

FRÆDSLUKVER 1
Marinó Pétur Hafstein

TAUGARAFRIT OG VÖÐVARAFRIT

Tilgangur greinarinnar er að kynna læknum undirstöðuatriði er varða tauga- og vöðvarafrit. Gengið er út frá litlum kynnum flestra lesenda af þessum prófum, þar sem þau hafa ekki áður verið kynnt hérlandis. Ýmsum tækniatriðum, sem mikilvæg eru fyrir þá sem framkvæma rannsóknina, er hinsvegar sleppt.

Í fyrri hluta greinarinnar er fjallað um grunnatriði, er varða eðlileg og óeðlileg svör og í seinni hluta hennar er sagt frá klínisku notagildi.

1. LÍFÆDLIS- OG LÍFFÆRAFRÆÐILEG UNDIRSTAÐA (1, 2, 3)

Úttaugakerfið samanstendur af heilataugum og kjörnum þess, framhornsfrumum mænu, taugarótum, taugaflækjum, taugum, taugavöðvamótum og vöðvum. Helstu einkenni við skaða á þessu kerfi eru: Vöðvamáttleysi, vöðvarýrnun, skyntap, dofi og/eða verkur. Oft er erfitt að átta sig á orsök þessara einkenna með sögu og skoðun einum sér. Hér koma tauga- og vöðvarafrit einmitt að gagni. Rannsóknin er beint framhald af sögu og skoðun, þegar grunur er um sjúkdóm í þessu kerfi. Tauga- og vöðvarafrit eru einu tiltæku starfrænu rannsóknirnar á úttaugakerfinu. Ólíkt sumum vefrænum aðferðum, svo sem mænu- og rötarmyndatöku, vöðva- og taugasýnum, eru þau minna inngríp fyrir sjúkling og án eftirstöðva. Tauga- og vöðvarafrit eru samt nokkuð sársaukafull og framkvæmd tekur langan tíma.

Eins og aðrar frumur í líkamanum hafa taugar og vöðvafrumur vissan spennunum yfir frumuhimnu sína. Í hvíld er spennan 60 til 90 millivolt, neikvæð að innan. Hvíldarspenna þessi er vegna mismunandi styrkleika Na⁺, K⁺ og Cl⁻jónanna og annarra frumeinda sitt hvoru megin himnunnar, ásamt misjafnri raunleiðni þeirra um himnuna. Þættir þessir eru svipaðir hjá öllum frumum. Eiginleiki vöðva- og taugafrumna hvað viðkemur afskautun og myndun hrifspennu greinir þær frá öðrum frumum og er undirstaða starfsemi þeirra og þessara rannsókna.

Spennuháð Na⁺ + göng í himnunni gera þeim þetta kleift. Undir eðlilegum kringumstæðum er áreiti til afskautunar efnafræðilegt. Í taugarafriti er áreitið raferting. Við afskautun verður himnan jákvæð að innan miðað við ytri flöt. Sé vissu þrepi náð myndast hrifspenna, sem dreifist um himnuna.

Framhornsfruma mænu, taugaþráður hennar og allar þverrákóttar vöðvafrumur, sem hann tengist, kallast *hreyfieining*. Stærð hreyfieininga er mismunandi, frá tveim vöðvafrumum í smáum raddbandavöðvum upp í u.þ.b. 2000 í stærri útlímavöðvum. Vöðvar er sjá um fíngerðar hreyfingar hafa venjulega litlar hreyfieiningar. Þegar hrifspenna myndast, dreifist hún niður eftir taugaþræðinum og losar asetýlkólín í taugavöðvamótunum, framan taugamóts. Asetýlkólín binst nemum á hreyfipynnum og veldur afskautun, svokallaðri hreyfipynnuspennu. Náist visst þrep myndast hrifspenna, sem dreifist um vöðvahimnuna með þriggja til fimm metra hraða á sekúndu í báðar áttir og hvetur samdráttarkerfi vöðvans.

Öll þessi lýsing er mikil einföldun á því sem á sér stað í þessu kerfi, en ekki er ástæða til að fara nánar út í þetta hér. Fyrir þá sem vilja fræðast nánar er bent á kennslubækur í taugalífæðlisfræði.

Tvær tegundir þverrákóttra vöðvafrumna eru þekktar í lífeðlis- og líffærafræðilegum skilningi, tegund I og II. Allar vöðvafrumur innan einstakra hreyfieininga eru sömu tegundar. Eins má flokka framhornsfrumur mænu í tvær tegundir, I og II. Tilraunir með víxltengingu tauga mismunandi tegunda hafa sýnt, að ákvörðun um vöðvafrumutegund er undir stjórn taugar. Vöðvafrumum einnar hreyfieiningar er dreift meðal frumna annarra, líkt og við tígulmynstur. Á svæði einstakra hreyfieininga, sem er um 5 til 10 mm að þvermáli, eru vöðvafrumur 10 til 30 annarra hreyfieininga að hluta eða öllu leyti. Vöðvafrumur I og II eru frábrugðnar sín á milli hvað viðkemur innihaldi ýmissa efna og hvata, efnaskiptum og notkun

orkugjafa ásamt litunar- og samdráttareiginleikum. Það sem hefur þýðingu hér, er að tegund I er smærri, hefur lægri áreitiprep og kemur fyrir inn í vöðvasamdráttinn.

Taugar úttaugakerfisins eru samsettar úr taugaþráðum með mismunandi þvermál. Þeim er skipt gróft í mýlda og ómýlda taugaþræði. Í ómýldum taugaþræði dreifist hrifspennan með staðbundinni hringrás, þ.e.a.s. að næstliggjandi svæði afskautast og svo koll af kolli. Rafleiðing er því hæg, aldrei yfir 3 m/sek. Hún eykst með auknu þvermáli tauga vegna minnkaðrar öxulfrymismótstöðu. Aukning á rafrýmd frumuhimunnar með auknu þvermáli, vinnur gegn aukinni rafleiðingu. Vegna milliverkana þessara þátta er rafleiðingarhraðinn í ómýldum taugum í réttu hlutfalli við kvaðratrót þvermáls taugaþráðarins.

Dýraríkið í þeirri mynd, sem við þekkjum það, krefst hraðari rafleiðingar í fingerðum taugum. Svar náttúrunnar er sköpun mýlisslíðurs.

Raunleiðni jóna og rafrýmd himunnar minnkar undir slíðrinu. Með öðrum orðum: Myndun og leiðing hrifspennunnar á sér aðeins stað á milli slíðra eða í mýlisskor. Þetta kallast stökkleiðing, sem er hröð, yfirleitt yfir 70 m/sek. og er í réttu hlutfalli við þvermál taugaþráðarins. Í hefðbundnu taugarafriti eru það aðeins stærstu mýldu taugaþræðirnir Ia og Ib, sem eru rannsakaðir. Mældur rafleiðingarhraði er sá hraðasti fyrir taug, frekar en meðaltal stærri þráða. Tækni utan líkamans er til, sem getur auk þess rannsakað eiginleika taugaþráða, sem leiða hægar.

TAUGARAFRIT (2, 4-6)

Taugarafrit byggjast á því að gefin er réttþyrnd raferting á taug með breytilega tímalengd (0,05-1,0 msek.) og spennu og skráð er viss svörun, sem er mismunandi eftir tegund prófsins.

Algengasta ertiskautið er yfirborðsskaut með tveim pólum, neikvæðum og jákvæðum. Þetta nægir í flestum tilvikum, en þegar þarf að raferta djúpliggjandi taug er nál oft beitt.

