



**UPPSALA  
UNIVERSITET**

Biomedicinska analytikerprogrammet  
Institutionen för medicinsk biokemi och mikrobiologi  
Examensarbete, 15 hp  
Vårterminen 2009

Does photographic documentation of the position of the recording electrodes  
decrease motor amplitude variation in electroneurography?

Hazha Abdulrahman, Aaron Mach

Handledare: Hans Axelson, Lena Eriksson och Margareta Grindlund.

## **ABSTRACT**

It is known that there is an intraindividual amplitude variation in motor electroneurography when the same person is examined at different times. This variation affects the evaluation the status of the patient. The aim of this study was to investigate if the intraindividual amplitude variation decreased by photographing the electrode position, that later is used in the follow-up study.

Twenty test persons were examined by four laboratory scientists. The nerves that were examined were median, ulnar, peroneal and tibial nerve. At the first examination the laboratory scientists used method guidelines and took photographs of the electrode position. The photographs were then used in the follow-up.

The results showed that there was an indication of decreased of the intraindividual amplitude variation when photographic documentation was used instead of method guidelines.

### **Key words:**

Electrode position, *nervus medianus*, *nervus ulnaris*, *nervus peroneus*, *nervus tibialis*.

## INLEDNING

Nervsystemet består av två huvuddelar, centrala nervsystemet (CNS) och perifera nervsystemet (PNS). CNS består av hjärnan och ryggmärgen. Nervvävnaden i CNS består av grå substans och vit substans. Den grå substansen består av nervcellskroppar och korta nervfibrer medan den vita substansen består av nervcellernas långa nervfibrer. PNS-nerver som utgår parvis från ryggmärgen och hjärnstammen består av buntar av nervfibrer som omges av gliaceller och bindväv. Dessa bildar tunnare nervfibrer som fungerar som sensoriska och motoriska nervfibrer. Sensoriska nervfibrerna förmedlar information från sinnesceller till hjärnan, medan de motoriska nervfibrerna förmedlar signaler från hjärnan och ryggmärgen till körtel- och muskelceller. Information till och från nervceller förmedlas med hjälp av nervimpulser som är resultatet av spänningsskillnaden mellan cellmembranets ut- och insida. Nervimpulserna utlöses av yttre och inre faktorer t.ex. stimulering av sinnesceller, spontan urladdning i cellmembranet eller påverkan från andra nervceller.

Nervsystemet förmedlar information med hjälp av kemiska signalsubstanser som binds till receptormolekyler på mottagareceller. Elektriska impulser leds med hög hastighet längs nervcellernas nervfibrer (axon) till kontaktpunkten som i sin tur leder impulsen vidare till målcellen. Kontaktpunkter mellan nervceller eller mellan nervceller och muskel- eller körtelceller kallas för synapser.

Från halsens 5:e till 8:e koda (C5-C8) och 1:a bröstkota (T1) löper nervfibrer mot armen. Dessa nervbuntar flätar ihop sig till 3 stammar. Detta är början på överarmens nervfläta, *plexus brachialis*.

*Plexus brachialis* delar sig i 3 posteriora och 3 anteriora divisioner som i sin tur flätar upp sig till 3 grenar. Därefter bildas de 5 perifera nerverna *n. medianus*, *n. ulnaris*, *n. radialis*, *n. axillaris* och *n. musculocutaneus*. Dessa är ansvariga för armens motorik och sensorik.

*N. medianus* löper ner från *plexus brachialis*. Vid underarmen går en gren ut från *n. medianus* och bildar palmara cutaneusnerven som innerverar huden över tummuskellogen. Huvudgrenen löper vidare under karpaltunneln och ner mot handflatan där den är ansvarig för sensorisk innervering av fingrarna 1-3 och halva finger 4 samt motorisk innervering av *abductor pollicis brevis* (APB). Under karpaltunneln kan *n. medianus* komma i kläm och orsaka karpaltunnelsyndrom. Syndromet kommer sig av att utrymmet mellan handledlovsbenet och det tvärgående ledbandet blir trångt. Vanliga orsaker till karpaltunnelsyndrom är tungt och repetitivt arbete, yttre tryck, vibrationer, fetma och graviditet [1]. Symptom på karpaltunnelssyndrom är bland annat svaghet i handen, domningar, myrkrypningar och smärta som oftast visar sig nattetid [2-4].

