer.
4. Vastamäki, Martti - Vastamäki, Heidi 2009. Yleisimpien hermopinteiden nykyiset leikkausaiheet. Katsaus. Saatavissa: http://www.sairaalaorton.fi/missa_kipu/kasi_olka/sairaudet/fi_FI/hermopinne/_files/81964604357767019/default/Yleisimpien%20hermopinteiden%20nykyiset%20leikkausaiheet.pdf. Hakupäivä 19.10.2010.
5. Käden ja kynnärvarren rasitussairaudet, 2007. Saatavissa: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/naytaartikkeli/tunnus/hoi50055>. Hakupäivä 1.11.201.
6. Häkkinen, Veikko – Lang, Heikki – Larsen, T. Andreo – Partanen, Juhani 1991. Sähköiset hermomme, Neuromuskulaarijärjestelmän toiminnan ja tautien kliinisneurofysiologiset tukimukset. Suomen Kliinisen neurofysiologian yhdistys ry.
7. Falck, Björn – Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Partanen, Juhani – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi 2006. Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

LIITTEET

LIITE 1. Rekrytointiviesti

LIITE 2. Mittausohje 1

LIITE 3. Mittausohje 2

LIITE 4. Tulokset, ensimmäinen testikierros

LIITE 5. Tulokset, toinen testikierros

Koehenkilöitä kaivataan!

Tarvitsemme koehenkilöksi 10 miestä ja 10 naista opinnäytetyöhömme. Mittaukset suoritetaan viikoilla 15 ja 16: keskiviikkona iltapäivällä (14. ja 21. päivä) sekä torstaina ja perjantaina (15-16. ja 22.-23. päivä). Mittaus kestää noin puoli tuntia ja suoritetaan ryhmätilassa 2330. Vapaat mittauspäivät ja ajat voit tarkistaa tuolta <http://www.students.oamk.fi/~t5kija00/oppari.html>

Mittaukset suoritetaan Mediracer-laitteella, joka on suunniteltu rannekanavaoireyhtymän todentamiseen. Kyseessä on siis enmg-mittaus. Testimittauksemme on kaksiosainen. Ensin suoritetaan medianuksen hermopinteen motorinen mittaus stimuloimalla ranteesta ja rekisteröimällä kämmenestä. Toisena mittauksena on kyynärhermon pinteen mittaus, joka tapahtuu stimuloimalla ranteesta ja mittaamalla stimulaatiovaste kyynärpäähän yläpuolelta sekä alapuolelta.

Testihenkilön toivotaan varautuvan t-paidalla tai muulla lyhythihaisella paidalla. Lisäksi olisi suotavaa, ettei iho olisi kovin rasvainen ja likainen, jotta elektrodit pysyisivät kiinni. Käsien pesu olisikin suotavaa ennen mittausta.

Tämä on hyvä mahdollisuus nähdä, mitä hyvinvointiteknologia on käytännössä.

Yhteydenotot ja mittausajan varaus sähköpostitse osoitteeseen t5kija00@students.oamk.fi

Terveisin

Janika Kieleväinen ja Riikka Hakkarainen

Mittausohje

1. Kirjaudu sisään

2. Lisää uusi potilas

-nimen kohdalle naisille N1-10 ja miehille M1-10

-valitse sukupuoli

-syntymä vuosi

-pituus

-paino

-kätisyys

-diabetes

-> tallenna uutena

3. Lisää uusi tutkimus

-Lisää elektrodin aktivointikoodi

-valitse CTS motorinen

-oirepuoli

->tallenna

4. Lisää mittaus

-mitataan koehenkilön lämpötila kädestä ja merkitään se lisätietoihin

Rekisteröintielektrodin asetus

-mitataan kämmenen puoliväli asettamalla mittanauha kulkemaan keskisormen keskeltä, merkitään piste

-asetetaan katodi pisteen päälle (aktiivi)

-asetetaan anodi keskisormeen

-kiinnitä maa



Stimulointielektrodin asetus (medianus)

- asetta vahvistus 75 dB
- mittaa kämmenen puolivälin pisteestä noin 7 cm medianushermoon päin. Merkitään piste.
- asetetaan elektrodin miinus napa pisteen päälle niin että se on lähempänä kämmentä kuin plus napa.



Stimulointielektrodin asetus (ulnaris)

-asetta vahvistus 50 dB

-mittaa kämmenen puolivälin pisteestä noin 7 cm ulnarishermoon päin. Merkitään piste.

-asetetaan elektrodin miinus napa pisteen päälle niin että se on lähempänä kämmentä kuin plus napa.



-tallenna mittaus

5. Mittauksen käynnistäminen

-Aloitetaan mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia.

-Katsotaan, että tietokoneen näytölle ilmestyy käyrä, jolloin mittalaite on saanut yhteyden tietokoneeseen.

-Lisätään stimulaation voimakkuutta mittalaitteen ylöspäin nuolesta. Lisää tasoa niin kauan että kädessä on selkeä liike.

-Medianushermaa stimuloitaessa peukalo ja keskisormi liikkuvat.

-Ulnarishermaa stimuloitaessa pikkurilli ja nimetön liikkuvat.

-Käynnistetään mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia.

6. Mittauksen lopettaminen

- Seurataan että kädessä on oikea liike
- Seurataan tietokoneen näytöllä olevaa käyrää. Kun käyrä ei kasva enää ja näyttää hyvältä lopetetaan mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia.

Motorisen mittauksen ohje

1. Sisään kirjautuminen

Kirjaudu sisään antamalla käyttäjätunnus ja salasana

2. Uuden potilaan lisääminen

Uusi potilas lisätään New patient -painikkeesta. Kirjaa seuraavat tiedot potilaasta: nimi, sukupuoli, syntymäaika, pituus, paino, kätisyys ja diabetes. Tallenna potilas Save as new -painikkeesta.

3. Uuden tutkimuksen lisääminen

Uusi tutkimus lisätään New examination -painikkeesta. Lisää elektrodin aktivointikoodi, joka on rekisteröintielektrodin pussin kyljessä. Aktivointikoodin voi lisätä myös käyttämällä viivakoodin lukijaa, jolloin cursorin täytyy olla koodikentässä ennen lukemista. Valitse tutkimustyyppiä CTS motor ja kirjaa oirepuoli. Tallenna tutkimus Save as new -painikkeesta.

4. Mittauksen lisääminen

Mittaa koehenkilön lämpötila kädessä rekisteröintielektrodin kohdalta ja merkitse se lisätietoihin. Jos lämpötila on alle 30 astetta, kättä täytyy lämmittää ennen mittauksen aloittamista.

Aseta rekisteröintielektrodi ja stimulointielektrodi ohjeen mukaisesti. Valitse oikea mittaus seuraavista: right hand median nerve, right hand ulnar nerve, left hand median nerve, left hand ulnar nerve. Tallenna mittaus save -painikkeesta.

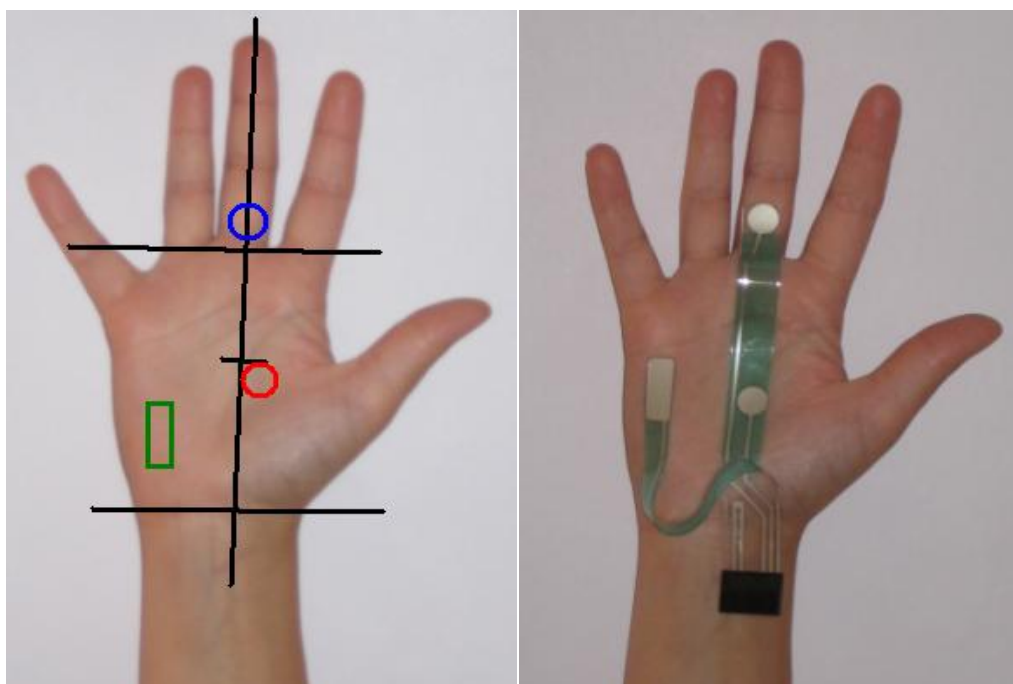
Rekisteröintielektrodin asetus

-Mittaa kämmenen puoliväli sormen tyvipoiimusta ensimmäiseen rannepoiimuun asettamalla mittanauha kulkemaan keskisormen keskeltä. Merkitse piste puoliväliin. Kämmenen keskikohta on merkitty kuvaan 1 (oikea käsi) ja kuvaan 2 (vasen käsi) mustalla poikkiviivalla.

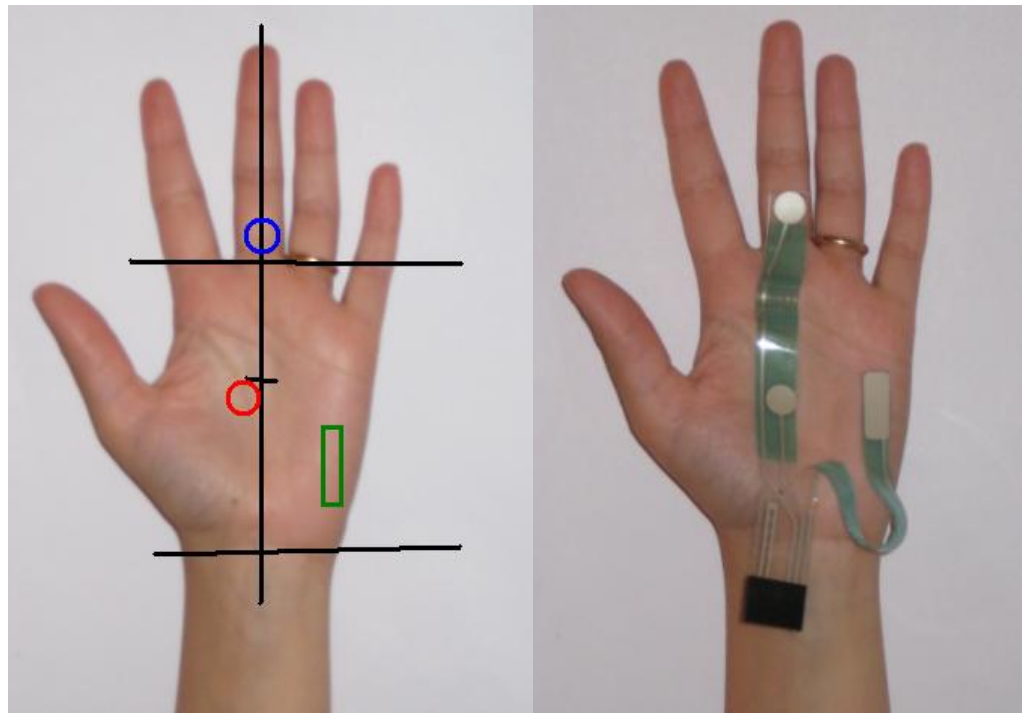
-Aseteta katodi (aktiivi) kämmenen keskikohtaan niin, että se on keskiviivan peukalon puolella, yläkulma keskipisteessä. Katodin kiinnityskohta on merkitty kuvaan 1 (oikea käsi) ja kuvaan 2 (vasen käsi) punaisella ympyrällä.

-Aseta anodi keskisormeen. Anodin paikka on merkitty kuvaan 1 (oikea käsi) ja kuvaan 2 (vasen käsi) sinisellä ympyrällä.

-Kiinnitä maa. Maan paikka on merkitty kuvaan 1 (oikea käsi) ja kuvaan 2 (vasen käsi) vihreällä suorakaiteella.