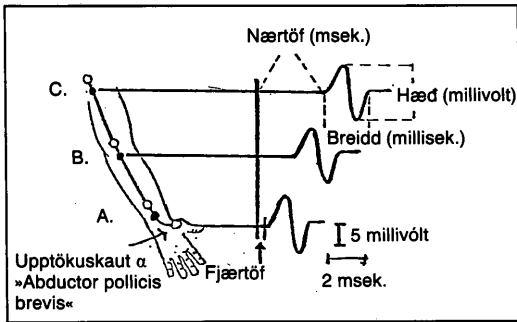
Við rafertinguna verður afskautun á himnu taugarinnar undir neikvæða pólum og endurskautun undir þeim jákvæða. Vegna þessa þarf neikvæði póllinn að snúa að upptökuskautinu við rafertinguna, annars gæti orðið endurskautunarhindrun.

Ýmsar tegundir yfirborðs- og nálaupptökuskauta eru til. Flestir nota hina fyrrgreindu, enda veldur

hún ekki sársauka og mæling á töf ásamt svári er miklu áreiðanlegri. Þó eru nálaupptökuskaut ómissandi í mjög rýrum vöðvum, þar sem ekkert svar fæst með yfirborðsupptökuskauti. Í tauga- og vöðvarafriti er hefð að tengja upptökuskautið þannig, að sá hluti svarsins sem er fyrir neðan miðlinu er jákvæður, en fyrir ofan neikvæður.

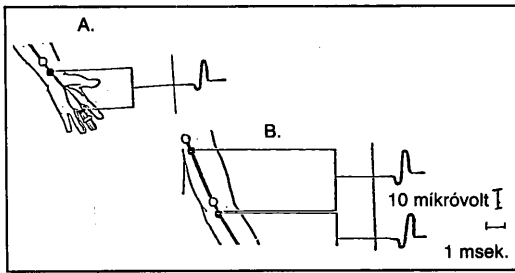
Hreyfitaugarafrit. Hér eru rannsakaðir taugaþræðir framhornsfrumna mænu, sem tengjast þverrákóttum vöðvafrumum. Upptökuskaut er sett yfir vöðva þeirrar taugar sem prófa skal. Neikvæði póllinn á upptökuskautinu er festur á húð yfir hreyfistað vöðvans, sem er yfirleitt miðbik hans og jákvæði póllinn festur yfir sin (búk- og sinaraðferð). Taugin er síðan rafert á ýmsum stöðum. Nauðsynlegt er að auka spennu og/eða tímalengd rafstuðsins, þar til engin aukning verður á svarinu og að minnsta kosti 25% betur eða að ofurerta, til að tryggja að allar hreyfitaugar til vöðvans afskautist. Annars er ekki hægt að treysta á mælda þætti svarsins. Taugaleiðingarhraðinn er reiknaður út á milli tveggja ertistaða eins og sýnt er á mynd 1. Í hreyfitaugarafriti er ekki hægt að reikna út taugaleiðingarhraða fyrir ysta ertistað. Hér yrði skekkjan vegna seinkunar á leiðingu um taugavöðvamótin og grönnu endataugaþræðina of mikil. Tíminn frá rafertingu til byrjunar svars á ysta ertistað er kallaður fjærtöf, skráð í millisekúndum og er sá tími, sem tekur að afskauta vöðvafrumurnar. Það sem skiptir máli í hreyfitaugasvarinu er: Hæð, breidd og almennt útlit (sjá mynd 1). Hæð svarsins er í beinu hlutfalli við fjölda afskautaðra vöðvafrumna mælt í millivoltum enda á milli. Breidd fer eftir samhæfingu afskautunarinnar. Eðlilegt hreyfitaugasvar er tveggja fasa með hinn fyrri neikvæðan. Algengar taugar sem hreyfitaugarafrit er gert á eru: Miðtaug, ölnartaug, djúplæg dálkstaug og sköflungstaug. Aðrar erfiðari í framkvæmd eru: Lærtaug, andlitstaug, handkrikataug, ofanherðablaðstaug og vöðvahúðtaug.

Skyntaugarafrit. Í þessari rannsókn er mæld rafleiðing í stærstu skyntaugunum. Hér er raferting gefin og svar skráð frá taug. Svörin eru miklu minni og mæld í mikróvoltum (mynd 2A). Tveim aðferðum er beitt: Réttleiðisaðferð og andleiðisaðferð. Í réttleiðisaðferð er skyntaug ert yst, t.d. á fingri og skyntaugasvarið skráð við úlnlið.



Mynd 1. Hreyfitaugarafrit á miðtaug. A, B og C: Rafertistaðir. Taugaleiðingarhraði (m/sek.) á milli A og B:

$$\frac{\text{Töf B-A (msek.)}}{\text{Fjarlægð milli A og B (mm)}}$$



Mynd 2. A: Skyntaugarafrit. Hringuskaut á fingri, ertiskaut í réttleiðisaðferð en upptökuskaut í andleiðisaðferð. B: Blandað taugarafrit. Sjá texta.

Í réttleiðisaðferðinni er rafvirknin skráð á sinni eðlilegu leið. Allir þættir svarsins eru eins, nema hæðin er meiri í andleiðisaðferðinni vegna raftruflana frá nærliggjandi vöðvum. Töf er mæld á tvo vegu, að toppi neikvæða fasans, fasatöf eða við byrjun fyrsta fasans, byrjunartöf, sem með yfirborðsupptökuskauti er neikvæður. Algengast er að mæla hæð enda á milli. Útreikningur taugaleiðingarhraðans er eins og áður er lýst. Hér þarf þó aðeins að raferta á einum stað til að reikna út taugaleiðingarhraðann, þar sem engin skekkja er vegna taugavöðvamóta. Í skyntaugasvarinu er hæð í beinu hlutfalli við fjölda afskautaðra taugaþræða, breidd háð samhæfingu rafleiðingar og útlitið tví- eða þrífasa (sjá mynd 2A). Hefðbundnar taugar, sem rannsakaðar eru með skyntaugarafriti eru: Miðtaug, ölnartaug, sveifartaug og kálfataug.

Blandað taugarafrit. Í blönduðu taugarafriti er raferting og aflestur frá blandaðri hreyfi- og skyntaug (mynd 2B). Tæknilega er erfitt að gera

skyntaugarafrit á útlím nema alveg yst eins og lýst er hér að framan. Blandað taugarafrit kemur í staðinn fyrir skyntaugarafrit innar á útlím. Talið er að mæld svörum í blönduðu taugarafriti sé meiri frá stórum skyntaugum en hreyfitaugum. Þessi aðferð er tæknilega erfið og að mestu bundin við miðtaug og ölnartaug frá únlíð til olnboga og frá olnboga að holhönd. Svar líkist skyntaugasvari og hefur sömu eiginleika og það.

Síðtaugasvaranir. Þetta eru próf, sem notuð eru til að rannsaka innri hluta úttaugakerfisins. Upptökuskaut er sett yfir vöðva eins og áður er lýst. Raferting er gefin yfir taug á útlím, þannig að neikvæði póllinn snýr að mænu. Minnsta töf er mæld og er sá tími sem tekur rafvirknina að fara að mænu og þaðan til vöðvans aftur. Eðlileg töf er venjulega miðuð við hæð einstaklingsins eða lengd útlíms. Tvær rannsóknir falla undir þetta, H-viðbragð og F-bylgjurannsóknir.

H-viðbragð er sannkallað raftaugaviðbragð þar sem virknin fer yfir ein taugamót. Ía skynþræðir flytja boðið að mænu og hreyfitaugar frá. Í F-bylgjurannsóknnum eru það hreyfitaugaþræðir sem flytja virknina fram og til baka án þess að fara í gegnum taugamót. Talið er að andstreymisrafvirknin í F-bylgjurannsóknnum afskauti framhornsfrumur mænu.

F-bylgjurannsóknir eru framkvæmanlegar á flestum vöðvum, en H-viðbragð aðeins á miðlægu höfði kálfatvíhöfða og á sólvöðva í S1-rót hjá fullorðnum. Hjá börnum yngri en eins árs fæst H-viðbragð frá flestum vöðvum. Annar munur er að til að framkalla H-viðbragð þarf undirertingu, en ofurertingu fyrir F-bylgjurannsóknnum.