*N. ulnaris* har sitt ursprung i *plexus brachialis* med rötter i 8:e halskotan (C8) och 1:a bröstkotan (T1). Den löper från överarmens mediala sida över till dess dorsala sida innan den passerar mellan överarmens mediala epikondyl och armbågsbenets proximala utskott. Den försörjer muskler i underarmen; *flexor carpi ulnaris* och delar av *flexor digitorum profundus* och det mesta av handens muskler bl.a. *m. adductor digiti mini* (ADM). *N. ulnaris* kan komma i kläm under kubitaltunneln som är belägen mellan den mediala epikondylen och armbågsledbandet och orsaka kubitaltunnelsyndrom. Symptom för kubitaltunnelsyndrom är bl a muskelsvaghet, domningar, myrkrypningar och smärta [5,6].

Kroppens största nerv finns i den övre delen av låret och kallas för ischiasnerven. Den har sina rötter i 4:e och 5:e lumbalkota (L4-L5) och 1:a-3:e sakralkota (S1-S3). Dessa bildar

tillsammans *sacral plexus* som är en nervfläta i den posteriora delen av låret. Ischiasnerven innerverar baksidan av låret och alla muskler distalt om knät. Nerven grenar sig till två huvudgrenar, nämligen *n. tibialis* och *n. peroneus*.

*N. peroneus* har sina rötter i 4:e och 5:e lumbalkotorna (L4-L5) och 1:a och 2:a sakralkotan (S1-S2). Nerven löper snett ner från ”popliteal fossa” (knävecket) och ner längst med vadbenet. Därefter delar nerven sig i två grenar och bildar en djup och en ytlig *n. peroneus*. Den djupa grenen innerverar den anteriora delen av benets muskler. Den ytliga grenen är ansvarig för sensorisk innervation av anterolaterala delen av benet, vristen och foten. Påverkan av enskild nerv i nedre extremiteter drabbar oftast *n. peroneus*. Skadorna sker framför allt i nivå med knävecket och är ett resultat av sträckskada eller att nerven hamnar i kläm. Symtom är smärta och över laterala delen av underbenet och dorsala delen av foten kan man även få så kallad ”drop foot” om fotledens böjarmuskler blir påverkade [7].

Från ”poplitea fossa” grenar ischiasnerven upp sig och den största av dessa två grenar bildar *n. tibialis*. Nerven löper vidare ner till foten och innerverar motorisk den posteriora delen av vad- och fotmusklerna. Sensoriskt innerverar *n. tibialis* fotsulan och stor- och lilltå. Nerven passerar tarsal tunnel innan den når ner till foten. Tarsaltunneln är området bakom och under malleolusbenet vid vristen och där kan *n. tibialis* komma i kläm, vilket orsakar tarsaltunnelsyndrom. Symtom är smärta som strålar ut mot hälen och fotsulan, domningar, förlorad känsel och överkänslighet kring nervbanan i foten [8, 9].

Utöver ovan beskrivna tillstånd av enskild nervskada kan ibland samtliga nerver vara påverkade samtidigt, polyneuropati. Tillståndet polyneuropati kan exempelvis drabba typ 1 diabetiker [10]. Det finns även mer ovanliga tillstånd med inflammatorisk nervsjukdom som ger upphov till inflammatorisk demylerande polyneuropati som orsakas av bland annat *Campylobacter jejuni/coli* [11]. En fruktad komplikation till denna bakteriesjukdom är en inflammatorisk nervsjukdom som i värsta fall kan bli långvarig. I Uppsala följer man dessa patienter med upprepade elektroneurografier.

Idag används elektroneurografi när man vill undersöka nervfunktionen. Redan på 1850-talet började man använda sig av elektroneurografi på djur. De dröjde ca 100 år, närmare bestämt till 1948, innan motorisk elektroneurografi blev en etablerad metod för människan. Sensorisk neurografi kunde utföras först 8 år senare [12].

Elektroneurografi är en viktig undersökning för upptäckandet av perifera nervsjukdomar och är ett bra hjälpmedel vid diagnostisering, klassificering och gradering av nervpåverkan [13]. På Akademiska sjukhuset utförs ca 2500 elektroneurografier årligen i syfte att upptäcka bland annat myelopatier, motorneurosjukdomar, diskbråck, brachial plexusskada, nervkompression m.m.