Kuva 1. Rekisteröintielektrodin paikka, oikea käsi



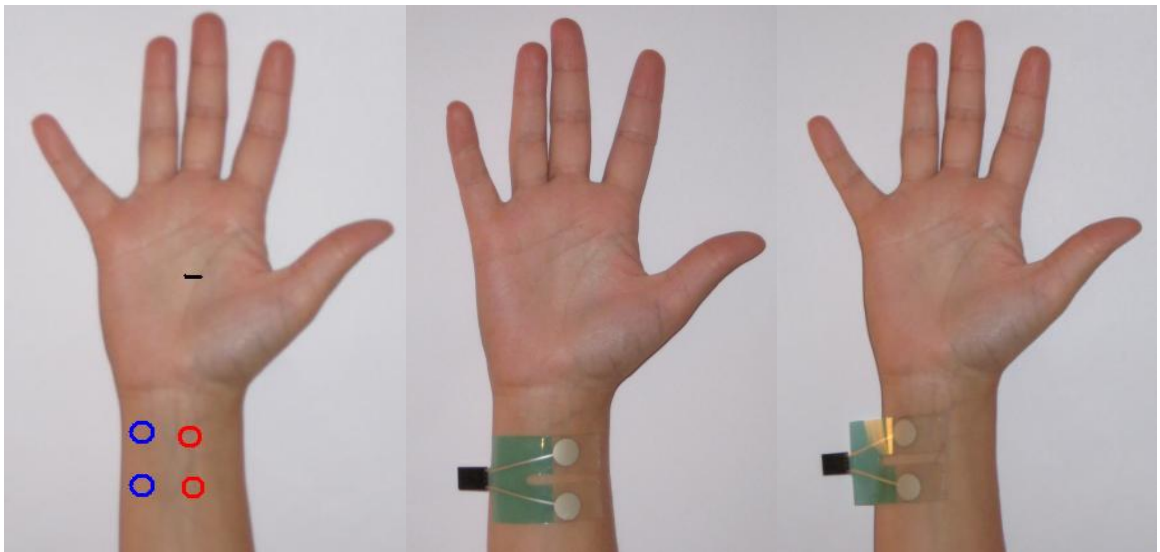
Kuva 2. Rekisterointielektrodin paikka, vasen käsi

Stimulointielektrodin asetus (medianus)

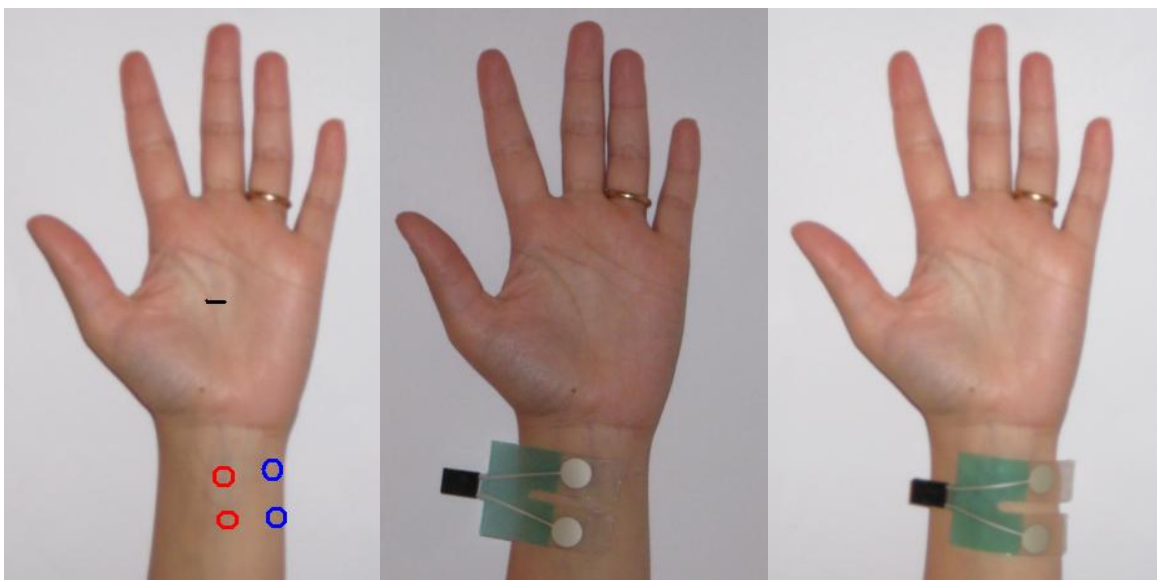
- Aseta mittalaitteen vahvistus 75 dB:iin
- Mittaa kämmenen puolivälin pisteestä noin 7 cm medianushermoon päin. Merkitse piste.
- Aseta elektrodin miinusnapa pisteen päälle niin, että se on lähempänä kämmentä kuin plusnapa. Stimulaatioelektrodin paikka on merkitty kuvaan 3 (oikea käsi) ja kuvaan 4 (vasen käsi) punaisilla ympyröillä.

Stimulointielektrodin asetus (ulnaris)

- Aseta mittalaitteen vahvistus 50 dB:iin
- Mittaa kämmenen puolivälin pisteestä noin 7 cm ulnarishermoon päin. Merkitse piste.
- Aseta elektrodin miinusnapa pisteen päälle niin, että se on lähempänä kämmentä kuin plusnapa. Stimulaatioelektrodin paikka on merkitty kuvaan 3 (oikea käsi) ja kuvaan 4 (vasen käsi) sinisillä ympyröillä.



Kuva 3. Stimulaatioelektrodin paikka, oikea käsi



Kuva 4. Stimulaatioelektrodin paikka, vasen käsi

5. Mittauksen käynnistäminen

Pyydä potilasta rentoutumaan. Potilas voi olla makaavassa asennossa sängyllä tai lepuuttaa kättään pöydällä. Aloita mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia. Tarkista, että tietokoneen näytölle ilmestyy käyrä, jolloin mittalaite on saanut yhteyden tietokoneeseen. Lisää stimulaation voimakkuutta mittalaitteen ylöspäin nuolesta. Lisää tasoa niin kauan, että kädessä on selkeä liike. Oikeaa kohtaa voi tarvittaessa hakea siirtämällä stimulaatioelektrodia.

-Medianushermaa stimuloitaessa peukalo ja keskisormi liikkuvat.

-Ulnarishermaa stimuloitaessa pikkurilli ja nimetön liikkuvat.

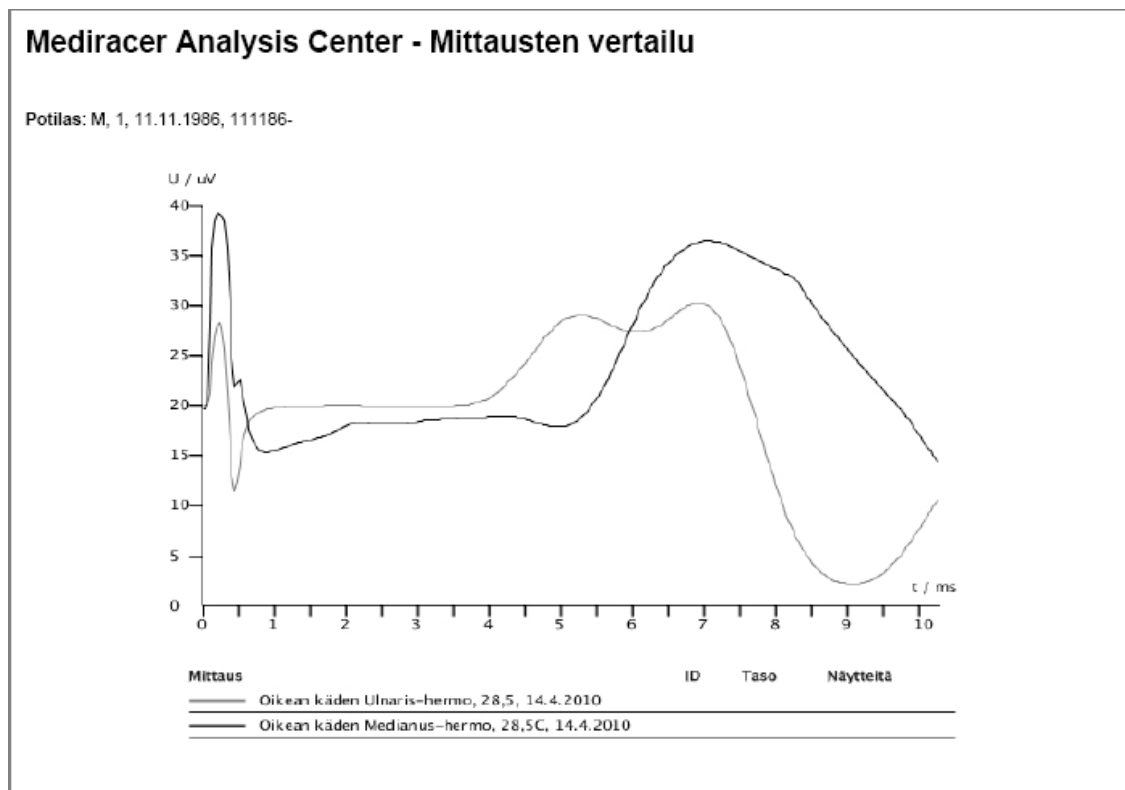
Kun oikea kohta ja stimulaatio voimakkuus on löytynyt, käynnistä mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia.

6. Mittauksen lopettaminen

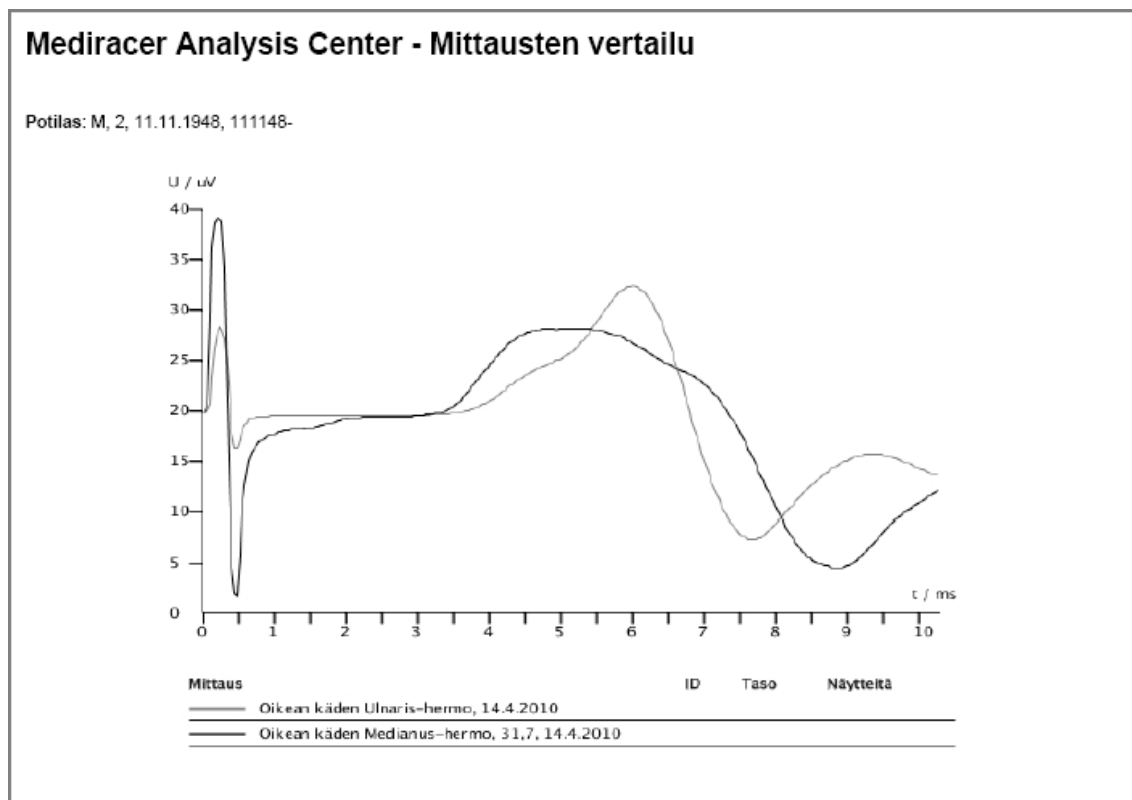
Seuraa, että kädessä on oikea liike. Seuraa tietokoneen näytöllä olevaa käyrää. Kun käyrä ei kasva enää ja se näyttää oikeanlaiselta, lopeta mittaus painamalla mittalaitteen OK-nappia. Odota hetki että mittalaite siirtää mittausdatan tietokoneelle. Mittaus on valmis, kun tietokoneen näytölle ilmestyy mitattu käyrä. Irrota lopuksi elektrodit.