ÝMISLEGT

Eðlileg gildi í taugarafriti eru mismunandi milli rannsóknastofa, enda fengin við ólíkar aðstæður. Yfirlætt eru tvö staðalfrávik frá meðaltali notuð sem efri og neðri mörk. Hvort sem notuð eru eigin gildi eða annarra, er nauðsynlegt að beita sömu tæknilegu aðferð og ytri aðstæðum, sem notað var til að fá þau gildi.

Hitastig húðar, innan vissra marka (u.þ.b. 15-40°C), er í réttu hlutfalli við taugaleiðingarhraðann. Þannig að fall um eina gráðu á Celsius hefur lækkað leiðingarhraðann um 1,3-2,4 m/sek. í hinum ýmsu tilraunum. Aukinn hiti hraðar afskautun með því að auka Na + raunleiðni. Húðhiti yfir útlímataug er talinn samrýmast allvel hita taugar. Lágmarkskrafa er,

að húðhitastig sé mælt og skráð. Ef það er lægra en viðmiðunargildi, þarf að hita húðina eða umreikna taugaleiðingarhraðann í viðmiðunarhitastig, eftir þar til gerðri jöfnu. Lítið mark er takandi á niðurstöðum taugarafrits nema þessu sé framfylgt vegna líklegra falsk-jákvæðra niðurstaðna sé húðhiti lágur. Á sama hátt eykst hæð og breidd svarsins með lækkun á hitastigi.

Aldur er þýðingarmikill (2). Hjá nýfæddu, heilbrigðu fullburða barni er taugaleiðingarhraðinn um 50% af eðlilegu gildi hjá fullorðnum. Á fyrsta ári er hann um 75% og nær fullorðinsgildum á fjórða aldursári. Til 60 ára aldurs er taugaleiðingarhraðinn nánast óbreyttur. Eftir það dregur úr honum u.þ.b. 1,5% fyrir hvern tug ára. Fyrir hvern tug eftir sextugt dregst u.þ.b. einn m/sek. frá neðri mörkum hreyfitaugaleiðingarhraðans og u.þ.b. tveir m/sek. frá skyntaugaleiðingarhraðanum ef viðmiðunargildin eru fengin hjá fólki sem yngra er en sextugt.

Taugaleiðingarhraðinn er meiri innar en utar á útlím og meiri í efri útlím en neðri. Væg aukning á breidd og lækkun á hæð svarsins á sér stað við aukna fjarlægð ertistaðar frá upptökusvæði, en flötur neikvæða fasa svarsins er nánast hinn sami.

Ýmsar óvenjulegar millitaugatengingar eru til og eru nokkuð algengar, t.d. milli ölnartaugar og miðtaugar, svokölluð Martin-Gruber tenging og innan dálkstaugargreinanna. Óvenjuleg taugatenging vöðva er einnig til. Vegna þeirra geta svör virst óeðlileg. Ýmis tækni- og framkvæmdaratriði skipta miklu máli, en verða ekki rakin hér.

ÓEÐLILEGT TAUGARAFRIT (2, 4, 7-9)

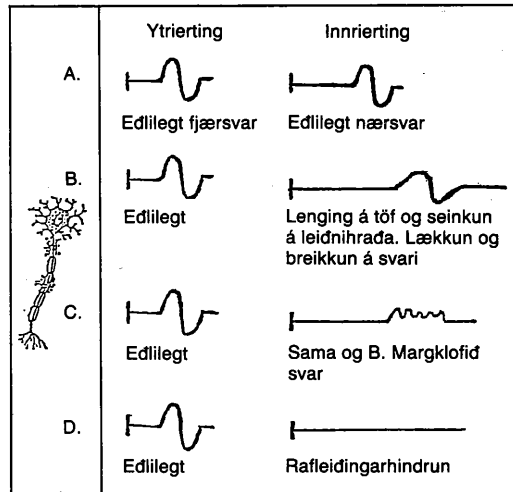
Taugar svara skaðlegu áreiti á þrjá vegu: Með afmýlingu, öxulhrörnun eða samblandi af þessu tvennu.

Í *afmýlingu* verður þynning eða eyðing á mýlisslíðrinu. Þetta getur verið staðbundið t.d. fergitaugakvilli eða útbreitt líkt og í bráðri fjölrótataugabólgu.

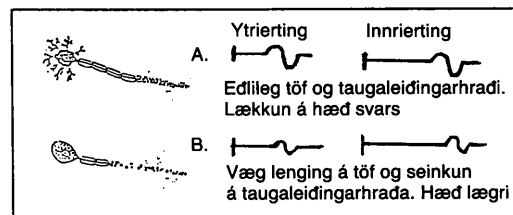
Við *öxulhrörnun* verða breytingar í taugafrumum og þráðum þeirra, allt frá truflun á öxulfrymisflæði til vefrænnar eyðileggingar.

Langalgengasta svörun tauga við skaðlegu áreiti er sambland af afmýlingu og öxulhrörnun.

Reiknaður taugaleiðingarhraði einn út af fyrir sig er alls ekki nægjanlegur, til að dæma um



Mynd 3. Breytingar á taugasvari yfir staðbundna afmýlingu á taug. Staðsetning á stuði á við um skemmdina. A: Eðlileg taug. B, C og D: sjá texta.



Mynd 4. Taugaleiðnirafrit í öxulhrörnun. A: Væg skemmd. B: Meiri skemmd.

starfshæfni tauga. Nauðsynlegt er að athuga alla fyrrgreinda þætti svarsins.

Eins og sést á myndum 3 og 4, gefur hrein afmýling og öxulhrörnun mismunandi rafröflunir í taugarafriti. Í afmýlingu misferst stökkleiðing með lengingu á töf og seinkun á taugaleiðingarhraða. Í afmýlingu er þessi seinkun yfirleitt meiri en 50% af eðlilegu meðaltali. Vegna rafleiðingar í sumum taugaþráðum og ósamhæfni í rafleiðingu annarra yfir skemmdina lækkar og/eða brekkar svarið (mynd 3-B). Oft er verulegur klofningur á svari sé samhæfing rafleiðingar mjög trufluð yfir skemmd (mynd 3-C). Í öxulhrörnun (mynd 4) er lækkun á hæð svarsins mest áberandi. Fækki verulega stórum taugaþráðum með hraða leiðingu, lengist töfin og taugaleiðingarhraðinn fellur, þó aldrei meira en 40% af eðlilegu meðaltali í öxulhrörnun.

Bauwen (7) flokkaði taugaskemmdir í fjóra flokka á grunni taugarafrits. Þessir fjórir flokkar Bauwens eru:

Taugarglöp, taugarþröng, taugarkröm og taugarrof.

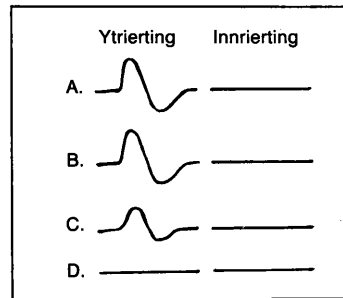
Taugarglöp eru vægasti taugaskaðinn. Hann kemur fram í taugarafriti, sem rafleiðingarhindrun yfir skemmdina með eðlilegu svari við ytri rafertingu. Meinafræðilega sést afmýling símalíða. Horfur eru góðar og bati skjóttur (vikur-mánuðir), t.d. timburmannalömun í sveifartaug. Taugarglöp geta verið hlutfallsleg, það er að segja, að rafleiðing á sér stað í hluta af taugapráðum yfir skemmdina. Hér sést við innri ertingu seinkun á leiðni, lækkun og/eða breikkun á svari (mynd 3-B og C), eða taugarglöp geta verið algjör (mynd 3-D). Svar frá ytri ertistað er alltaf eðlilegt í taugarglöpum.