Vid en elektroneurografiundersökning analyserar man ledningshastigheten och ledningsförmågan i motoriska och sensoriska nerver. Nerven stimuleras genom att elektriska stötar ges längs nervbanan. Det motoriska svaret registreras från de innerverade musklerna och vid sensorisk elektroneurografi registreras nervaktionspotentialen direkt över nerven. Svaren fångas upp med hjälp av ytelektroder. Typ och placering av elektroden har stor betydelse för amplitudstorleken [14].

För att mäta nervfunktionen med elektroneurografi stimulerar man nerven vid 2 positioner; proximalt (nära bålen) och distalt (längre ut från bålen). Tidsskillnaden mellan dessa två punkter ger ledningstid, conduction time (CT). Genom att dividera längden på nervsegment i millimeter med CT i millisekunder kan man räkna ut Maximal Motor Conduction Velocity

(MCV) vilket är ledningshastigheten uttryckt i m/s. Vid stimulering av motoraxoner uppstår aktionspotential från enstaka muskelfibrer som ger upphov till compound motor action potential (CMAP). Amplituden av CMAP mäts från baslinje till högsta toppen [15]. Den distala hudtemperaturen är av stor betydelse då MCV ökar med ca 5% per grad när temperaturen höjs från 29-38°C [16]. Andra faktorer som påverkar MCV är patientens längd och ålder. Studier visar att över 17% av variabiliteten i *n. peroneus*-MCV beror på längden [17]. Placering av registrerande ytelektrod har också stor betydelse för amplituden på CMAP [14]. Ytelektroder som placeras fel kan ge både ett falskt positivt liksom ett falskt negativt resultat.

Vid motorisk elektroneurografiundersökning är det känt att den intraindividella amplitudskillnaden är ca 20% då olika undersökare undersöker samma patient. Med anledning av detta försvåras tolkning av mätdata vid patientuppföljning. Syftet med denna studie var att undersöka om tillförlitligheten ökar vid motorisk elektroneurografi med hjälp av digital fotografering av elektrodläge vid första undersökningen som ska användas vid uppföljning.

## MATERIAL OCH METOD

### Försökspersoner

I denna studie ingick 20 frivilliga försökspersoner i åldrarna 19-62. Av dessa 20 försökspersoner var 8 män och 12 kvinnor.

### Försöksplan

Försökspersonerna undersöktes av två erfarna biomedicinska analytiker och två biomedicinska analytikerstudenter. Försökspersonerna blev undersökta 2 gånger av varje undersökare. Undersökningen pågick i fem veckor. Samtliga undersökare utförde undersökningar enligt metodbeskrivning vid undersökning 1. Studenterna som undersökte de 10 första försökspersonerna fotograferade placeringen av elektroderna. De erfarna biomedicinska analytikerna fotograferade elektrodplaceringen av resterande 10 försökspersoner. Dessa fotografier användes vid undersökning 2. Alla undersökare utförde därefter undersökning 2 enligt fotografierna (tabell 1). Studien gick ut på att undersöka spridningen i motorisk amplitud (mätfel) med eller utan fotografidokumentation av elektrodläge vid elektroneurografiundersökning av *n. medianus* och *n. ulnaris* på höger hand samt *n. peroneus* och *n. tibialis* på höger fot.

För att undersöka huruvida det fanns någon skillnad i amplitudvariation mellan undersökning 1 (enligt metod) och undersökning 2 (enligt fotografi) gjordes en variationskoefficientuträkning ( $CV = \text{standarddeviation} / \text{medelvärde}$ ). I tabell 1 visas hur detta gick till för varje försöksperson och typ av undersökning.

Sjukdomshistoria var inte av intresse i denna studie då man inte jämför försökspersonens data med någon annans och tiden mellan de två mätningarna var inte längre än två veckor.

### Material

För att undersöka försökspersonerna användes en stimuleringselektrod med 23 mm avstånd mellan katod och anod (Nihon Kohden, Japan) över nerven. Två ytelektroder, 1 registrerings- och 1 referenselektrod med 10 mm i diameter (egentillverkad) placerades över den innerverande muskeln respektive leden. Alla data bearbetades och samlades i Key Point-system (Medtronic, Danmark).

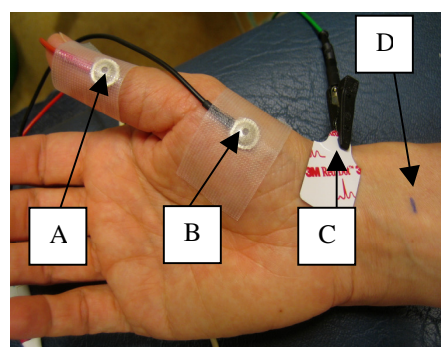
**Tabell 1** visar undersökningsprotokollet för en försöksperson. Medelvärde och standardavvikelse baseras på fyra mätningar av biomedicinsk analytiker 1-4.