TULOKSET, ENSIMMÄINEN TESTIKIERROS

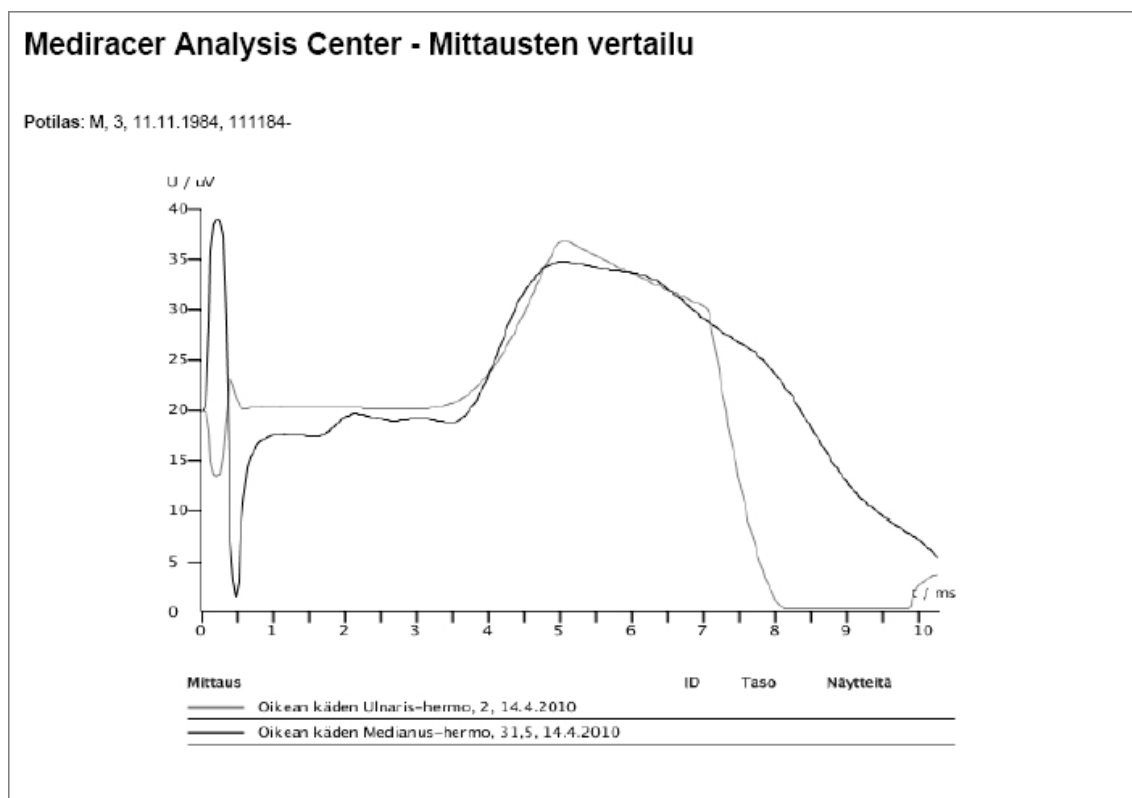
Miesten vastekäyrät



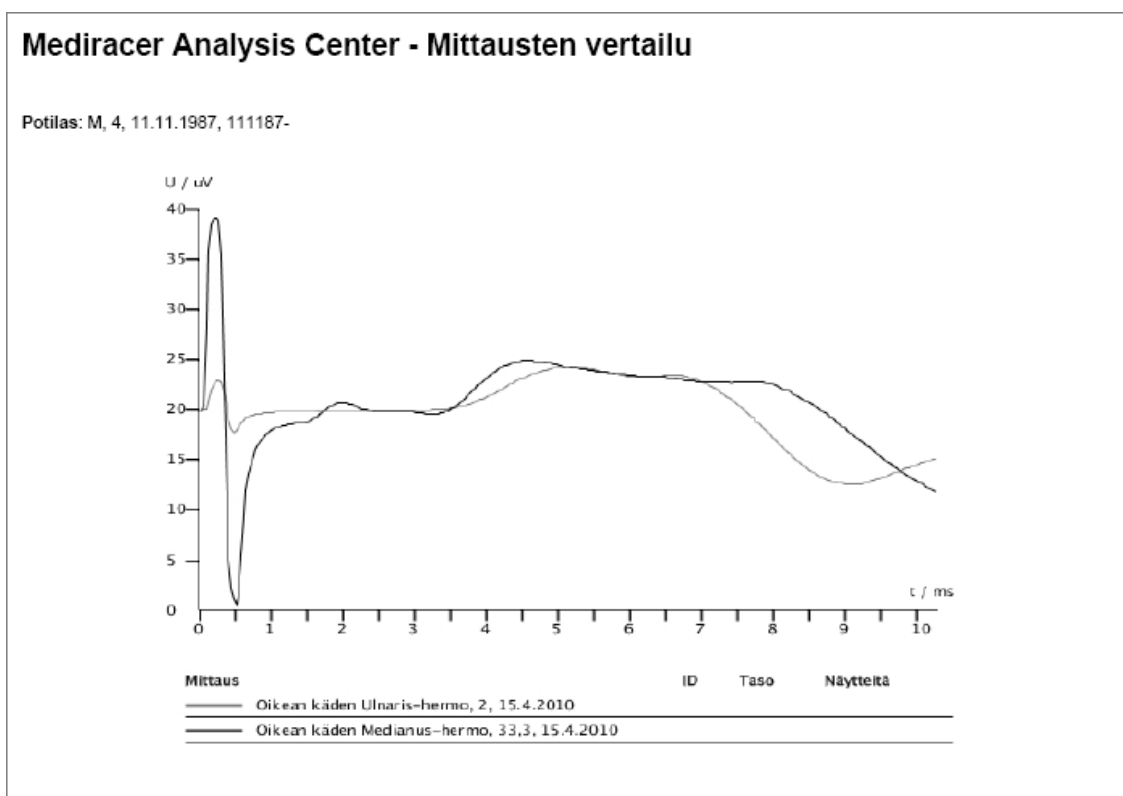
Kuva 1. Koehenkilön M1 vastekäyrät



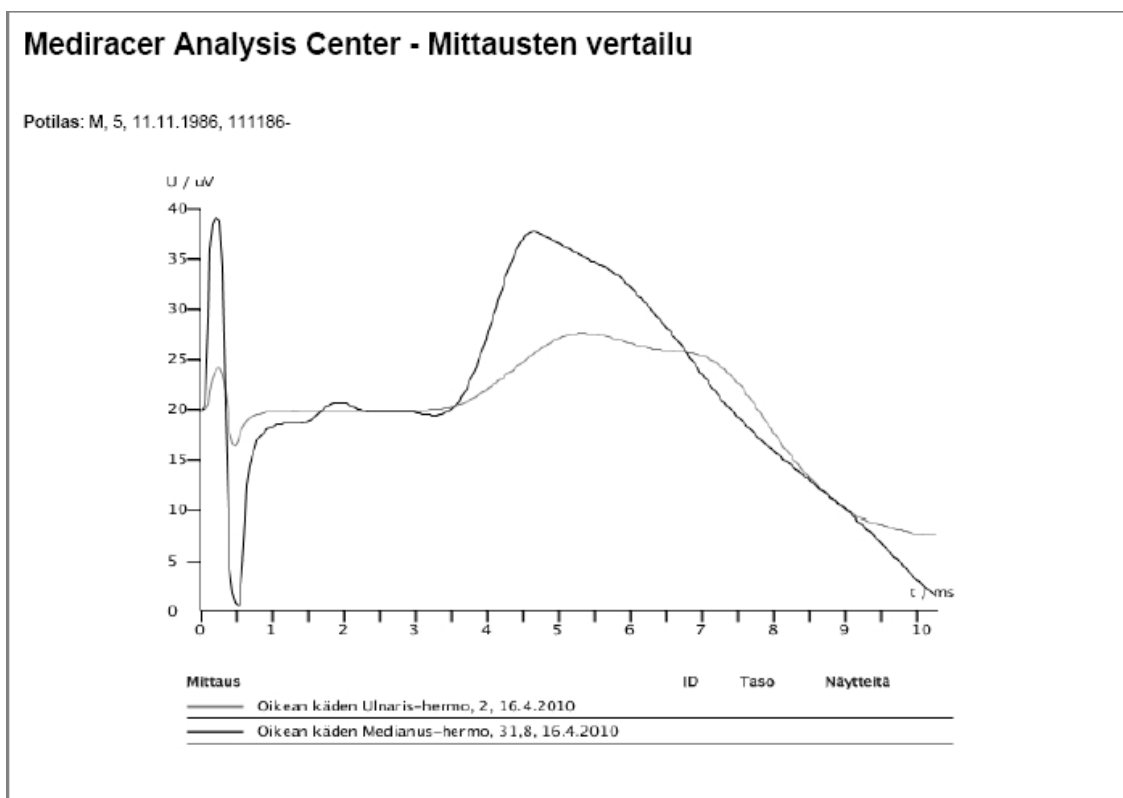
Kuva 2. Koehenkilön M2 vastekäyrät



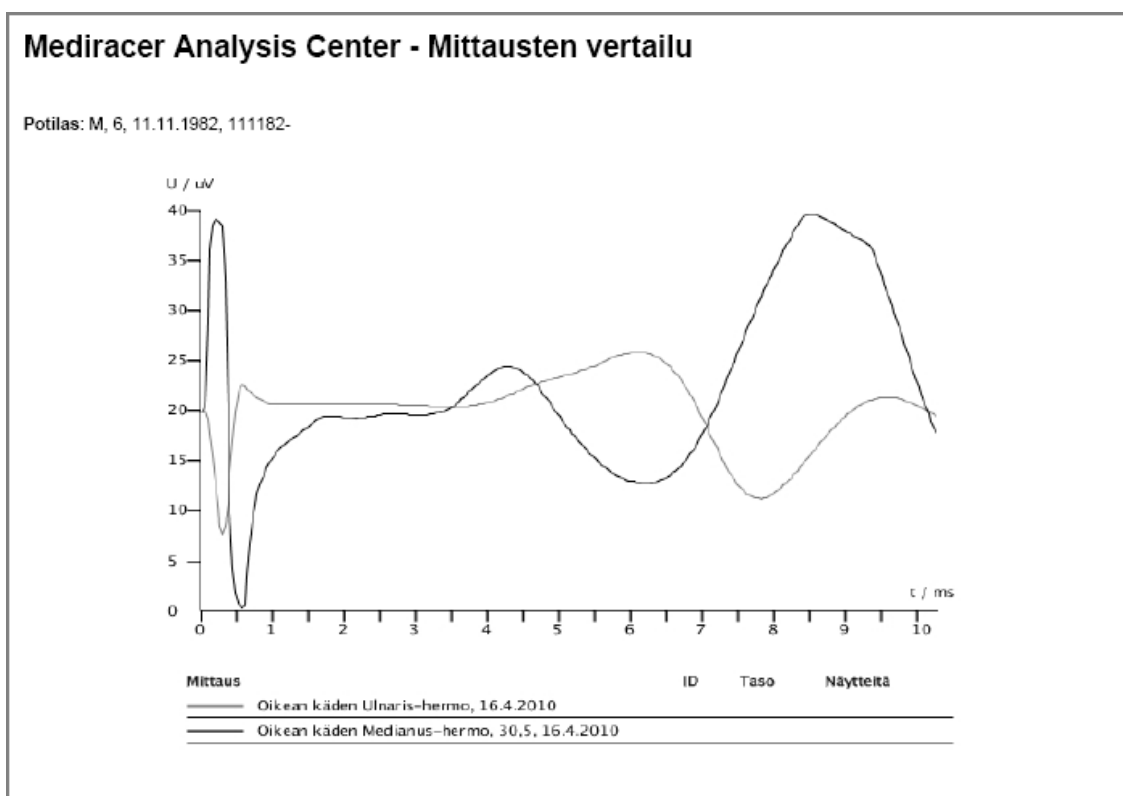
Kuva 3. Koehenkilön M3 vastekäyrät



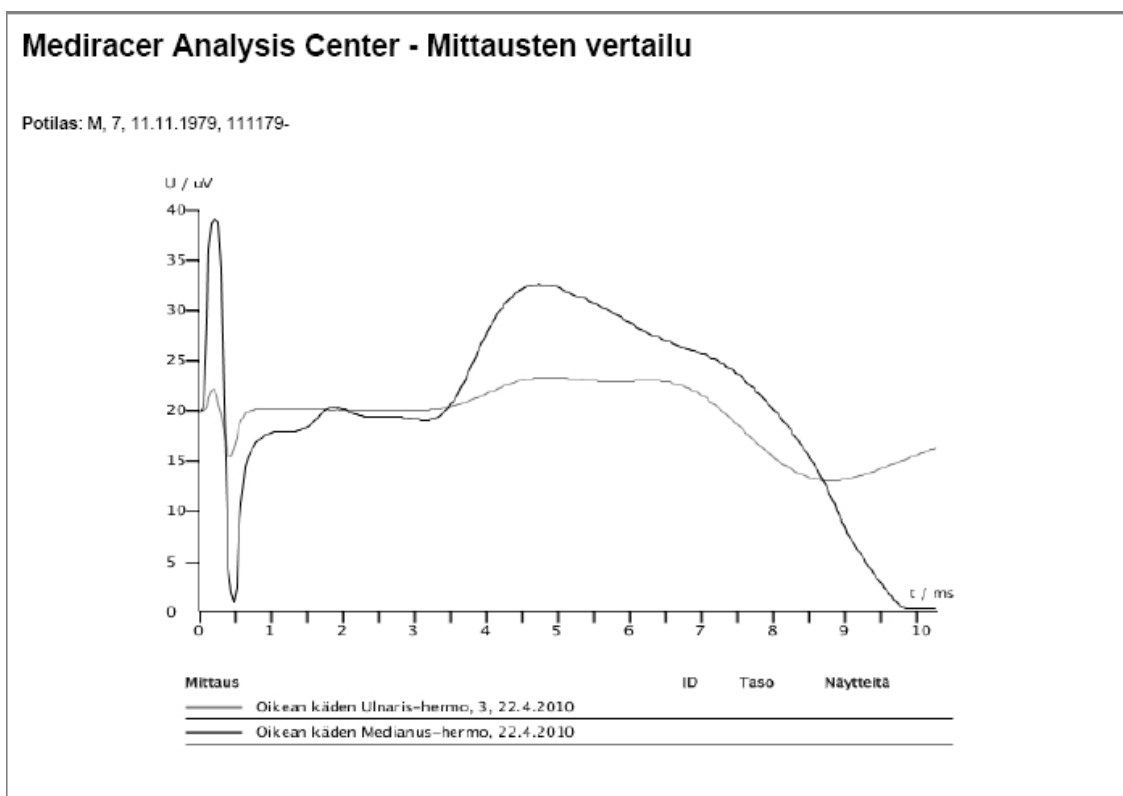
Kuva 4. Koehenkilön M4 vastekäyrät



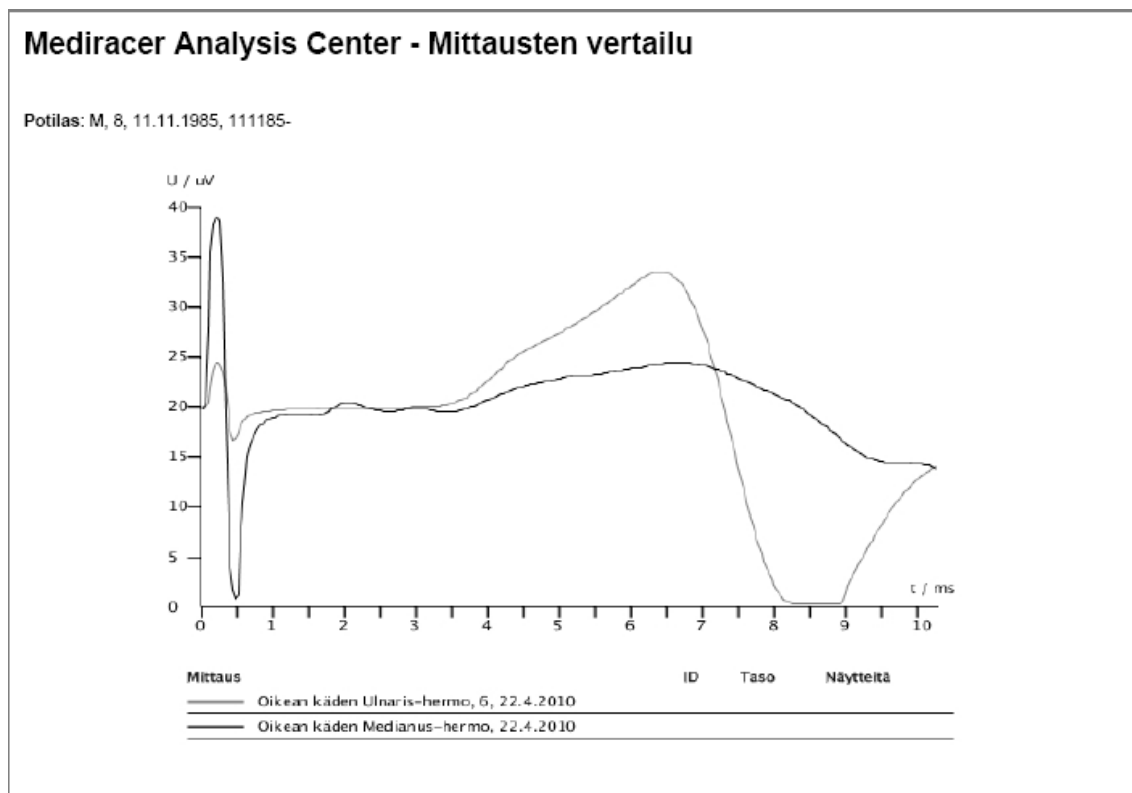
Kuva 5. Koehenkilön M5 vastekäyrät



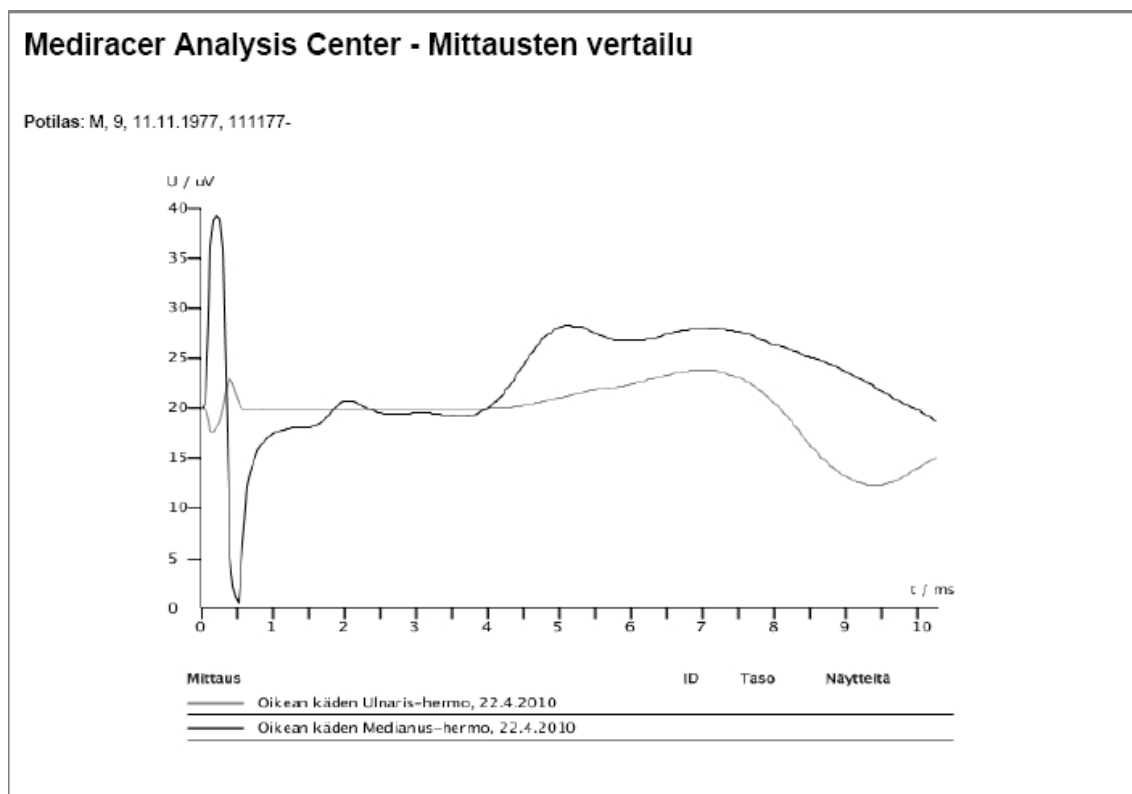
Kuva 6. Koehenkilön M6 vastekäyrät



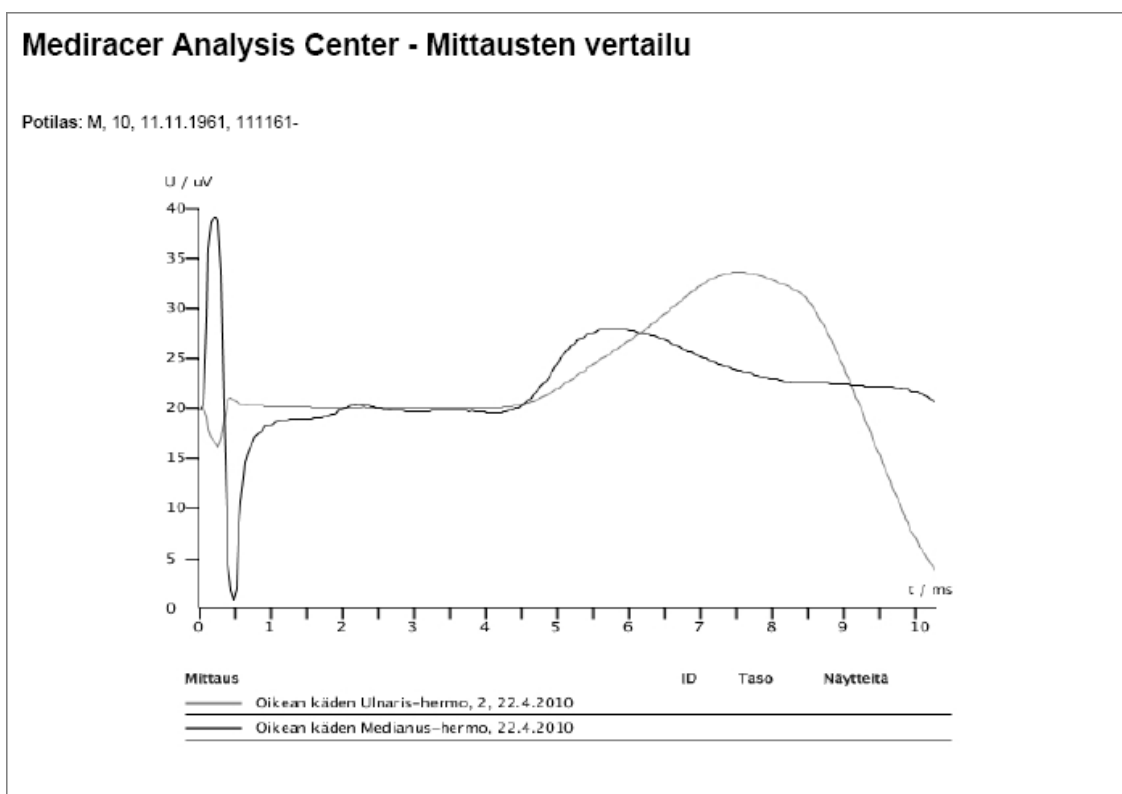
Kuva 7. Koehenkilön M7 vastekäyrät



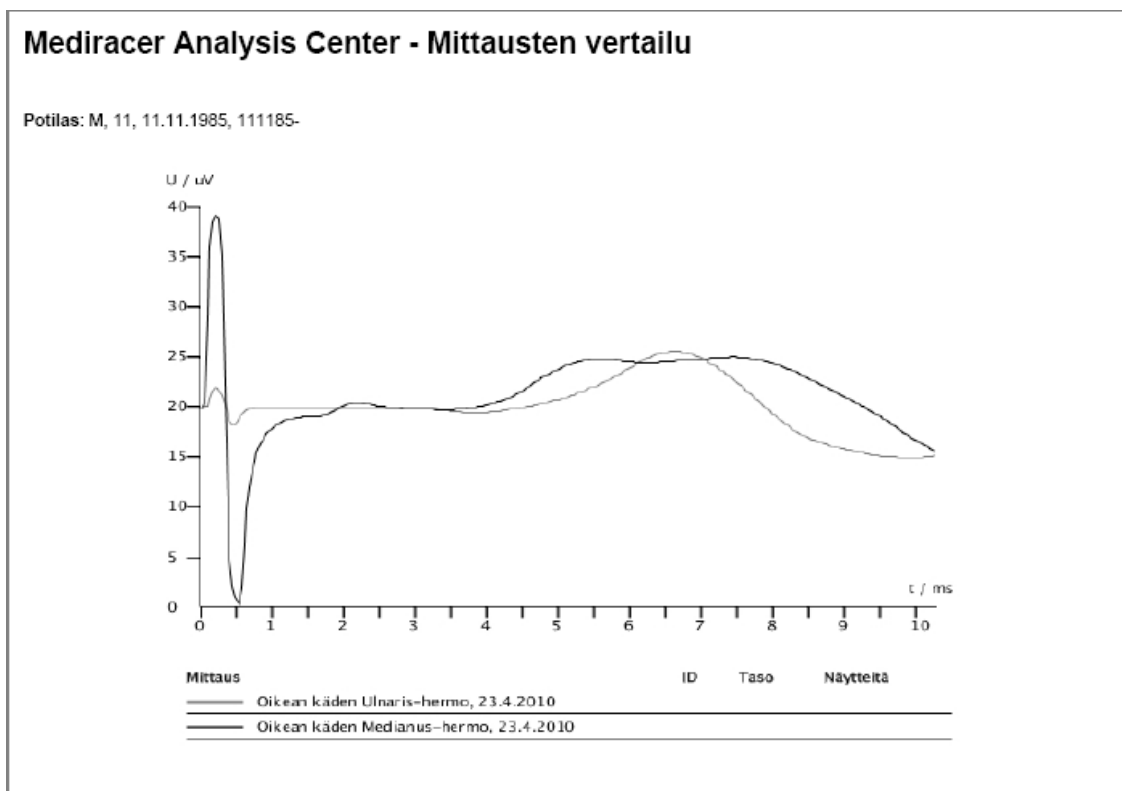
Kuva 8. Koehenkilön M8vastekäyrät



Kuva 9. Koehenkilön M9 vastekäyrät

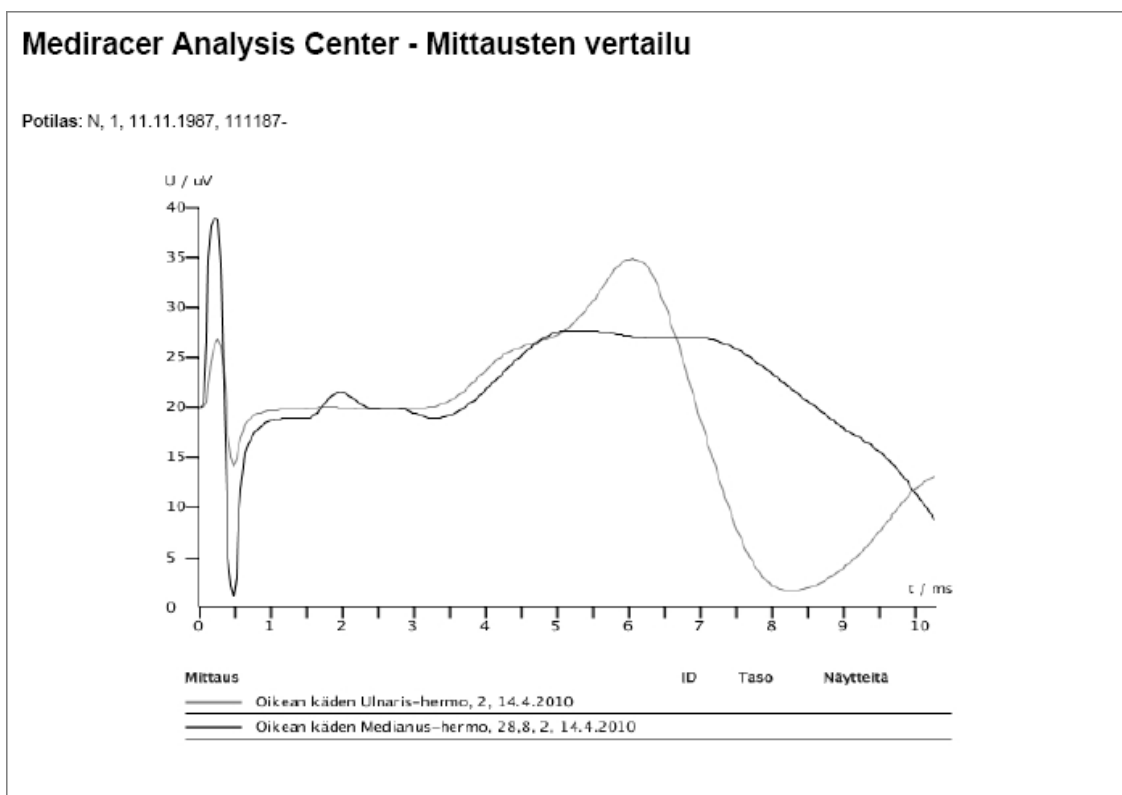


Kuva 10. Koehenkilön M10 vastekäyrät

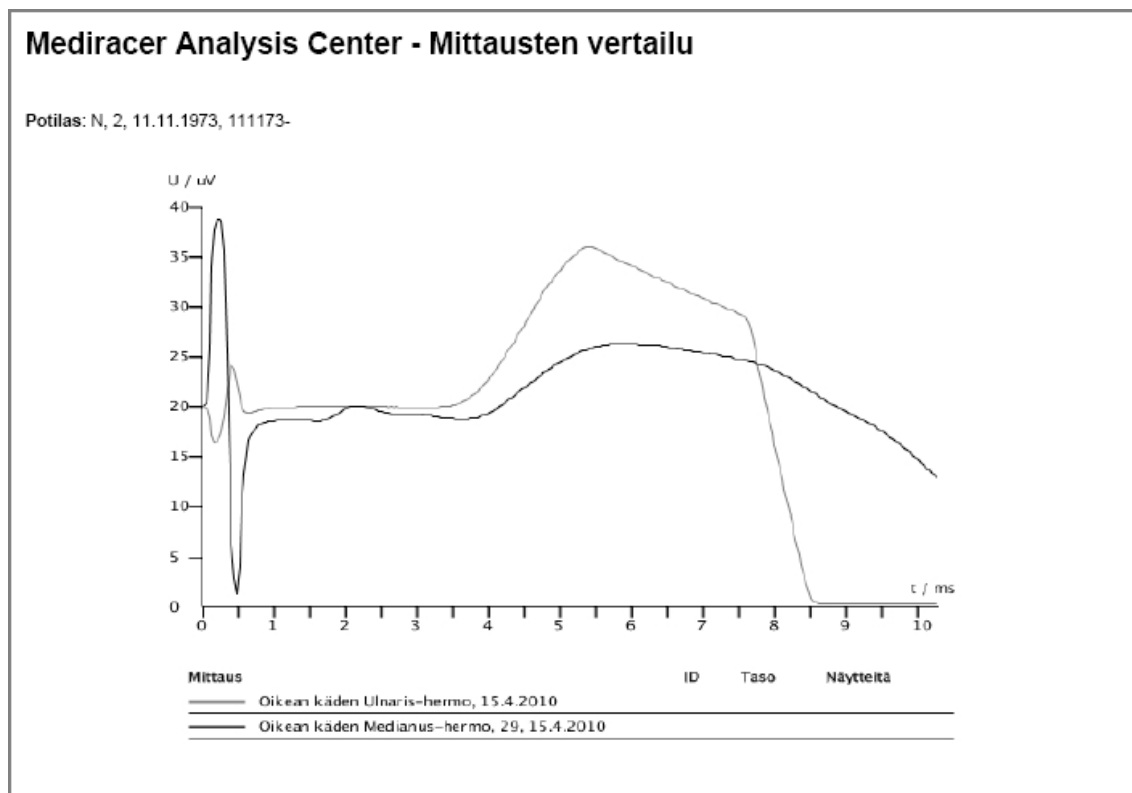


Kuva 11. Koehenkilön M11 vastekäyrät

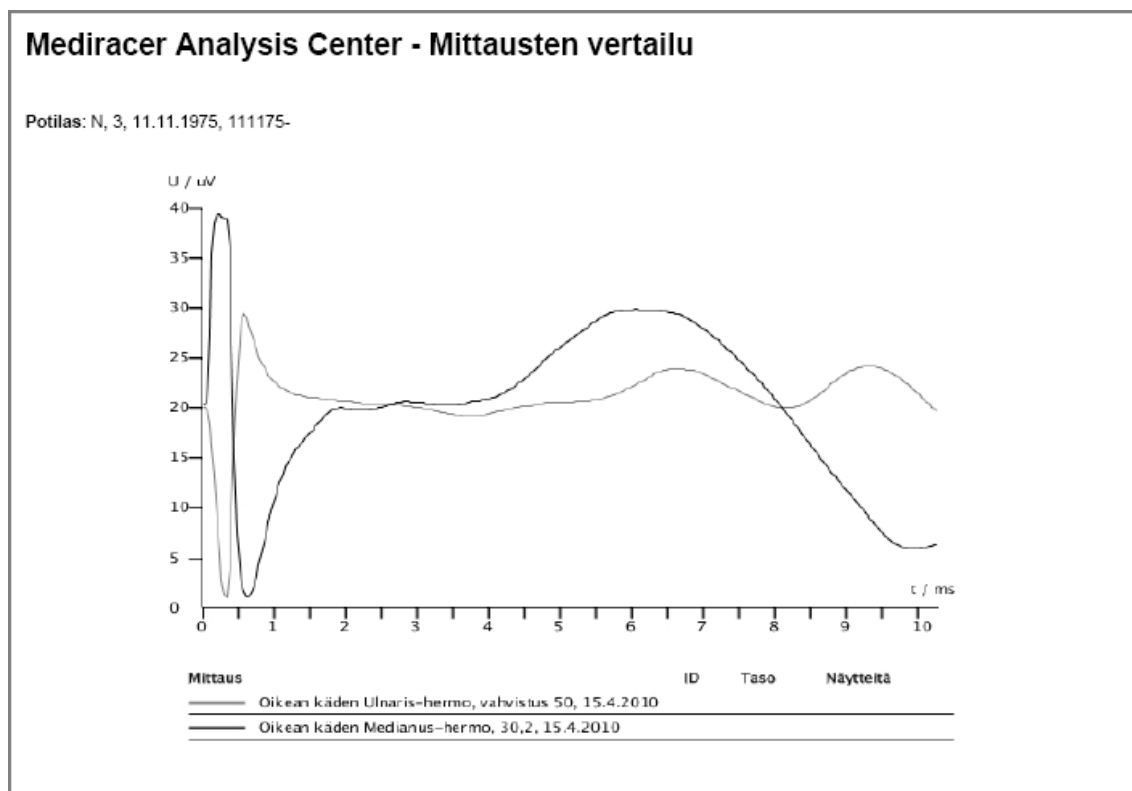
Naisten vastekäyrät