Taugarþröng er langtímaseinkun á taugaleiðingarhraða yfir skemmd. Heitið er hjálplegt, þótt hér sé alls ekki um vefræna þrengingu á taug að ræða. Auk seinkunar sést oft væg lækkun og breikkun á svari. Meinafræðilega sést afmýling og endurmýling og oft væg öxulhrörnun. Þetta veldur seinkun á leiðingu vegna þynningar á mýlisslíðri, styttingar á milli mýlisskora og tapi á stórum mýldum taugapráðum, sem eru næmastir fyrir þrýstingi. Dæmi um taugarþröng er hægfara fergitaugakvilli t.d. úlnliðarmiðtaugarþvingun.

Í **taugarkröm** sést bæði við innri og ytri ertingu veruleg lækkun og breikkun á svari ásamt seinkun á rafleiðingu. Meinafræðilega eru flestir taugapræðir undirlagðir öxulhrörnun, öxulendurmyndun, afmýlingu og endurmýlingu.

Taugarrof er vegna slits á taugapráðum. Við þetta leysast þeir upp fjær skemmdinni. Stuð á slíka taug, hvort sem er innan eða utan við skemmd, gefur ekkert svar eftir þrjá til fimm daga og óeðlileg hvíldarvirkni í vöðvarafriti kemur í ljós eftir 5 til 30 daga (sjá síðar). Nýmyndun taugapræða getur átt sér stað, en er hæg, u.þ.b. einn mm á dag, en nauðsynlegt er að stoðvefur taugarinnar sé heill. Rafleiðing er eðlileg í taugapráðum fyrstu þrjá til fimm dagana eftir að þeir slitna frá frumu sinni. Vegna þessa getur taugarafrit ekki greint á milli taugaglapa vegna afmýlingar og taugarofs vegna taugar-slits fyrstu þrjá til fimm dagana eftir áverkann.

Ef slit hefur orðið, hættir rafleiðing nokkuð skyndilega á fyrrgreindum tíma. Á mynd 5 sést gott dæmi um þetta. Taugarafrit er gert innan fimm daga frá áverka (mynd 5-A). Ekki er hægt að dæma hvort fótarlömunin er vegna taugarglapa eða taugarofs. Rannsóknin er



Mynd 5. Áverki á dálkstaug efst á fótlegg með fótarlömun (foot drop). Upptökuskaut á »m. extensor digitorum brevis«. Ytri erting við ökkla og innri erting í hnésbót. Til skýringar sjá texta.

endurtekin eftir viku. Í lið B er ytra svar óbreytt, taugarglöp og horfur góðar hjá þessum sjúklingi. Í lið D hefur eyðilegging á taugapráðum átt sér stað, taugarrof. Ef bati verður, kemur hann seint. Liður C sýnir sjúkling með sambland af þessu tvennu.

VÖÐVARAFRIT (2, 4, 10, 11)

Vöðvarafritun er rannsókn, þar sem raffyrirbæri þverrákóttra vöðva eru skoðuð og »hljóðin«, sem rafvirknin gefur, eru greind. Vöðvarafritun er framkvæmd með þar til gerðri nál, sem stungið er inn í vöðvann.

Tvær tegundir vöðvarafnála eru mest notaðar: *Einsskautsnál*, klædd teflon nema í bláendann og *tvískauta* nál. Sú síðarnefnda er betri til að rannsaka útlit hreyfjeininga, einsskautsnálin er sársaukaminni og næmari á óeðlilega hvíldarvirkni. Mikilvægt er, að sjúklingurinn sé samvinnuþýður og geti hvílt eða sett álag á vöðva, þegar óskað er.

Rannsókninni er skipt í þrjá þætti hvað viðkemur framkvæmd og úrlestri:

1. Ístunguvirkni.
2. Hvíldarvirkni.
3. Álagsvirkni.
 - A. Lítið álag. B. Fullt álag.

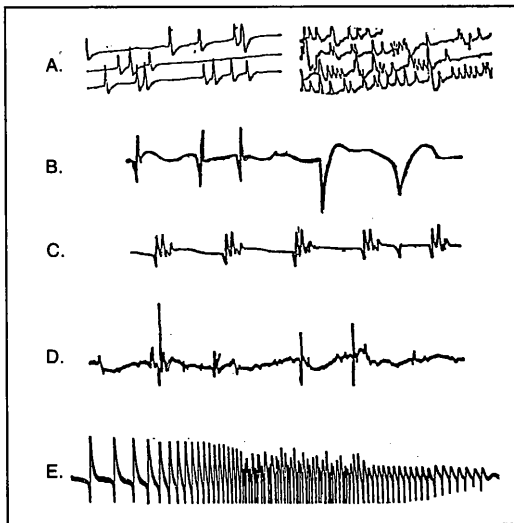
Ístunguvöðvarafrit. Þegar nál er stungið í heilbrigðan þverrákóttan vöðva, kemur fram viss rafvirkni vegna skaða á vöðvafrumum í farvegi nálarinnar. Eðlilega hættir hún um leið og nálin stöðvast. Óeðlileg ístunguvirkni er aukin eða minnkuð. Minnkuð ístunguvirkni sést á lokastigi margra úttaugakerfissjúkdóma, þegar bandvefur og fita hafa komið í stað dauðra vöðvafrumna. Aukin ístunguvirkni sést í aftauguðum vöðvum, í

öðru ástandi þar sem vöðvafrumuhimnan er óstöðug og í vöðvaþerpingssjúkdómum. Hin aukna ístunguvirkni kemur fram sem áframhaldandi jákvæðar hvassar bylgjur eða tíðar einfasa bylgjur eftir að nálin stöðvast.

Hvíldarvöðvarafrit. Eðlilegur þverrákóttur vöðvi hefur enga rafvirkni í hvíld. Undantekning frá þessu er ef nálin er við hreyfipynnuna. Þá sjást á skjánum hreyfipynnubrak og hreyfipynnubylgjur (mynd 6-A).

Hreyfipynnubrak eru neikvæðar einfasa hátíðnibylgjur með óreglulegu skotmynstri, minni en 100 mikróvolt á hæð og mjórrí en þrjár millisekúndur á breidd. Þær gefa frá sér kuðungslíkt hljóð. Þessi virkni er vegna sjálfkrafa losunar á litlu magni af asetýlkólíns úr taugaendunum.

Hreyfipynnubylgjur eru vegna meiri losunar asetýlkólíns vegna ertingar frá nálinni með afskautun á vöðvafrumu. Þessi virkni hefur sömu stærð og vöðvakipringur, en með neikvæðan fyrsta fasa. Hafi nálin skemmt vöðvafrumuhimnuna og rafvirknin skráð þar frá, koma fram jákvæðar hvassar bylgjur með óreglulegri hátíðni. Mikilvægt er að rugla ekki þessari eðlilegu hvíldarvirkni saman við aðra sjálfkrafa virkni í hvíld, sem er óeðlileg. Til að minnka líkurnar á því, skal hver rannsakaður



Mynd 6. Hvíldarvirkni. A: Eðlileg hvíldarvirkni. Hreyfipynnubrak og hreyfipynnubylgjur. B: Vöðvakipringur breytist í jákvæða hvassa bylgju. C: Margfasa hátíðnibylgjur. D: Vöðvaknippiskipringur. E: Rafvöðvaþerpingur. Sjá texta til nánari skýringar.

vöðvi stunginn minnst á þrem stöðum. Síðan er skoðað í hring út frá hverjum stungustað á minnst sex til átta stöðum og óeðlileg hvíldarvirkni ekki skráð nema hún sjáist á minnst tveim stungustöðum. Rafvirkni í hvíld með nálin á kyrrstöðu er óeðlileg ef um annað er að ræða en hreyfipynnubrak og hreyfipynnubylgjur.

Það helsta, sem sést hér eru:

1. Vöðvakipringur.
2. Jákvæðar hvassar bylgjur.
3. Margfasa hátíðnibylgjur.
4. Vöðvaknippiskipringur.
5. Vöðvaþerpingur.
6. Annað ótalið, til dæmis fjörfiskafár.