Undersökare	Försöksperson	
	Undersökning	
1	1	2
2	1	2
3	1	2
4	1	2
	Medelvärde	Medelvärde
	Standarddeviation	Standarddeviation
	Variationskoefficient CV %	Variationskoefficient CV %

## Elektro-neurografiundersökning

### *N. medianus*

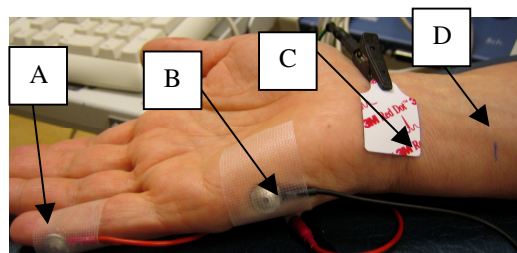
Försökspersonen satt med höger armbåge lätt böjd med handflatan uppåt, och fingrarna i ett avslappnat neutralt läge. Temperaturen kontrollerades så att den inte understeg gränsvärdet på 27°C. Den registrerande elektroden placerades ut på försökspersonens tummuskel, APB. Referenselektroden placerades på distala interfalangealleden, digit. I (finger 1). Stimuleringselektroden placerades 8cm proximalt om den registrerande elektroden. Jordelektroden placerades mellan registreringselektroden och stimuleringselektroden (figur 1). *N. medianus* stimulerades genom elektriska stötar. Stimuleringsstyrkan ökades successivt och när maximal amplitud erhöles ökades strömstyrkan med ytterligare 20%. Detta gjordes för att säkerställa supramaximal stimulering, det vill säga alla nervtrådar som är möjliga att stimulera stimuleras.



Figur 1 visar placering av elektroder vid motorisk neurografi på *n. medianus*.  
(A) Referenselektrod, (B) Registreringselektrod, (C)

### *N. ulnaris*

Försökspersonen satt med höger armbåge lätt böjd med handflatan uppåt, och fingrarna i ett avslappnat neutralt läge. Temperaturen kontrollerades så att den inte understeg gränsvärdet på 27°C. Den registrerande elektroden placerades på försökspersonens ADM på en linje mellan 5:e metocarpofalangeal leden och pisiformbenet. Referenselektroden placerades på distala interfalangealleden, digit V (finger 5). Stimuleringselektroden placerades 8 cm proximalt om den registrerande elektroden. Jordelektroden placerades mellan registreringselektroden och

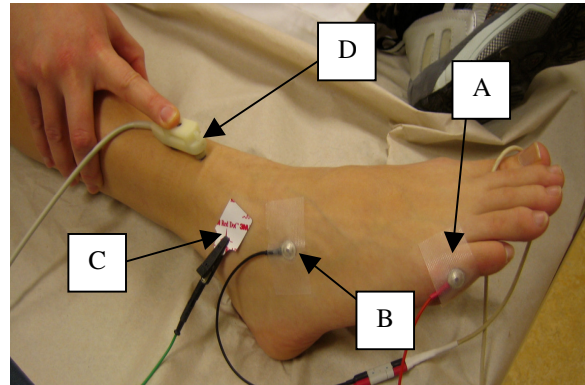


Figur 2 visar placering av elektroder vid motorisk neurografi på *n. ulnaris*.  
(A) Referenselektrod, (B) Registreringselektrod, (C) Jordelektrod, (D) Stimuleringspunkt.

stimuleringselektroden (figur 2). *N. ulnaris* stimulerades genom elektriska stötar. Stimuleringsstyrkan ökades successivt och när maximal amplitud erhöles ökades strömstyrkan med ytterligare 20%. Detta gjordes för att säkerställa supramaximal stimulering, det vill säga alla nervtrådar som är möjliga att stimulera stimuleras.