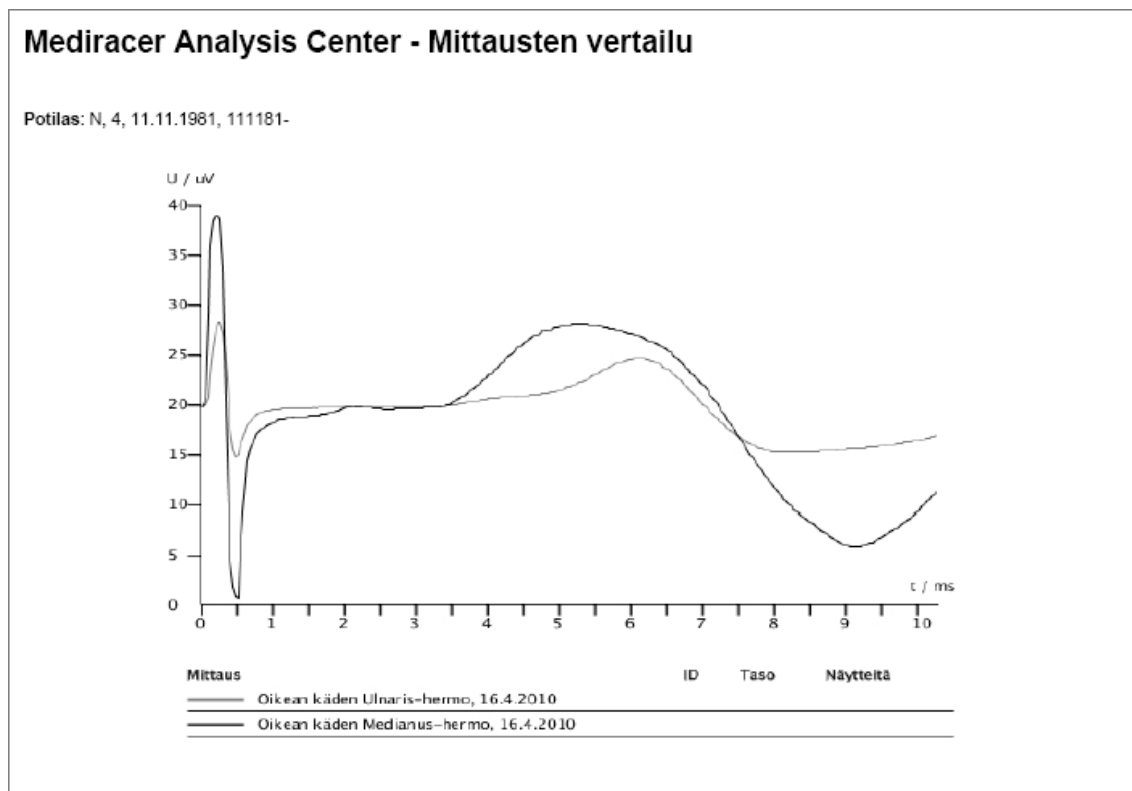
Kuva 12. Koehenkilön N1 vastekäyrät



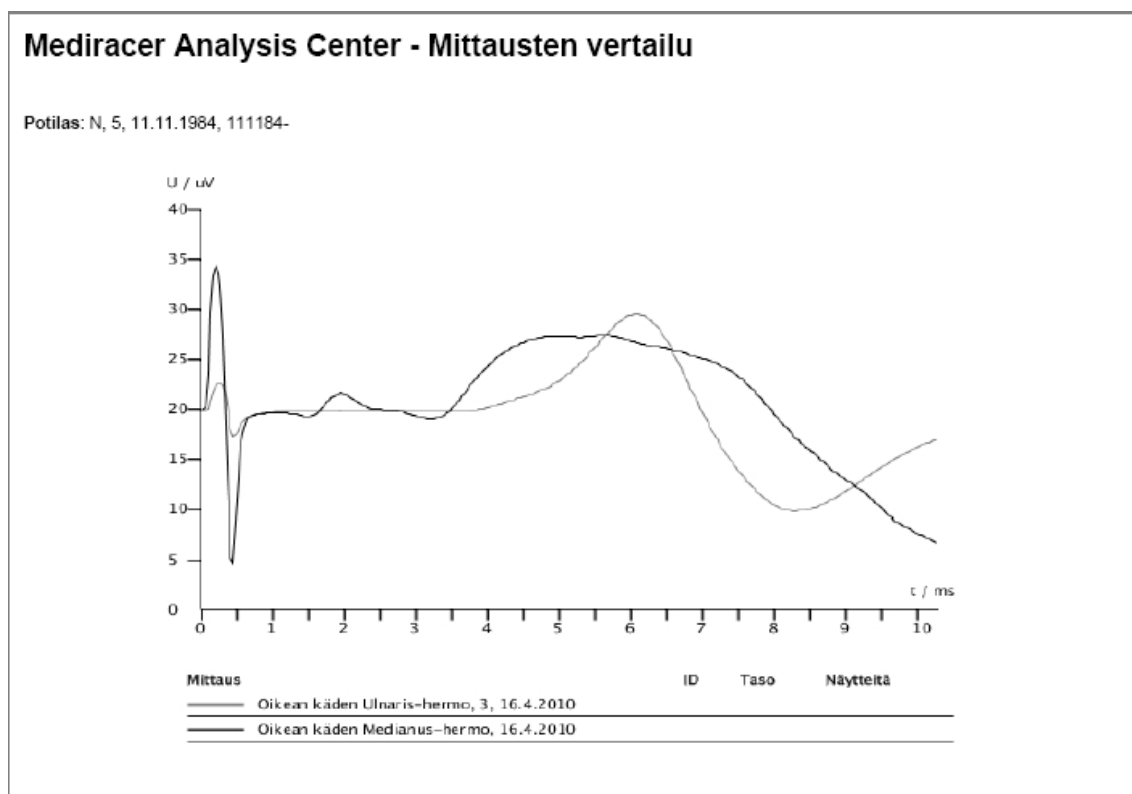
Kuva 13. Koehenkilön N2 vastekäyrät



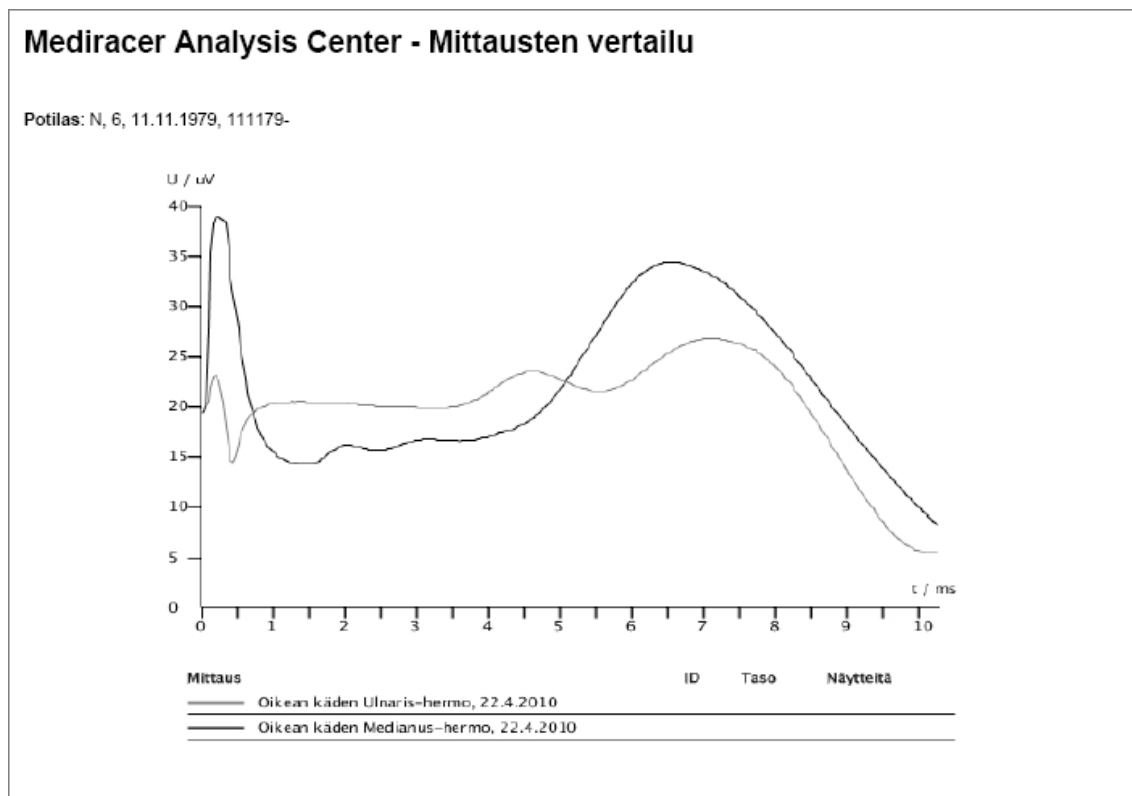
Kuva 14. Koehenkilön N3 vastekäyrät



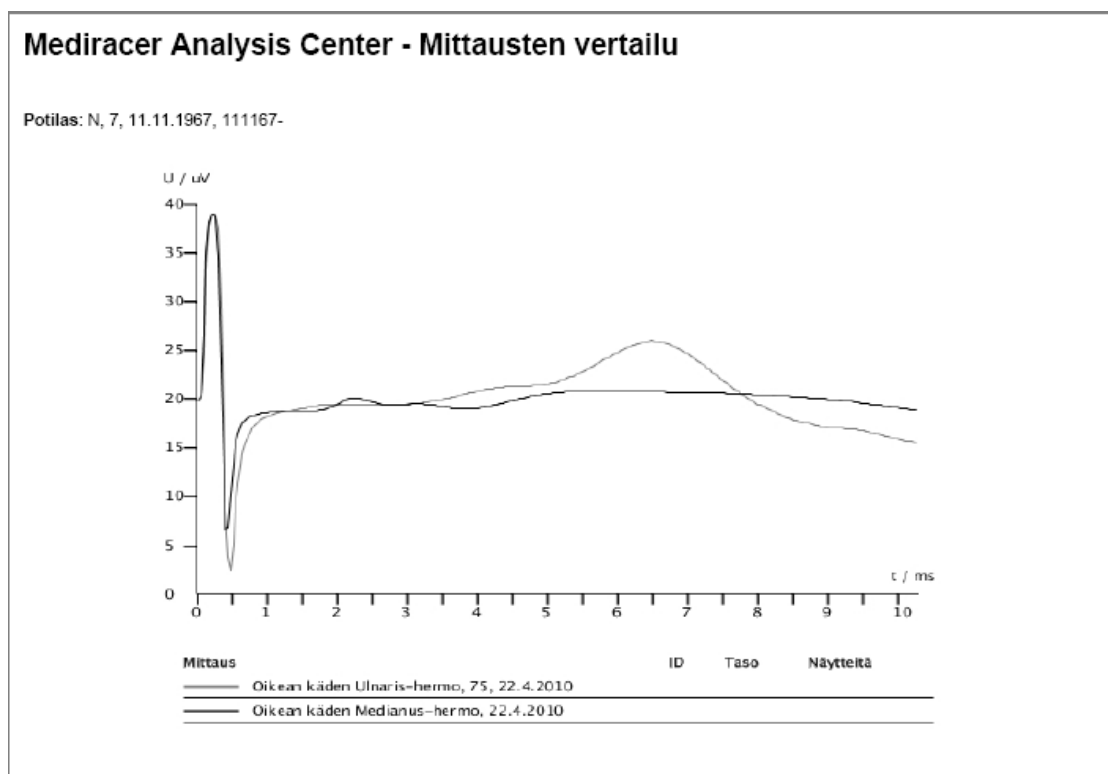
Kuva 15. Koehenkilön N4 vastekäyrät



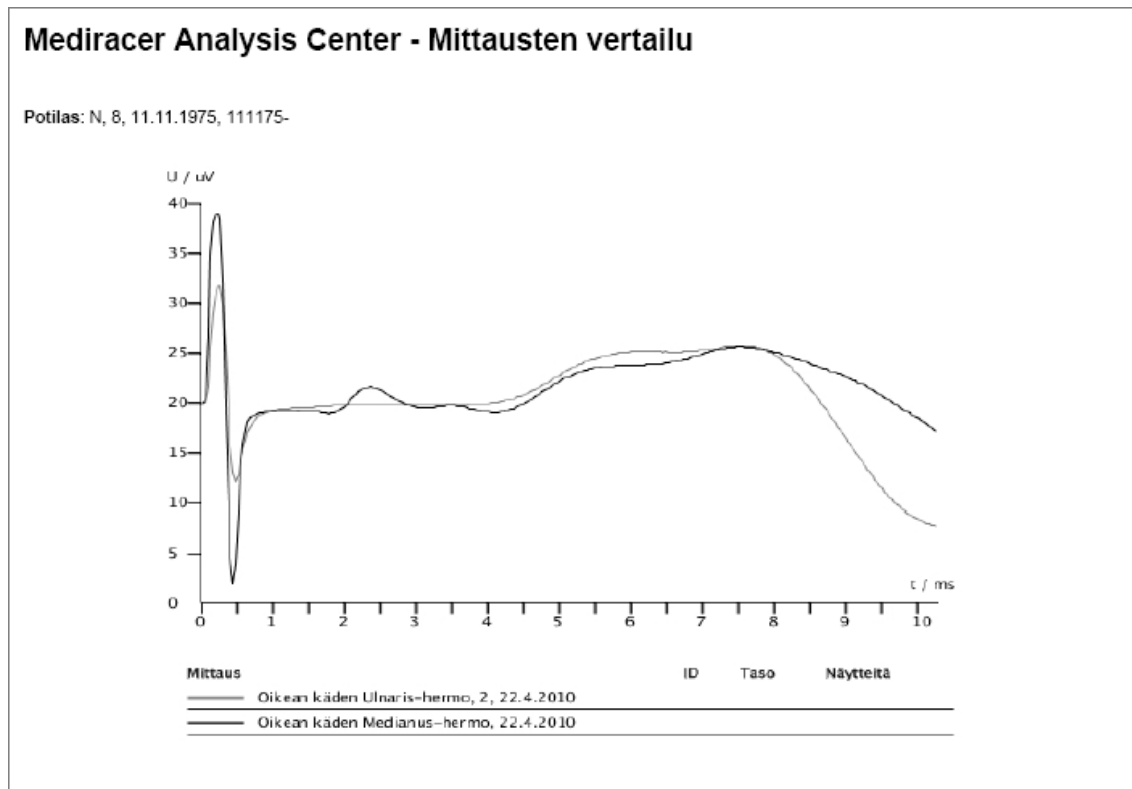
Kuva 16. Koehenkilön N5 vastekäyrät



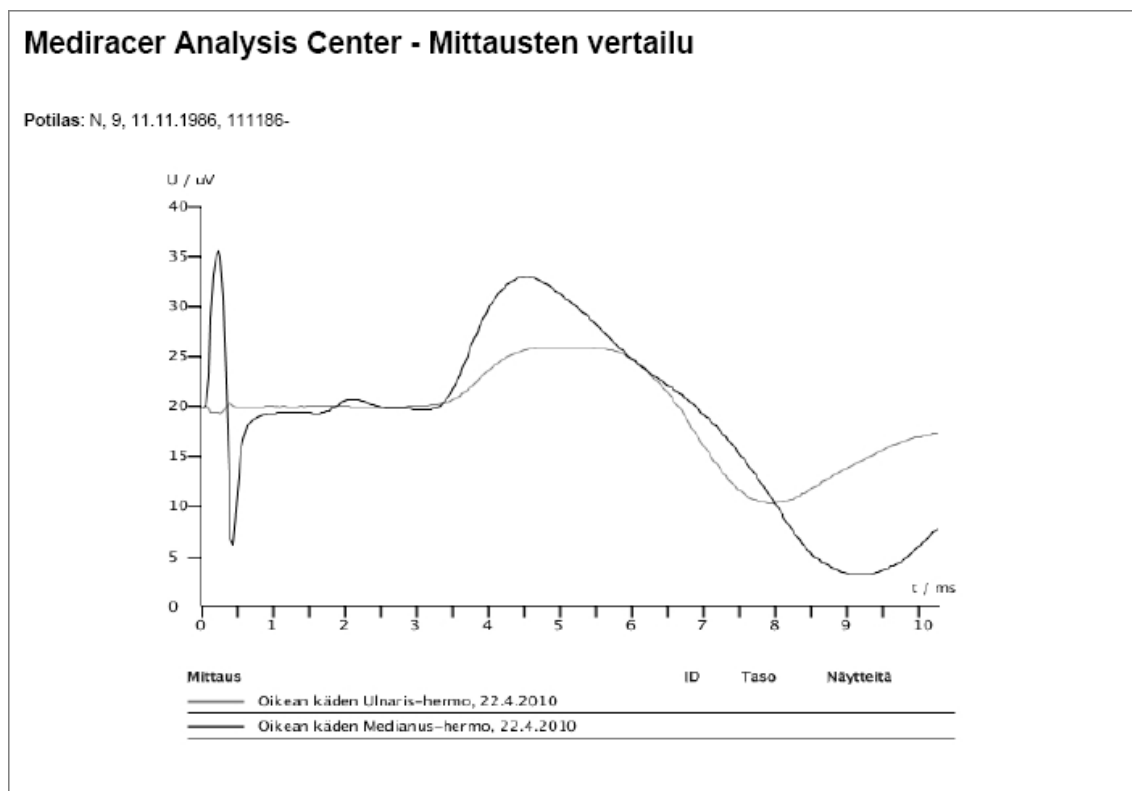
Kuva 17. Koehenkilön N6 vastekäyrät



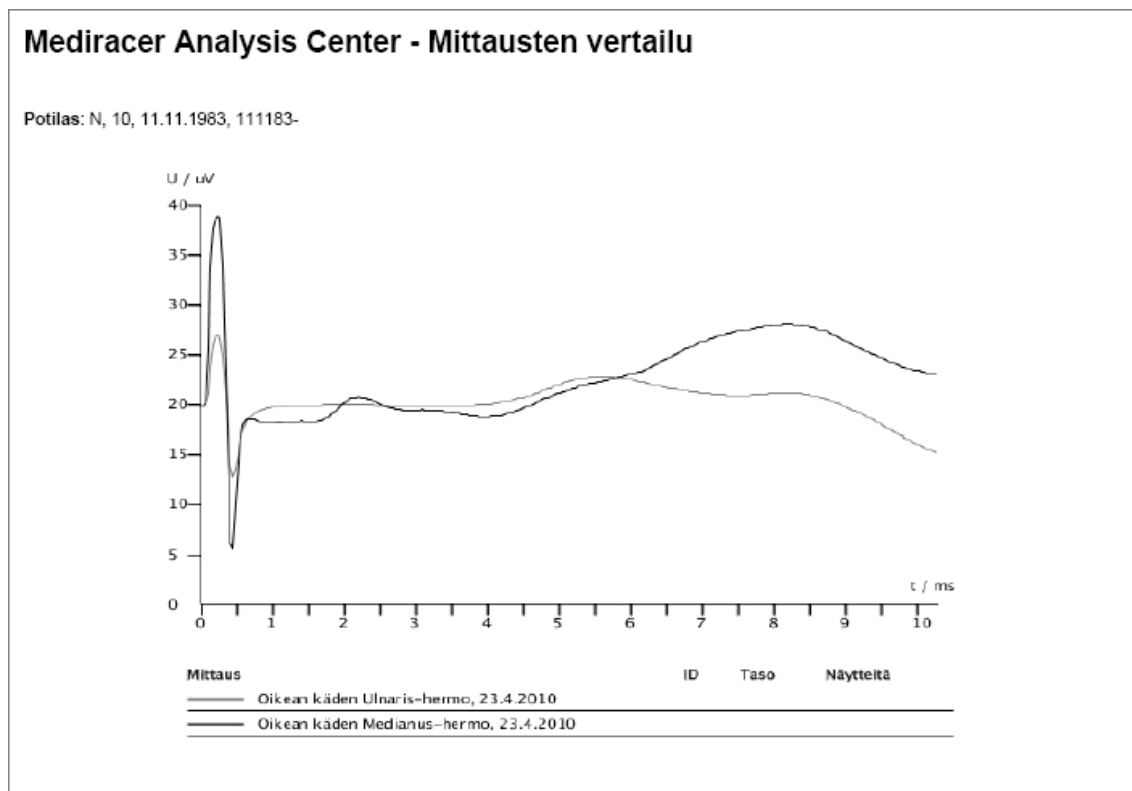
Kuva 18. Koehenkilön N7 vastekäyrät



Kuva 19. Koehenkilön N8 vastekäyrät



Kuva 20. Koehenkilön N9 vastekäyrät



Kuva 21. Koehenkilön N10 vastekäyrät

Analyysi

Kuva 1, Koehenkilö M1:

Ulnarisvaste on hyvä. Medianusvasteessa näkyy sensorinen vaste. Medianuksen mittauspaikka ei ole ollut paras mahdollinen. Mitattaessa motorisen pisteen kohdassa vastekäyrä kuuluisi lähteä ylöspäin. Mittauskohtaa olisi pitänyt siirtää hieman, sillä kuvassa käyrä näyttää alussa lähtevän alaspäin. Todennäköisesti löydös on kuitenkin normaali