Ekkert eitt af þessu er sérkennandi fyrir einn sjúkdóm, heldur er það heildarniðurstaða vöðvarafritsins ásamt taugarafritum, sem gefa sjúkdómsgreiningu.

Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur eru rafvirkni einstakra vöðvafrumna, sem afskautast sjálfkrafa (mynd 6-B). Lengi vel var talið, að vöðvakipringur væri einkennandi fyrir aftaugunarsjúkdóma. Nú er vitað að undirrótin er óstöðug frumuhimna. Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur sjást í aftaugunarsjúkdómum, ýmsum vöðvasjúkdómum (tafla III) og hafa sést við truflun á kalíumstyrkleika í sermi. Hvort vöðvakipringur eða jákvæðar hvassar bylgjur eru skráðar, fer eftir staðsetningu nálar gagnvart frumunni (mynd 6-B). Sé nálin fyrir utan frumuna sést vöðvakipringur, en hafi nálin skemmt himnuna sjást jákvæðar hvassar bylgjur. Eftir aftaugun á vöðva kemur þessi virkni í ljós eftir eina til fimm vikur. Tímenn fer eftir fjarlægð taugaskemmdar frá vöðvanum. Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur er hentugt að skrá sem 1+ upp í 4+, þar sem 1+ er einstakar, 2+ margar, 3+ sjást stöðugt og 4+ fyllir skjáinn. Vöðvakipringur er tví- eða þrífasabylgja með jákvæðan fyrsta fasa, sem hefur reglulegt skotmynstur 0,5-15 á sekúndu, 1-5 millisekúndur á breidd og 20-200 mikróvolt á hæð. Vöðvakipringur gefur frá sér hljóð, sem líkja má við hljóðið þegar regndropar falla á harðan flöt. Jákvæðar hvassar bylgjur eru einfasa með öllum eiginleikum vöðvakiprings, nema miklu breiðari, 10-30 millisekúndur.

Margfasa hátíðnibylgjur eru rafvirkni margra vöðvafrumna, sem afskautast nánast samtímis með hárrí tíðni (mynd 6-C). Einkennandi er hve hún byrjar og hættir skyndilega. Meðan á henni

stendur, verður oft breyting á lögun hennar og hæð en ekki tíðni, sem er 3-40/sek. Lögun þeirra er yfirleitt margfasa, hæð 50-500 míkróvolt og breidd allt að 50 millisekúndur (mynd 6-C). Margfasa hátíðnibylgjur eru algengari í aftaugunarkvillum, sérstaklega þeim hægfara, en sjást þó í ýmsum vöðvasjúkdómum t.d. fjölvöðvabólgu, kynbundinni illkynja vöðvavísnun, vöðvavísnun axla- og mjaðmargrinda og í spiklopa.

Vöðvaknippiskippingur er raffyrirbæri einstakra hreyfieininga (mynd 6-D). Afskautun á sér stað í framhornsfrumu mænu eða taugaþræði hennar. Lögun og stærð vöðvaknippiskippingar er mjög breytileg og getur líkst eðlilegum hreyfieiningabylgjum eða verið breiðari og margfasa. Það sem einkennir vöðvaknippiskipping mest, er hið mjög óreglulega og duttlungafulla skotmynstur. Tíðnin getur verið margar bylgjur á sekúndu niður í minna en eina á mínútu. Vöðvaknippiskippingur er algengur í hægfara aftaugunarsjúkdómum, sérstaklega sé skemmdin í eða nálægt framhornsfrumu mænu (tafla I). Vöðvaknippiskippingur sést oft hjá heilbrigðu fólki. Ýmsir höfundar hafa komið fram með leiðbeiningar, til að greina á milli góð- og illkynja vöðvaknippiskippingar, en að áliti margra er ekki hægt að greina þá í sundur á útlitinu né skotmynstrinu einu, heldur skipti mestu máli hvort eitthvað annað finnst í vöðvarafriti, sem bendi til aftaugunarsjúkdóms. Hvort vöðvaknippiskippingur er algengari í vöðvasjúkdómum en hjá heilbrigðu fólki, er ekki vitað.

Vöðvaherpingur er truflun á afslökun samdráttar þverrákóttra vöðva. Raffyrirbæri þessarar truflunar kemur fram, sem siendurtekin afskautun vöðvafrumna eftir að áreitið hverfur (mynd 6-E). Í einni tegund vöðvaherpings hefur verið sýnt fram á truflun á Cl-raunleiðni um frumuhimnuna. *Rafvöðvaherpingur* er í formi jákvæðra hvassra bylgna eða tví- og þrífasa bylgna, sem líkjast vöðvaknippiskippingu, en eru þó oft stærri. Taktur skotmynstursins er reglulegur með tíðni milli 40-100/sek. Mest einkennandi er stöðug breyting á tíðni og hæð. Hljóðinu, sem rafvöðvaherpingur gefur frá sér, er líkt við orrustuflugvél er steypir sér til ársar. Nútímalegri samlíking væri hljóð, sem mótörhjól gefur, er það tekur af stað. Rafvöðvaherpingur er einkennandi fyrir nokkra sjúkdóma (tafla III).

Raffyrirbæri vöðvakrampa má greina frá annarri sjálfvirkni af skotmynstri þess. Rafvirknin líkist

Tafla I. *Orsakir vöðvaknippiskippingar.*

1. Allir aftaugunarsjúkdómar.
2. Efnaskiptatruflanir: Blóðkalsínlækkun/blóðlýting. Skjaldkirtilseitrun. Andkólinesterasalyf.
3. Annað: Preyta. Mikil kaffidrykkja. Reykingar. Óþekkt.

eðlilegum hreyfieiningabylgjum. Tíðnin er hröð 40-60/sek. Hún byrjar og endar skyndilega.

Fjörfiskafár er ósjálfráður samdráttur í þverrákóttum vöðvum. Honum hefur verið líkt við hreyfingu, sem sæist væri poki fullur af ornum undir húð. Tvenns konar rafvirkni sést hér, annars vegar í andlitsvöðvum sjúklinga með heila- og mænusigg, heilastofnsæxli, bráða fjölrótataugabólgu og í útlímavöðvum í hægfara aftaugunarsjúkdómum og hins vegar í svonefndu Isaac's syndrome og hefur einstaka sinnum sést í ágengri mænuvöðvarýrnun. Þessi fyrirbæri hafa sérkennandi rafbylgjur sem ekki er ástæða til að rekja hér.

Álagsvöðvarafrit. Til að skoða álagsvirkni, er sjúklingurinn beðinn að setja smáálag á vöðvann, sem nálin er í. Kemur þá fram á skjánum hreyfieiningarbylgja, sem er raffyrirbæri einnar hreyfieiningar. Lögun og stærð hennar er samanlögð rafvirkni vöðvafrumna þeirrar hreyfieiningar, sem nálin nær að skrá. Þær virku frumur, sem eru næst nálinni, ráða mestu um hæð, en hinar fjarlægari um breidd hreyfieiningarbylgjunnar. Talið er að vöðvanálin skrái virkni innan eins mm ríðis og að fimm til 12 vöðvafrumur einstakra hreyfieiningar séu innan þess svæðis eða smá hluti af heildinni.