### *N. peroneus*

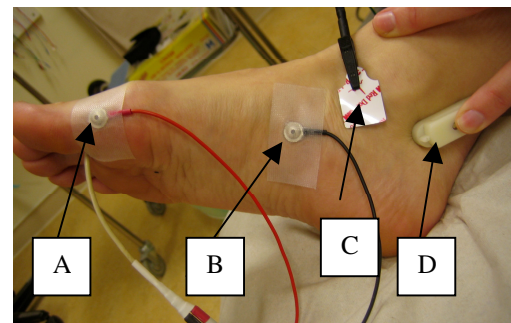
Försökspersonen satt med höger ben i ett avslappnat neutralt läge. Temperaturen på foten kontrollerades så att den inte understeg gränsvärdet på 27°C. Den registrerande elektroden placerades på försökspersonens *m. extensor digitorum brevis*. Referenselektroden placerades på lilltån. Stimuleringselektroden placerades 8 cm proximalt om den registrerande elektroden. Jordelektroden placerades mellan registreringselektroden och stimuleringselektroden (figur 3). *N. peroneus* stimulerades genom elektriska stötar. Stimuleringsstyrka ökades successivt och när maximal amplitud erhöles ökades strömstyrkan med ytterligare 20%. Detta gjordes för att säkerställa supramaximal stimulering, det vill säga alla nervtrådar som är möjliga att stimulera stimuleras.



Figur 3 visar placering av elektroder vid motorisk neurografi på *n. ulnaris*. (A) Referenselektrod, (B) Registreringselektrod, (C) Jordelektrod, (D) Stimuleringspunkt.

### *N. tibialis*

Försökspersonen satt med höger ben i ett avslappnat neutralt läge. Temperaturen på foten kontrollerades så att den inte understeg gränsvärdet på 27°C. Den registrerande elektroden placerades på försökspersonens *m. adductor hallucis*, 10 mm nedanför den posterioradelen av navicularbenet. Referenselektroden placerades på stortåleden. Jordelektroden placerades mellan registreringselektroden och stimuleringselektroden (figur 4). *N. tibialis* stimulerades genom elektriska stötar. Stimuleringsstyrka ökades successivt och när maximal amplitud erhöles ökades strömstyrkan med ytterligare 20%. Detta gjordes för att säkerställa supramaximal stimulering, det vill säga alla nervtrådar som är möjliga att stimulera stimuleras [15].



Figur 4 visar placering av elektroder vid motorisk neurografi på *n. tibialis*. (A) Referenselektrod, (B) Registreringselektrod, (C) Jordelektrod, (D) Stimuleringspunkt.

Undersökning 2 utfördes på samtliga nerver genom att elektroderna placerades enligt fotografierna.