Kuva 2, Koehenkilö M2:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit. Myös latenssit ovat normaalialueella.

Kuva 3, Koehenkilö M3:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit. Ulnaris hermon vastekäyrä on hieman leikkautunut.

Kuva 4, Koehenkilö M4:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 5, Koehenkilö M5:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit. Medianushermon vastekäyrä on hieman leikkautunut.

Kuva 6, Koehenkilö M6:

Käyrän muodosta nähdään, että rekisterielektrodi on ollut väärässä kohdassa. Latenssit ovat kuitenkin normaalit, vaikka ulnariksen latenssi on hieman pidempi. Lisäksi ulnarisvasteen alkukohta on vaikea määrittää.

Kuva 7, Koehenkilö M7:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 8, Koehenkilö M8:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 9, Koehenkilö M9:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 10, Koehenkilö M10:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 11, Koehenkilö M11:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 12, Koehenkilö N1:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 13, Koehenkilö N2:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit. Ulnarishermon vastekäyrä on hieman leikkautunut.

Kuva 14, Koehenkilö N3:

Molemmat vasteet ovat tunnistettavissa ja latenssit ovat normaalit. Myös vaimea medianuksen sensorinen vaste tulee esiin.

Kuva 15, Koehenkilö N4:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 16, Koehenkilö N5:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 17, Koehenkilö N6:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 18, Koehenkilö N7:

Ulnarishemon vaste on hyvä. Stimulaatio ei ole ollut oikeassa pisteessä, joten medianushermon latenssi ei ole määriteltävissä.

Kuva 19, Koehenkilö N8:

Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 20, Koehenkilö N9:

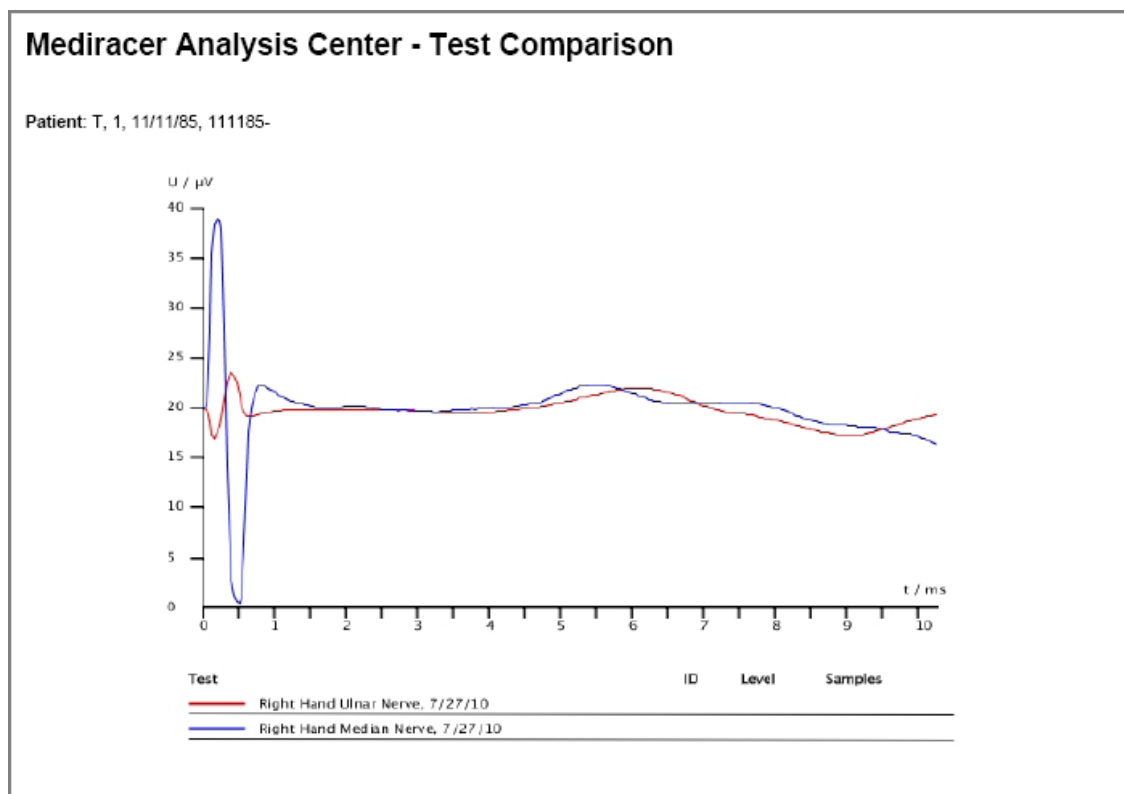
Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