Það sem skoðað er í álagsritinu er útlit og skotmynstur hreyfieiningabylgna. Hið fyrri er rannsakað með litlu vöðvaálagi, þar sem ein eða tvær hreyfieiningabylgjur sjást, en skotmynstrið með auknu og fullu álagi. Það er ekkert eitt útlit, sem einkennir hreyfieiningabylgjur, heldur breytist útlitið með mismunandi staðsetningu nalar gagnvart rafvirkninni. Þær eru þó oft tví- eða þrífasa með jákvæðum fyrsta fasa. Það sem skoðað er í útlitinu, er hæð, breidd og fjöldi fasa. Ef fleiri en þrjár fasar finnast í 10% eða meira af hreyfieiningabylgjum í vöðva, er um margfasa bylgjur að ræða. Hæð og breidd er háð ýmsu,

vöðvanum sem rannsakaður er, tegund nálar og ýmsum lífeðlisfræði- og tæknilegum atriðum. Til eru töflur með eðlilegum gildum fyrir mismunandi vöðva. Við skoðun á skotmynstrinu er sjúklingurinn látinn auka vöðvaálagið. Þá koma fleiri hreyfieiningabylgjur í ljós. Tvennt er skoðað hér: Hve hratt hreyfieiningabylgjum skýtur upp á skjánum og í öðru lagi styrkingin eða hvenær fleiri bætast í hópin (mynd 7-I). Þetta eru einmitt þær leiðir, sem vöðvi hefur til að auka samdráttarkraft sinn.

Tvö hugtök eru hjálpleg við að dæma um skotmynstrið:

Styrkingartíðnin, sem er skottíðnin á hreyfieiningarbylgju á sekúndu þegar næsta birtist. Eðlilega er þetta 5-15/sek.

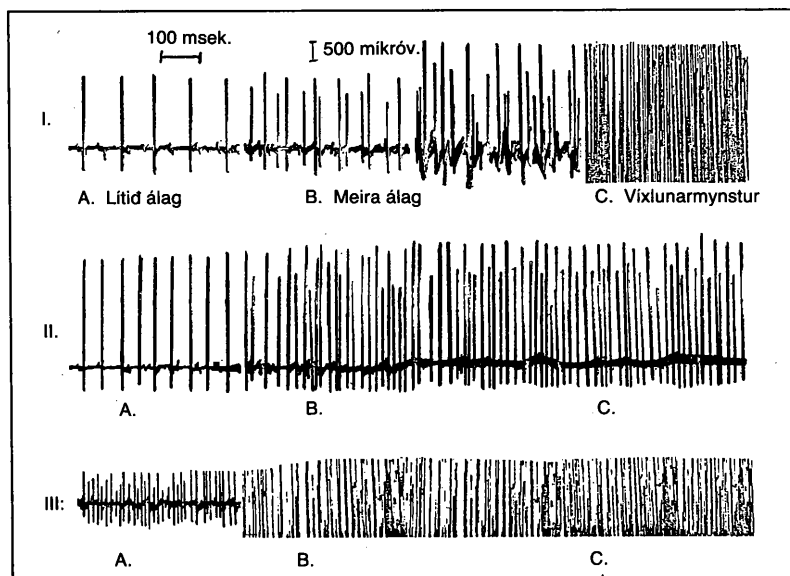
Styrkingarhlutfallið er skottíðni hreyfieiningarbylgju deilt með fjölda hreyfieiningabylgna á skjánum. Eðlilega er þetta undir 5.

Við fullt vöðvaálag er ekki lengur hægt að greina einstakar hreyfieiningabylgjur. Þetta kallast *víxlunarmynstur* (mynd 7-I). Hér eru 6 til 8 hreyfieiningabylgjur að skjótast upp á skjánum, 20 til 50 sinnum á sekúndu. Álagsvöðvarafrit getur verið óeðlilegt hvað útliti og/eða skotmynstri hreyfieiningabylgna viðkemur. Þetta ræður oft mestu um, að greina á milli tauga- og vöðvasjúkdóms, en truflunin er gjörólík í þessum sjúkdómum.

Skýra má þennan mun út frá mismunandi skemmd á hreyfieiningunni. Í taugaskemmd verða taugaþræðir óstarfhæfir og hreyfieiningum fækkar. Til að ná auknum vöðvakrafti afskautast heilbrigðar hreyfieiningar hraðar. Styrkingin er minnkuð með óeðlilega hárrí styrkingartíðni og styrkingarhlutfalli. Með öðrum orðum:

Hreyfieiningarbylgju skýtur upp á skjánum óeðlilega hratt, þegar næsta kemur fram. Vegna fækkunar á þeim er víxlunarmynstrið gisið, það fyllir ekki upp skjáinn þó sjúklingurinn hafi tiltölulega góðan mátt (mynd 7-II). Oft þarf að greina lélega samhæfingu vöðvasamdráttar af völdum lélegrar samvinnu sjúklings vegna sársauka eða leikaraskapar og máttleysis frá miðtaugakerfinu, frá minnkaðri styrkingu í taugaskemmd. Í lélegri samhæfingu er styrkingartíðni og styrkingarhlutfall eðlilegt. Í aftaugunarsjúkdómum verða hreyfieiningabylgjur stórar, breiðar og margfasa með tímanum. Vegna endurtaugunar á rýrum vöðvafrumum frá heilum taugaþráðum, stækka eftirlifandi hreyfieiningar (fleiri vöðvafrumur). Ósamhæfni í rafleiðingu í nýgerðum taugaþráðum stuðlar að margfasa útliti.

Í vöðvasjúkdómum fækkar vöðvafrumum og þær minnka, en fjöldi hreyfieininga er eðlilegur. Þetta leiðir til smárra og mjórra hreyfieiningabylgna. Margfasa útlit er vegna ósamhæfni í afskautun sjúkra frumna.



Mynd 7. I: Eðlilegt álagsvöðvarafrit. II: Aftaugastyrking og víxlunarmynstur. III: Vöðvasjúkdómsstyrking og víxlunarmynstur. A: Lítið álag. B: Meira álag. C: Víxlunarmynstur. Sjá texta.

Álagsvöðvarafritið sýnir aukna styrkingu og víxlunarmynstur, sem fyllir skjáinn við lítið álag, þó sjúklingur sé verulega máttlill (mynd 7-III). Með öðrum orðum: Sjúklegar hreyfieiningabylgjur í vöðvasjúkdómi auka samdráttarkraftinn með því að bæta við öðrum hreyfieiningum (aukin styrking) í staðinn fyrir að auka skottíðnina, líkt og er í taugasjúkdómi.

2. SJÚKDÓMAR OG KLÍNÍSK NOT PRÓFA

Kvillar í framhornsfrumun mænu (4, 12). Við rannsókn er hentugt að skipta sjúkdómum í þessu kerfi í útbreidda og staðbundna skemmd á framhornsfrumum mænu. Tauga- og vöðvarafrit eru gerð ef grunur er um sjúkdóm, til þess að staðfesta eða útiloka greininguna, greina aðrar orsakir einkenna, t.d. fjöldaugakvilla, spá um horfur og fylgja sjúklingnum eftir. Helsta orsök útbreiddra skemmda á framhornsfrumum mænu er hreyfitaugahrörnun. Eftir mismunandi eyðingu á efra og/eða neðra hreyfitaugakerfinu er þeim skipt í blandaða hreyfitaugahrörnun, ágenga mænuvöðvarýrnun, vaxandi mænukylfulömun og efri hreyfitaugahrörnun. Aðrar orsakir eru mænuveiki, koxsakkísýkingar, ristill, Jakob-Creutzfeldt sjúkdómur, Friedreich's ataxia, Shy-Drager syndrome, áhrif geislunar og lágur blóðsykur. Algengasta staðbundna orsök er hrygghörnun. Aðrar eru holumæna, mænuæxli og mænudrep.

Hjá börnum er algengasta hreyfitaugahrörnunin ágeng mænuvöðvarýrnun, Werdnig-Hoffman disease og Kugelberg-Welander sjúkdómur, en meðal fullorðinna blönduð hreyfitaugahrörnun með bæði efri og neðri hreyfitaugaeinkenni. Efri hreyfitaugaeinkennin eru vöðvamáttleysi með aukinni vöðvamótstöðu og sinaviðbrögðum ásamt óeðlilegum viðbrögðum. Skemmdin hér hefur ekki afgerandi þýðingu í þessum rannsóknum, þó veldur hún auðfengnu H-viðbragði frá flestum þverrákóttum vöðvum.