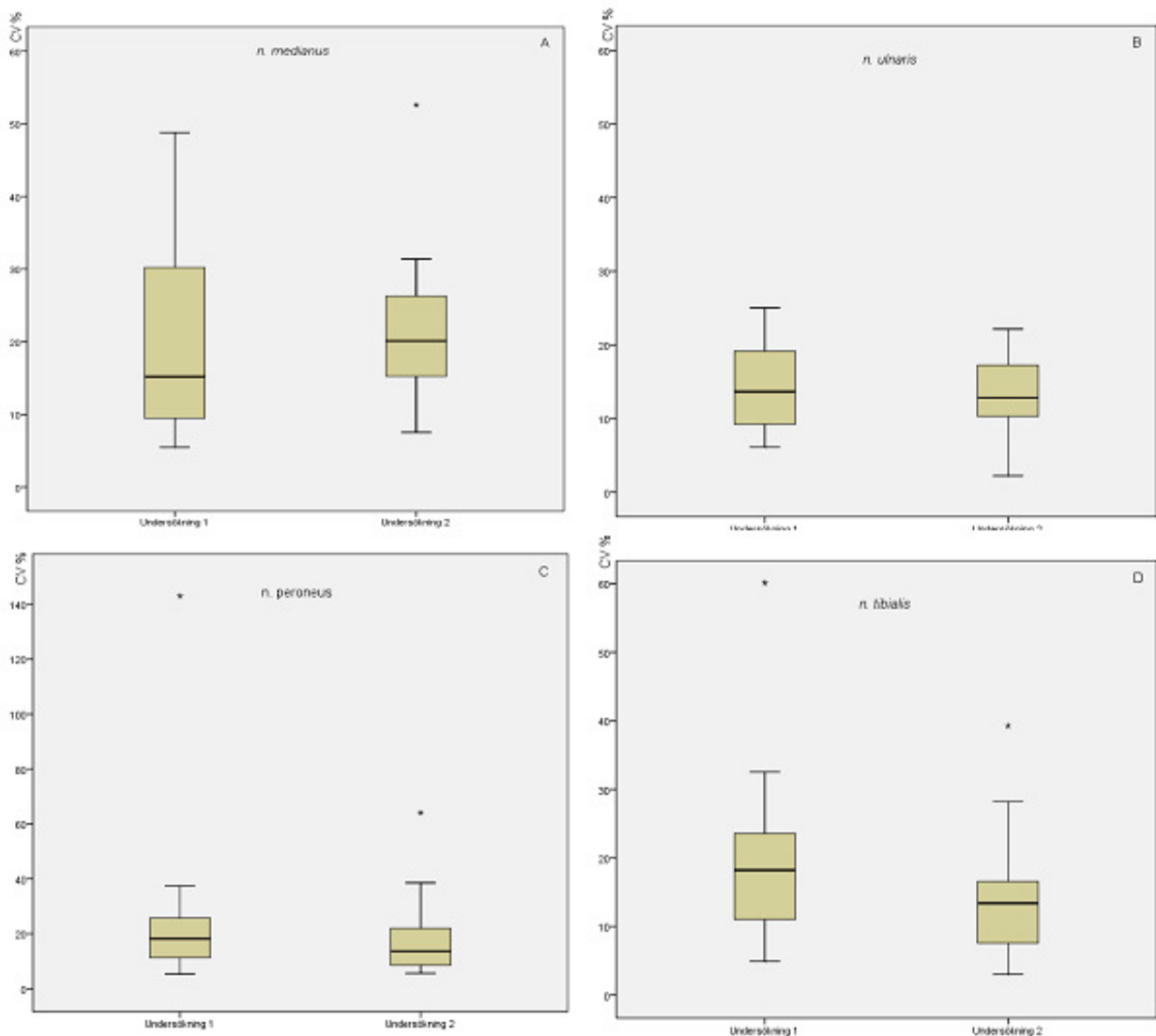
### Statistik

En nollhypotes utfördes enligt "Wilcoxon signed-rank test". Nollhypotesen var att det inte fanns någon signifikant skillnad i den intraindividuell amplitudskillnaden mellan

undersökning 1 och undersökning 2. Nollhypotesen kan förkastas med 95% säkerhet då p-värdet är lägre än 0,05.

## RESULTAT

För *n. medianus* såg man en lägre spridning av de motoriska amplituderna om man utförde undersökningen enligt metodbeskrivning än om man utgick från det fotograferade elektrodläget (CV 15% i undersökning 1 jämfört med CV 20% i undersökning 2) (figur 5A). *N. ulnaris* visade ingen uppenbar skillnad i CV mellan undersökning 1 (14%) och undersökning 2 (13%) (figur 5B). Däremot sågs för *n. peroneus* en lägre amplitudvariation om man utgick från fotografi (CV 18% i undersökning 1 jämfört med CV 14% i undersökning 2) (figur 5C). Skillnaden i CV var ännu tydligare för *n. tibialis* (CV 18% jämfört i undersökning 1 jämfört med 13% i undersökning 2) (figur 5D).



Figur 5 A-D visar variations koefficienten (CV %) för samtliga undersökta nerver på samtliga försökspersoner. Undersökning 1 och 2 visar den intraindividella spridningen i amplitud för respektive nerv. 50 % (andra kvartil) av alla CV % ligger inom boxen. Det svarta strecket i boxen visar medianvärdet. Prickarna i figuren visar extremvärden.



Det gjordes en hypotesprövning för att se om det var signifikant skillnad mellan den intraindividella amplitudskillnaden för undersökning 1 och undersökning 2. Statistiskt signifikant skillnad mellan undersökningarna kunde endast konstateras för *n. tibialis* ( $p=0,03$ ). Det fanns även en signifikant skillnad mellan undersökningarna för samtliga nerver tillsammans ( $p=0,044$ ). Tabell 2 visade en sammanställning av statistiska utvärderingen för respektive nerv.

**Tabell 2** Visar hypotesprövning av variationskoefficienten enligt Wilcoxon signed-rank test.

Nerv	<i>n. medianus</i>	<i>n. ulnaris</i>	<i>n. peroneus</i>	<i>n. tibialis</i>	Samtliga nerver
Undersökning	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
p-värde	0,737	0,411	0,126	0,030	0,044

## DISKUSSION

Vid mätning av nerver är det viktigt att den intraindividella amplitudskillnaden är så liten som möjligt vid patientuppföljning. Amplituden vid en elektroneurografi ger nämligen mycket information om det föreligger neuromuskulära och neurogenetiska sjukdomar [18]. Vår hypotes var att denna skillnad minskar då man vid första undersökningstillfället fotograferar elektrodplaceringen. Vid patientuppföljning utförs då undersökningen enligt fotografi istället för metodbeskrivning.