Kuva 21, Koehenkilö N10:

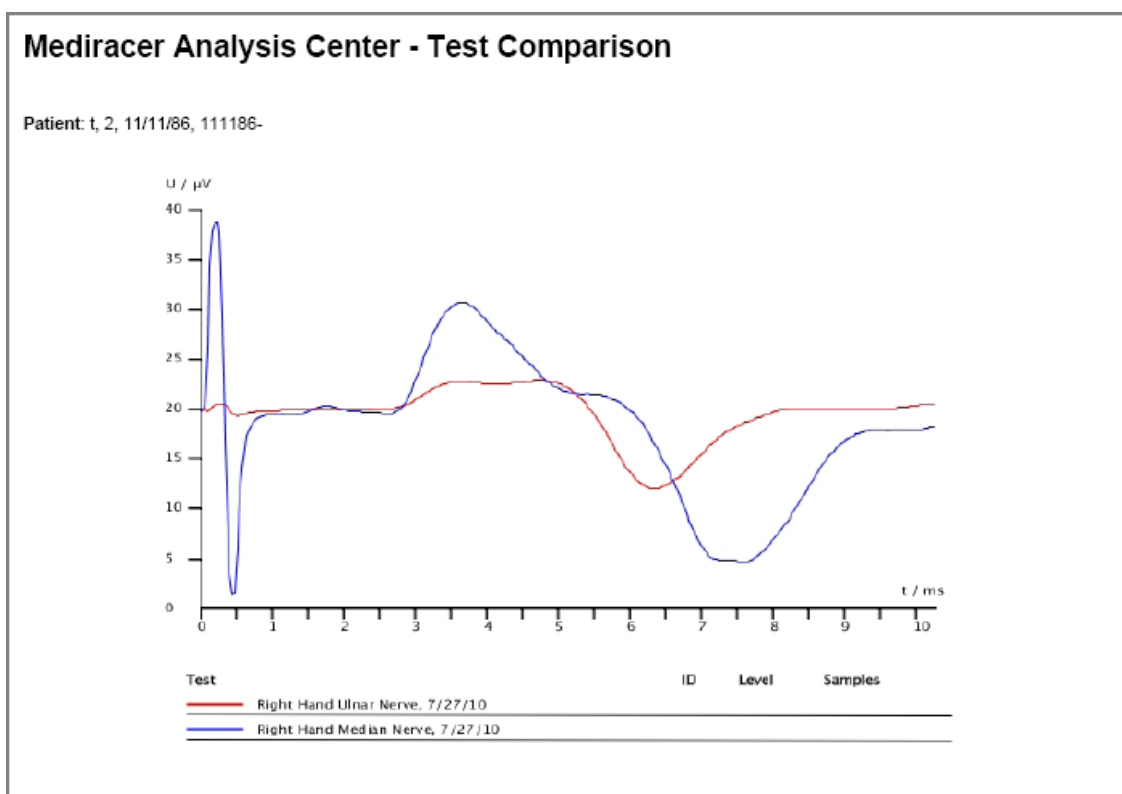
Molemmat käyrät lähtevät samasta pisteestä, jolloin vasteet ovat normaalit.