Breytingarnar sem sjást hér eru vegna skemmdar á framhornsfrumum, sem veldur máttleysi með aftaugunarrýrnun og minnkuðum sinaviðbrögðum og minni vöðvamótstöðu, svokölluð neðri hreyfitaugaeinkenni.

Við skemmd á framhornsfrumu verður eyðing á þráðum hennar og að lokum upplausn á hreyfieiningunni. Fljótlega verður endurtaugun aftaugaðra vöðvafrumna frá nærliggjandi taugaþráðum heilbrigðra hreyfieininga, sem stækka þá í samræmi við það. Talið er að

máttleysi komi ekki í ljós fyrri en u.þ.b. Þriðjungur hreyfieininga eyðist. Í hreinni skemmd á framhornsfrumum er skyntaugarafrit eðlilegt, en eðlilegt svar er hjálplegt við að útiloka aðra sjúkdóma. Hreyfitaugarafrit hefur eðlilega tóf og rafleiðingarhraða eða eins og áður er lýst fyrir rafbreytingar í öxulhrörnun. Hreyfitaugasvarið lækkar með áframhaldandi eyðingu á hreyfieiningum, ef endurtaugun heldur ekki í við aftaugun. Í vöðvarafriti er vöðvaknippiskippingur áberandi, en hverfur úr aftauguðum vöðva. Þó vöðvaknippiskippingur sé ekki sérkenni fyrir hreyfitaugahrörnun, er erfitt að greina hana án hans. Vöðvakippingur og jákvæðar hvassar bylgjur koma í ljós, þegar aftaugun hefur yfirhöndina. Álagsvöðvarafrit sýnir óeðlilegar hreyfieiningabylgjur. Fljótlega verða þær margfasa og með stækkun hreyfieininga stórar og breiðar. Fækkun á hreyfieiningum orsakar minnkun á styrkingu hreyfieiningabylgna með hröðu skotmynstri. Breytileiki á hæð hreyfieiningabylgna sést oft og er talin vera vegna truflunar á starfsemi nýrra óþroskaðra taugavöðvamóta.

Allar þessar breytingar sjást í öðrum aftaugunarsjúkdómum, þó misjafnlega mikið og dreifing þeirra skiptir höfuðmáli. Í hreyfitaugahrörnun þurfa þær að vera útbreiddar t.d. í þrem útlimum eða tveim og heilastofnsvöðvum. Auðvelt er með þessum rannsóknum að greina á milli staðbundinna og útbreiddra skemmda, en mikilvægt að hafa í huga, að útbreiddur sjúkdómur, til dæmis ágeng mænuvöðvarýrnun, getur byrjað staðbundið.

Ein aðalmismunagreining blandaðrar hreyfitaugahrörnunar er háls hrygghörnun með mænu- og rótaskemmd. Ef aftaugunarkerki sjást í tungu- og andlitsvöðvum og/eða neðri útlimum sjúklings, er mænumyndataka yfirleitt ónauðsynleg.

Sýnt hefur verið fram á það, að hæð hreyfitaugasvarsins, þegar sjúklingur með hreyfitaugahrörnun leitar fyrst læknis, hefur gildi við að dæma um horfur. Áberandi vöðvakippingur og breytileiki á hæð hreyfieiningabylgna eru tákn um það, að ástand muni halda áfram að versna.

Rótarskemmd (4, 12-14). Taugaþræðir fram- og hliðarhornsfrumna mænu mynda framrót. Þræðir afturrótarhnoða að mænu eru afturrót. Rétt utan við afturrótarhnoðu í rótaropi sameinast ræturnar og mynda hryggtaug. Helstu

orsakir rôtarskemmdar eru brjós-klos og hrygg-hrórnun. Aðrar eru æxli í og utan mænu og skaði á mænuhimnum. Af orsökum sem valda rôtarskemmd án þrýstings eða togs, má nefna sykursýki og ristil.

Brjós-klos og hrygg-hrórnun er algengast að finna þar sem hryggurinn er hreyfanlegastur eða á milli L4-L5, L5-S1 og L3-L4 í lenda- og spjaldhrygg og C6-C7, C5-C6 og C7-Th1 í háls-hrygg. Helstu einkenni eru verkur, tap á sinaviðbrögðum, skyntruflun og/eða máttleysi og allt þetta fylgir rótardreifingu.

Vöðva- og taugarafrit geta staðfest/útlokað greininguna, dæmt um horfur og hjálpað til við ákvörðun um meðferð. Skyntaugarafrit er alltaf eðlilegt, þar sem skemmdin er staðsett innan við afturrótarnhöðað. Þetta gildir einnig, þó skyntruflun sé mest áberandi einkennið. Leiðsluhraðinn og fjærtöf eru eðlileg í hreyfitaugarafriti. Ef eyðilegging á taugaþráðum á sér stað lækkar hæð hreyfitaugasvarsins í samræmi við það á 3. til 5. degi. Sjaldnast næst til sjúklings fyrir þann tíma, þannig að miða verður við svar frá sama vöðva á gagnstæðum útlím sem eðlilegt. Sé helmings, eða meiri munur, bendir það til verulegrar skemmdar, taugarofs, að bati geti komið seint og verði ekki fullkominn og að skurðaðgerð komi frekar til greina séu önnur einkenni þess eðlis. Sé munurinn minni en 50% eru líkur á, að bati náist án skurðaðgerðar. Af öllum prófunum er vöðvarafrit gagnlegast við greiningu rôtaskaða. Það sýnir hvort og gróft, hvaða röt er undirlögð og hvort aftaugun hefur átt sér stað. Niðurstöður í vöðvarafritinu eru háðar þeim tíma sem liðinn er frá því að skemmdin varð (tafla II). Aftaugunarmerki koma fyrst fram í aftanhryggvöðvum, sem eru taugaðir af aftari grein hrygtaugar. Að finna staðbundin aftaugunarmerki hér, bendir eindregið til rötár, með þeim fyrirvara, að staðbundinn framhornsfrumuskaði í mænu getur gert hið sama. Aftaugunarmerki í ýmsum vöðvum útlíma með sömu rötartengsl, staðsetur skemmdina nákvæmar en aftaugunarmerki í aftanhryggjarvöðvum, vegna verulegra millirótatengsla í þeim síðarnefndu. Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur eru öruggustu merkin í aftanhryggvöðvum, þar sem erfitt er að dæma um styrkingu og víxlunarmynstrið hér. Það eru skiptar skoðanir um gagnsemi F-bylgjurannsóknna í rôtarskemmd. Ef þær sýna aukna töf eða eru ekki til staðar gefa þær upplýsingar. Þetta gerist hins vegar sjaldan í

Tafla II. Breytingar á tauga- og vöðvarafriti frá byrjun rôtarskemmdar.

Fyrstu þrjú dagana:

Minnkun á styrkingu. Vöðvaknippiskipringur. Margfasa hreyfiféiningabylgjur. Síðtaugasvör óeðlileg.

Á 3.-5. degi:

Hæð hreyfitaugasvarsins greinir á milli máttleysis af völdum taugarglapa og taugarofs.

Á 7.-10. degi:

Jákvæðar hvassar bylgjur og vöðvakipringur í aftanhryggvöðvum.

Á 2.-3. viku:

Jákvæðar hvassar bylgjur og vöðvakipringur í nærvöðvum útlíma.

Á 3.-5. viku:

Jákvæðar hvassar bylgjur og vöðvakipringur í fjærvöðvum útlíma.

einstökum rötarskaða, enda allir vöðvar með fleiri en ein rötartengsl (undantekning eru stóri og litli tigulvöðvi með eina tengingu, C5) og afmýlda svæðið á rötinni vegna þrýstingsins svo örliðið miðað við alla taugina, að varla er hægt að búast við lengingu á töf. Ólíkt F-bylgjurannsóknnum er H-viðbragð mjög hjálplegt við að staðsetja skemmdina í S1-röt með lengingu á töf eða engu svari sömu megin og skemmdin er.