För att se relativa spridningen för varje nerv och försöksperson räknades variationskoefficienten ut. Med hjälp av variationskoefficient såg vi att värdena inte var normalfördelade utan var utspridda. Därför var medianvärdet mer intressant för oss än vad medelvärdet var (figur 5 A-D).

Man kunde misstänka att den intraindividella amplitudskillnaden för *n. medianus* hade ökat vid undersökning 2 jämfört med undersökning 1, då andra kvartilen för undersökning 2 hade högre startvärde och även medianvärdet var något högre (figur 5A). För *n. ulnaris* såg man inga större skillnader mellan undersökning 1 och undersökning 2 förutom att spridningen i den andra kvartilen hade minskat något. Det var svårt att kunna se några skillnader mellan undersökning 1 och undersökning 2 för *n. peroneus* på grund av att det fanns ett fåtal extremvärden. För *n. tibialis* kunde man ana en skillnad mellan undersökning 1 och undersökning 2 då både medianvärdet och andra kvartilen var lägre vid undersökning 2 jämfört med undersökning 1.

Vi gjorde en hypotesprövning för att se om det finns en signifikant skillnad mellan undersökning 1 och undersökning 2 för varje nerv. Vi valde att göra en hypotesprövning enligt Wilcoxon signed ranks test eftersom värdena inte var normalfördelade. För att kunna förkasta nollhypotesen med 95% säkerhet måste P-värdet vara mindre än t-värdet på 0,05. Man kunde inte förkasta nollhypotesen för *n. medianus*, *n. ulnaris* och *n. peroneus* eftersom samtliga P-värden var högre än t-värdet. Däremot kunde man förkasta nollhypotesen för *n. tibialis* då P-värdet (0,030) var mindre än t-värdet (tabell 1). Trots att det fanns en liten signifikant skillnad mellan undersökning 1 och undersökning 2 för samtliga nerver så anser vi i dagens läge inte att fotografi ska införas i patientverksamheten. Detta på grund av att det skiljer sig mycket från nerv till nerv. På *n. medianus* anar man en försämring snarare än en förbättring i den intraindividella amplitudskillnaden då man använder sig av fotografi medan det är tvärtom vid undersökning av *n. tibialis*.

En möjlig förklaring till varför det blev en så stor intraindividuell amplitudskillnad på just *n. medianus* kan vara att APB varierar i längd beroende på läget på handen. Tidigare studier har nämligen visat att muskellängden har betydelse för hur amplituden ser ut [19, 20]. Det är alltså handens position som påverkar muskelns längd som i sin tur påverkar hur snabbt signalen når fram till enskilda muskelfibrer som påverkar amplitudstorleken [21].

Fördelen med att använda fotografi för elektrodplacering vid patientuppföljning är bland annat att även mindre erfarna undersökare kan utföra elektroneurografi och att skillnaden i elektrodplacering från undersökare till undersökare därmed minimeras, vilket skulle leda till att den intraindividuell amplitudskillnaden minskar för vissa nerver.

Nackdelen med metoden är att det finns tendens till försämring för vissa nerver. Andra nackdelar är bland annat att det är tidskrävande att föra över fotografierna från kamera till en dator, att det är svårt att placera elektroderna när patienten inte har några märken att navigera efter och att det blir extra kostnader i tid och elektronikutrustning.

I framtiden skulle man kunna utveckla metoden och göra vissa förbättringar. Man skulle exempelvis kunna ha fler undersökare för att normalisera den intraindividuell amplitudskillnaden och fler försökspersoner. Vid fotograferingen skulle man kunna markera området mellan elektroderna och stimuleringspunkten med exempelvis en linjal. Mer kunskap i statistik och fotografering är också nödvändigt för att gå vidare med studien. Förslagsvis skulle man även kunna använda större ytelektroder för att minska CV % i amplituden. Enligt tidigare studier minskar CV med cirka 31% då man använder större elektroder [22].

Amplitudskillnad undersökare emellan är också intressant att studera i framtiden. En studie från John Hopkins university school of medicine har nämligen visat att i 4 av 12 fall finns en signifikantskillnad på amplituden då olika undersökare undersöker en och samma patient [23]. Sammanfattningsvis kan vi säga att det finns en viss tendens till minskning av den intraindividuell amplitudskillnaden då undersökningen utförs med hjälp av fotografisk dokumentation av elektrodläge.