TULOKSET, TOINEN TESTIKIERROS

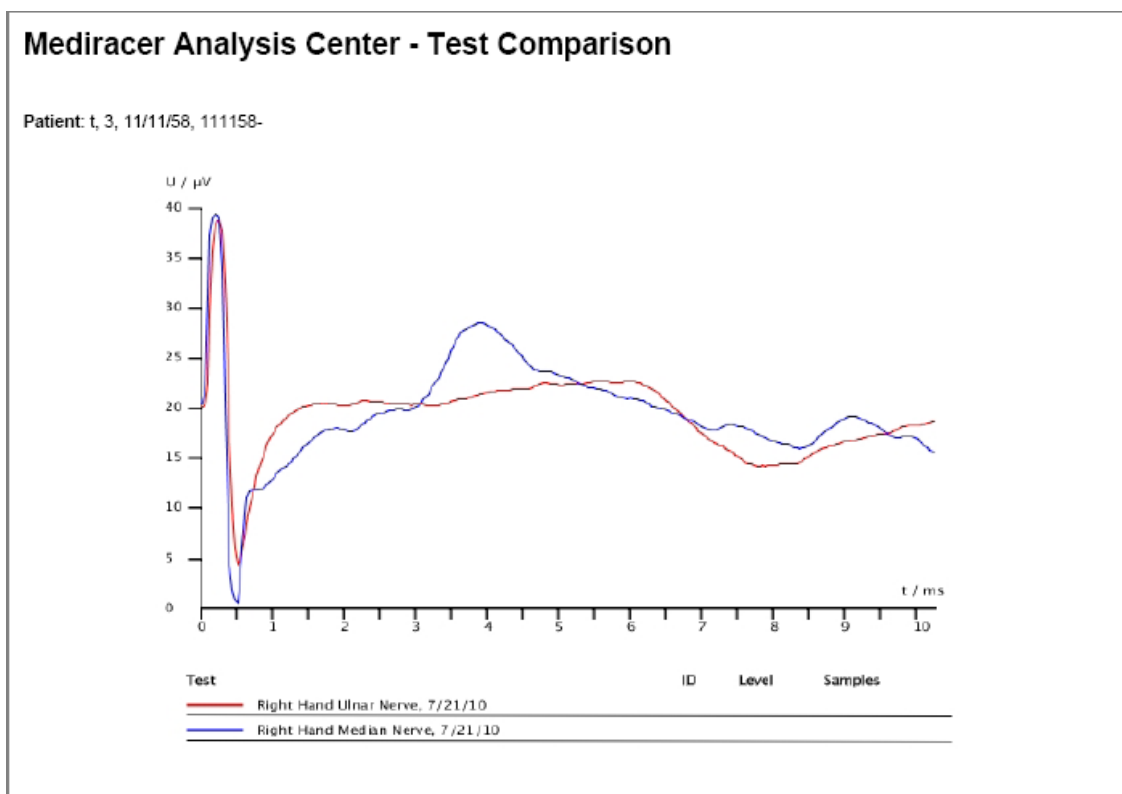
Koehenkilöiden vastekäyrät



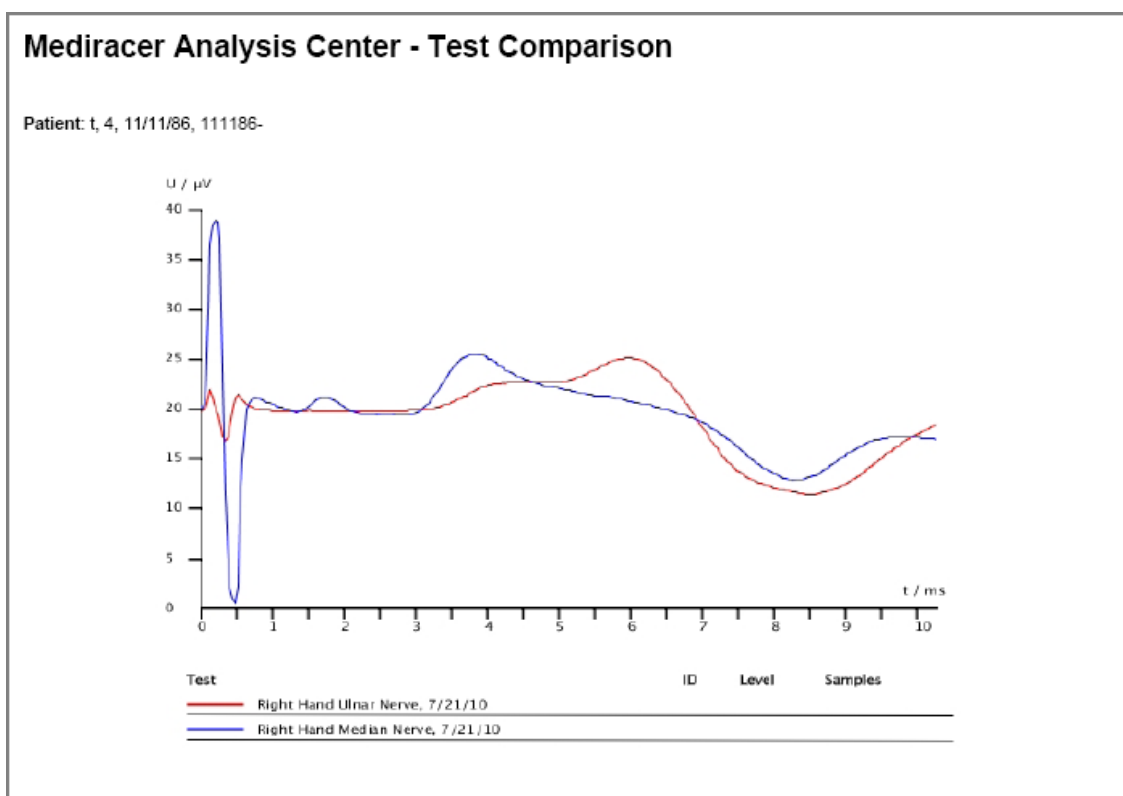
Kuva 1. Testihenkilön T1 vastekäyrät



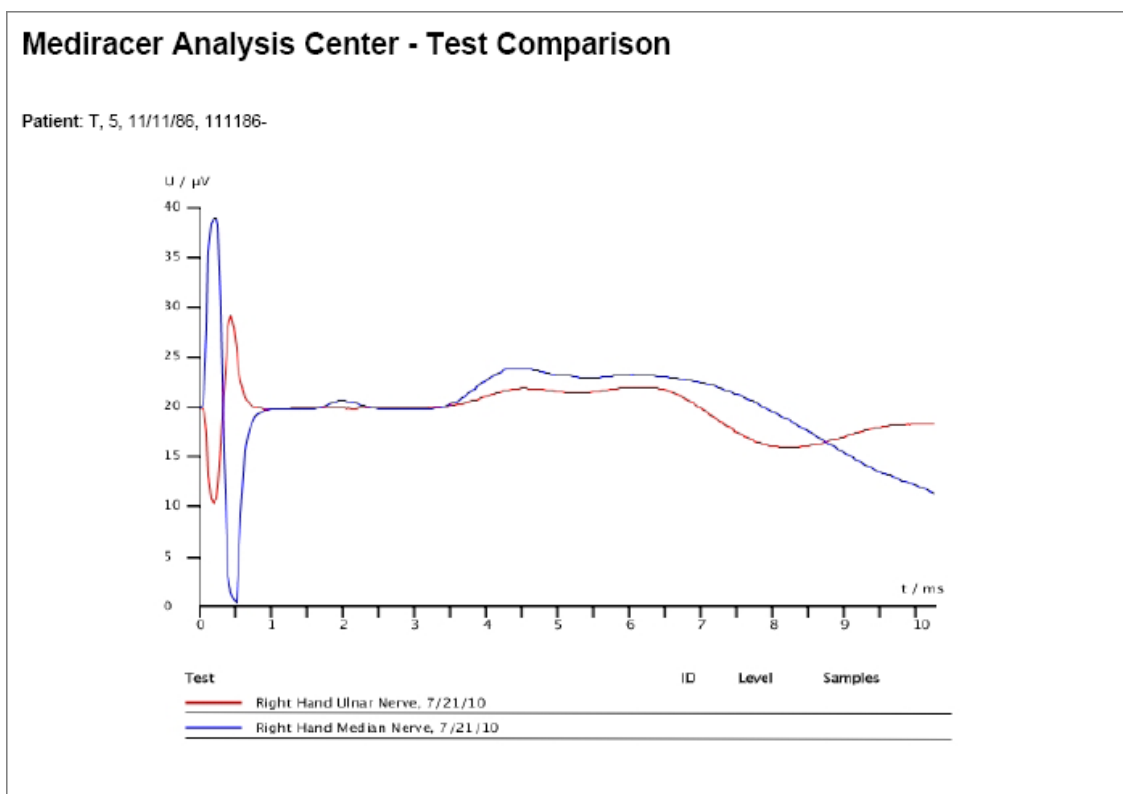
Kuva 2. Testihenkilön t2 vastekäyrät



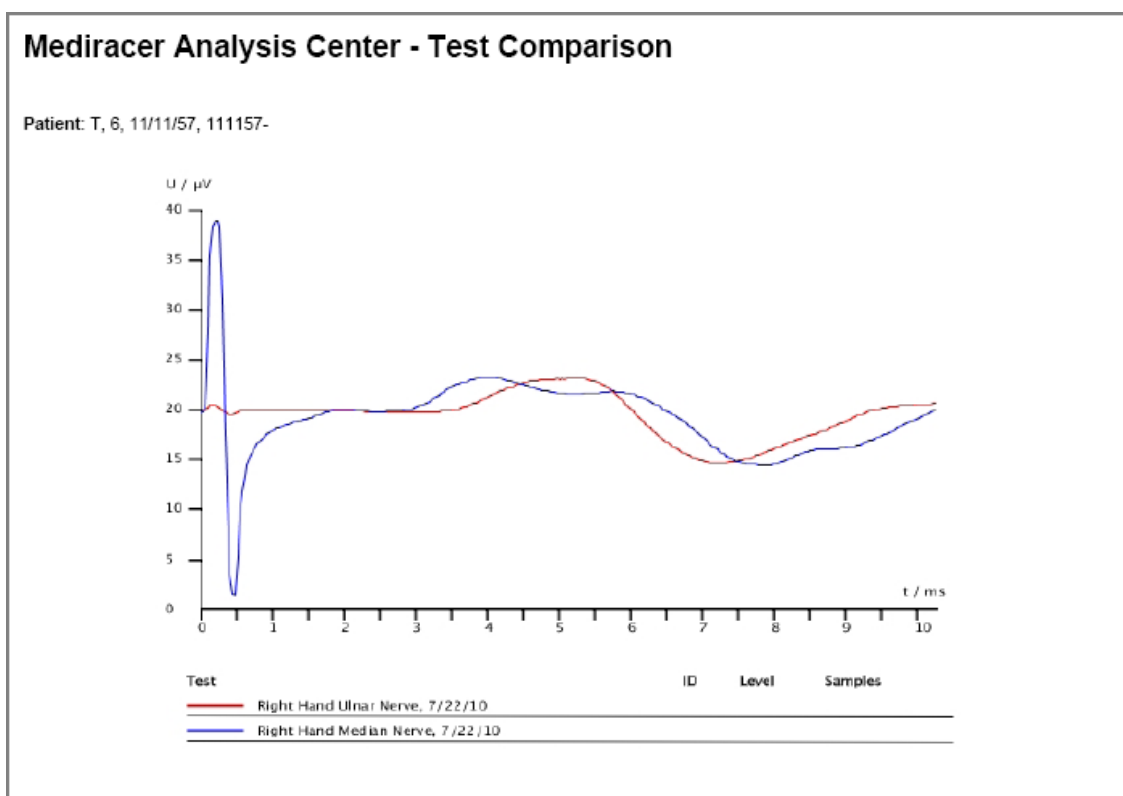
Kuva 3. Testihenkilön t3 vastekäyrät



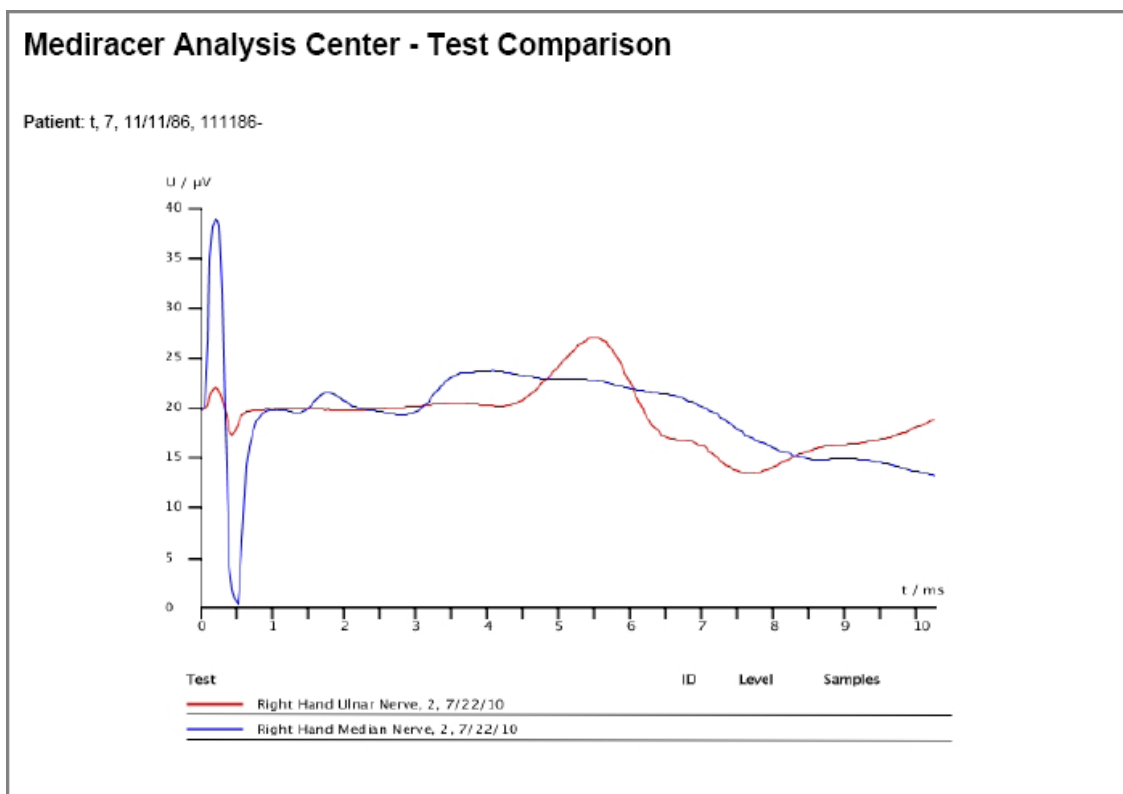
Kuva 4. Testihenkilön t4 vastekäyrät



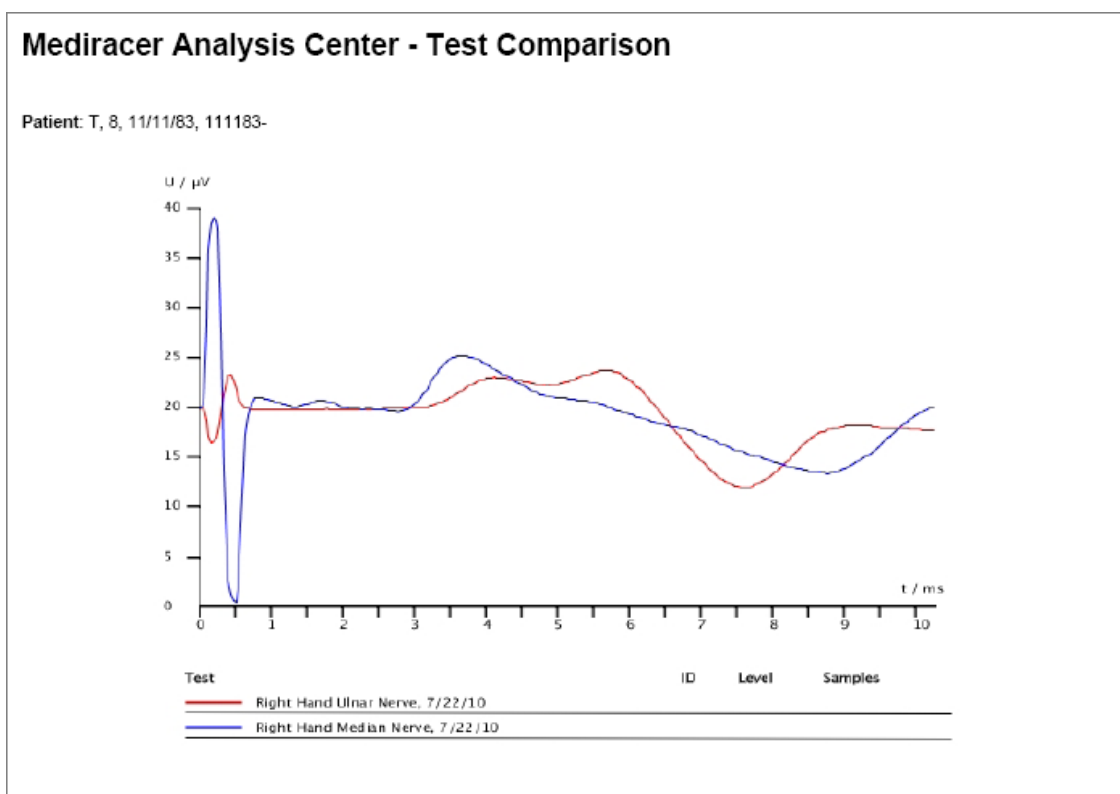
Kuva 5. Testihenkilön T5 vastekäyrät



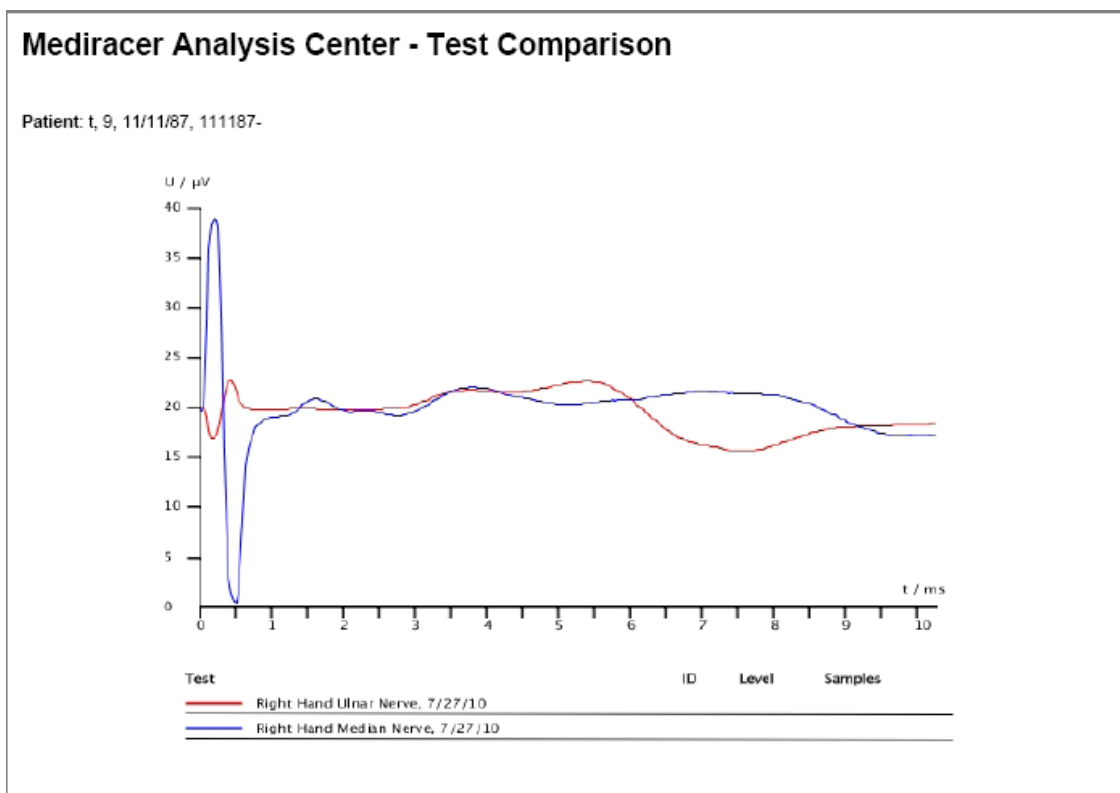
Kuva 6. Testihenkilön T6 vastekäyrät



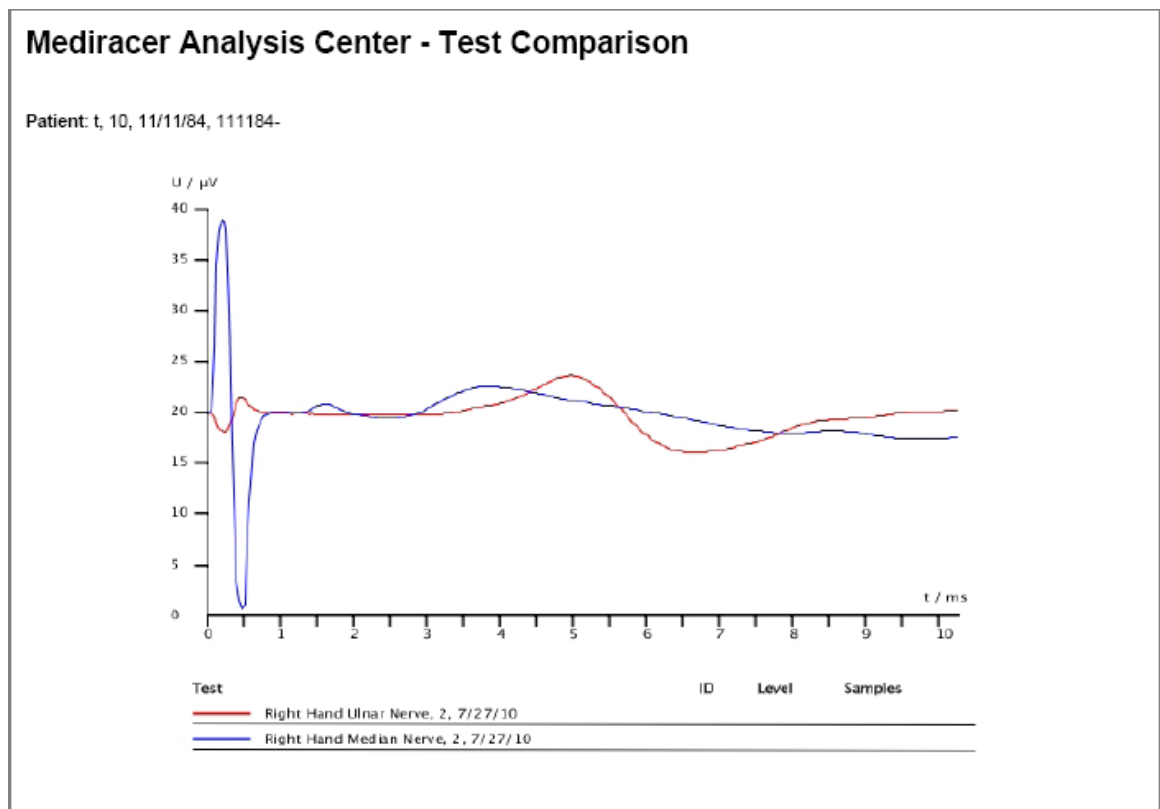
Kuva 7. Testihenkilön t7 vastekäyrät



Kuva 8. Testihenkilön T8 vastekäyrät



Kuva 9. Testihenkilön t9 vastekäyrät



Kuva 10. Testihenkilön t10 vastekäyrät

Analyysi

Kuva 1, Koehenkilö T1:

Vasteissa on hieman tavallista pidemmät viiveet. Iso käsi on voinut olla syynä keskivertoa pidempiin viiveisiin.

Kuva 2, Koehenkilö t2:

Vasteet ovat selkeät

Kuva 3, Koehenkilö t3:

Signaalissa on havaittavissa jonkin verran häiriötä. Häiriö voi olla mahdollista liike- tai jännitysartefaktaa. Todennäköisempi syy häiriöön on kuitenkin se, että mittalaitteen kytkentäkaapeli ei ole ollut kunnolla kiinni elektrodissa. Voi olla myös mahdollista, että elektrodi oli vioittunut. Häiriöstä huolimatta vasteet ovat luettavissa ja normaalit.

Kuva 4, Koehenkilö t4:

Vasteet ovat erinomaisen selvät.

Kuva 5, Koehenkilö T5:

Vasteet ovat erinomaisen selvät.

Kuva 6, Koehenkilö T6:

Vasteet ovat hyvät ja luettavat.

Kuva 7, Koehenkilö t7:

Medianushermon vastekäyrä on erinomainen. Ulnarivasteen alku saattaisi selkiytyä, jos käytettäisiin suurempaa vahvistusta.

Kuva 8, Koehenkilö T8:

Vasteet ovat erinomaiset.

Kuva 9, Koehenkilö t9:

Vasteet ovat hyvät.

Kuva 10, Koehenkilö t10:

Mittaus on onnistunut, vaikka ulnarishermon vasteen alku ei ole terävä.