## ACKNOWLEDGMENT

Vi vill tacka våra handledare Hans Axelson, Lena Eriksson och Margareta Grindlund för att ni har stöttat oss i torrt och vått under vårt arbete och fått oss att känna oss välkomna. Tack för att ni har trott på oss från början till slut. Vi vill även tacka alla försökspersoner som har ställt upp. Utan er hade vi inte kunna utföra denna studie.

## REFERENSER:

- [1] Aroori S, Spence R. Carpal tunnel syndrome. *Ulster medical journal*, 2008 (77) 6-17.
- [2] Bakhtiary A, Pour A. Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome. *Australian journal of physiotherapy*, 2004 (50) 147-151.
- [3] Haider N et al. Pulsed radiofrequency of the median nerve under ultrasound guidance. *Pain physician journal*, 2007 (10) 765-770.
- [4] Atroshi I et al. Carpal tunnel syndrome and keyboard use at work. *Arthritis & Rheumatism*, 2007 (56) 3620-3625.
- [5] Ruess L et al. Carpal tunnel syndrome and cubital tunnel syndrome: work-related musculoskeletal disorders in four symptomatic radiologists. *American journal of roentgenology*, 2003 (181) 37-42.
- [6] John J, Palmas J. Cubital tunnel in ulnar entrapment neuropathy. *Radiologi*, 1986 (158) 119-123.
- [7] Tsur A, Common peroneal neuropathy in patients after first-time stroke. *The israel medical association journal*, 2007 (9) 866-869.
- [8] Takakura Y et al. Tarsal tunnel syndrome: causes and results of operative treatment. *Journal of bone and joint surgery*, 1991 (78) 125-128.
- [9] Erickson S et al. MR imaging of the tarsal tunnel and related spaces: normal and abnormal findings with anatomic correlation. *American journal of roentgenology*, 1990 (155) 223-228.
- [10] Christen W et al. Risk factors for progression of distal symmetric polyneuropathy. *American journal of epidemiology*, 1999 (150) 1142-1151.
- [11] Taylor B et al. Serological evidence for infection with *Campylobacter jejuni/coli* in patients with multifocal motor neuropathy. *Journal of clinical neuroscience*, 1998 (5) 33-35.
- [12] Todnem K et al. Non-linear relationship between nerve conduction velocity and skin temperature. *Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry*, 1989 (52) 497-501.
- [13] Awang M et al. Nerve conduction study of healthy Asian Malays: The influence of age on median, ulnar, and sural nerves. *Medical science monitor*, 2007 (13) 330-332.
- [14] B. Johnsen, A. Fuglsang-Frederiksen. Electrodiagnosis of polyneuropathy. *Journal of clinical neurophysiology*, 2000 (30) 339-351.
- [15] Stålberg E, Falck B, Clinical motor nerve conducting studie. *Methods in clinical neurophysiology*, 1993 (4) 61-81.
- [16] Kiernan M, Cikurel K, Bostock H. The effect of temperature on the excitability properties of human motor axons. *Brain*, 2001 (124) 816-825.

- [17] Rivner M, Swift T, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle and nerve*, 2001 (24) 1134-1141.
- [18] Wilbourn A. Nerve conduction studies Types, components, abnormalities, and value in localization. *Neurologic clinics of North America*, 2002 (20) 305-338.
- [19] Higuchi K, Narita Y, Kazubara S. Interexaminer variance of median nerve compound muscle action potential measurements in hand position with and without fixation in plaster. *Clinical neuromuscular disease*, 2008 (10) 37-41.
- [20] Kim BJ et al. Physiologic changes of compound muscle action potentials related to voluntary contraction and muscle length in carpal tunnel syndrome. *Journal of electromyography and kinesiology*, 2005 (15) 275–281.
- [21] Lateva Z, McGill K, Burgar C. Anatomical and electrophysiological determinants of the human thenar compound muscle action potential. *Muscle and nerve*, 1996 (19) 1457-1468.
- [22] Tjong-A-Tsien AM et al. Large electrodes improve nerve conduction repeatability in controls as well as in patients with diabetic neuropathy. *Muscle and nerve*, 1996 (19) 689-695.
- [23] Cornblath D et al. Inter- and intra-examiner reliability of nerve conduction measurement in normal subjects. *Annals of neurology*, 1991 (30) 841-843.