Flækjukvilli (12, 15, 16). Vegna staðsetningar og flókinnar uppbyggingar er erfiðara að rannsaka taugaflækjur en flesta aðra hluta úttaugakerfisins. Þær eru samansafn taugaþráða, sem flétta sig saman og greinast sundur á flókinn hátt, til að mynda útlímataugar. Til að sýna fram á seinkun í taugaleiðingarhraða eða rafleiðingarhindrun yfir afmýlda skemmd, þarf að raferta taugina yfir skemmdina. Í taugaflækjunum er þetta aðeins hægt á horninu á milli viðbeins og aftari brúnar höfuðvendis sem liggur yfir ytri hluta armflækjunnar, (Erb's point). Hér koma F-rannsóknir og rötarstuð að gagni, en eru með sömu annmörkum og í rötarskaða.

Flestir taugaflækjukvillar eru af öxulhrórnunargerðinni. Rafmerkin, sem koma fyrst í ljós í slíkum skaða, er minnkun á styrkingu og lækkun á hreyfi- og skyntaugasvari. Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur koma seinna í ljós, en eru þó næmest rafmerkja hér.

Helsta orsök flækjuskemmda er áverkni. Í lenda- og spjaldflækjunni þarf meiri háttar áverka, oft

með mjaðmagrindarbroti. Þrýstingur af áhöldum í neðri kviðarholdsáðgerðum er þekkt orsök. Í armflækjunni eru fæðingaáverkar (efri armflækjulömun og neðri armflækjulömun) og umferðarslys, sérstaklega mótörhjóla- og vélsleðaslys, algeng. Efri bolur armflækjunnar verður oftast fyrir áverka. Aðrar orsakir eru illkynja vöxtur og geislun.

Þá er kvilli af óþekktum uppruna (brachial neuralgic amyotrophy, idiopathic brachial plexopathy), sem oft kemur í kjölfar veirusýkinga.

Brjóstoshsheilkenndi. Brjóstoshsheilkenndi er skipt í æða- og taugategund. Það síðarnefnda má flokka í hið viðurkennda og hið óljósa. Enginn efast um það að hálsrif eða bandvefsstrengur frá löngum C7-þvertindi að fyrsta rífi geti þrýst á neðri bol armflækjunnar. Þetta veldur vel þekktum einkennum (true neurogenic thoracic outlet syndrome) og viss rafmerki eru mjög einkennandi. Hér sýna þessar rannsóknir óeðlilegt skyntaugasvar ölnartaugar, en eðlilegt svar frá miðtaug og óeðlilegt hreyfitaugasvar frá ofangreindum taugum, meira frá miðtaug en ölnartaug.

Við rannsókn á flækjukvilla nægir ekki að gera taugarafrit á hinum hefðbundnu taugum. Með hreyfitaugarafriti á miðtaug og ölnartaug næst aðeins til C8- og Th1-róta. Skyntaugarafrit á sömu taugum á hefðbundinn hátt bætur við C6-rót. Í neðri útlimum næst aðeins í L5 og S1 með rannsókn á sköflungstaug, dálkssamtaug og kálfataug. Ítarlegra taugarafrit, sem er oft tæknilega erfitt og vöðvarit á vöðvum frá öllum rötum taugaflækjanna er nauðsynlegt.

Annað hlutverk prófanna, er að greina taugaflækjukvilla frá rötarskemmd og eintaugarskemmd. Þetta er mikilvægt, þar sem horfur og meðferð eru ólíkar. Rötarskaði er innanhnoðaskemmd og hefur þar með eðlilegt skyntaugarafrit ásamt aftaugunarmerkjum í aftanhryggvöðvum. Hið síðarnefnda vantar einstaka sinnum í rötarskemmd og rötarslit er oft fylgífiskur taugaflækjuskada af völdum áverka. Eintaugarskemmd út frá flækjunni greinist með því, að finna rafmerki bundin við vöðva þeirrar taugar, en taugaflækjuskadaði getur verið að hluta og því litið út sem eintaugarskemmd.

Flækjuskadaði er utanhnoðaskemmd og nauðsynlegt að gera skyntaugarafrit frá sem flestum rötum taugaflækjunnar. Í efri útlím er þetta auðvelt fyrir C6 (þumal- og vísifingur), C7

(langatöng) og C8 (baug- og litli fingur). Með því að gera skyntaugarafrit á hliðlæggi framarmshúðtaug næst í C5. Í neðri útlím er kálfataugin (L5) S1. Til að gera skyntaugarafrit á öðrum rötum lenda- og spjaldflækjunnar næst um grunnlæga dálkstaug til L5, og um innanleggstaug til L4 og um utanlærshúðtaug til L2 og L3. Þessar taugar er tæknilega erfitt að rannsaka og nauðsynlegt að prófa þær beggja vegna áður en engin svörun er dæmd óeðlileg.

Taugaskemmdir. Handan taugaflækju í úttaugakerfinu taka við taugar. Algeng flokkun á skaða hér eru eintaugakvillar, dreifðir eintaugakvillar og fjöltaugakvillar.

Eintaugarkvilli (2, 4, 12, 17). Eintaugarkvilli er truflun á starfsemi einnar taugar og eru óeðlileg rafmerki bundin við svæði hennar. Áverki er algeng orsök t.d. stunga, byssukúla og beinbrot.

Fergitaugarkvilli er skaði á taug vegna þrýstings, togs og/eða núnings að innan eða utan, til dæmis þrýstingur á miðtaug í úlnliðsgangi vegna sinaskeiðabólgu, á ölnartaug vegna fituæxlis, óeðlilega liggjandi æðar, vöðva, beins eða bandvefsstrengja, t.d. ölnartaugarþvingun við olnboga og á aftari millibeinataug sveifartaugar (posterior interosseus syndrome) o. fl. Sem dæmi um þrýsting að utan má nefna dálkstaugarskaða við dálkshálsinn og timburmannalömun á sveifartaug.

Í fergitaugarkvilla er mest áberandi afmýling með mismunandi mikilli öxulhrörnun. Niðurstöður rannsóknanna eru í samræmi við það. Þó greining sé oft auðveld á klíniskum grundvelli, eru einkenni oft villandi, t.d. verkur í upphandlegg og öxl við þvingun á ölnartaug við olnboga, þannig að sjúkdómsgreining byggist oft á þessum prófum.

Helstu ástæður til að framkvæma tauga- og vöðvarafrit vegna gruns um fergitaugarkvilla eru:

1. Að endurskoða óvissa greiningu.
2. Að fylgja eftir sjúklingi, sem er meðhöndlaður án skurðaðgerðar.
3. Að greina eða útiloka fjöltaugarkvilla, sem að baki býr, en taugar sjúkar af öðrum orsökum eru mjög nærmar fyrir fergitaugarkvilla.
4. Að koma í veg fyrir ónauðsynlegar skurðaðgerðir.

Dreifðir eintaugakvillar (16, 18). Hér er átt við skaða á mörgum einstökum taugum. Þetta merkir

að mismunandi taugar sama útlíms eru ólíkt skemmdar í u.þ.b. sömu hæð, að samskonar taugar í gagnstæðum útlím eru ekki eins skemmdar og að einn hluti taugar er meira skemmdur en annar.

Þetta er hjálpleg flokkun til að finna orsök skemmdarinnar. Sýni rannsóknirnar öxulhrönnunarkerki, er helst að leita sjúkdóma, sem skaða æðar til tauga t.d. sykursýki og sjúkdóma er valda æðabólgu, t.d. bandvefssjúkdóma o.fl. Bendi rafmerki til afmýlingar, er helst um fjölrótataugabólgu að ræða (sjá síðar).

Fjöлтаugakvilli (4, 12, 16, 19). Fjöлтаugakvilli á við um útbreidda truflun á starfsemi tauga úttaugakerfisins. Truflunin og klínísk einkenni hennar eru yfirleitt mest áberandi utarlega á útlímum, sérstaklega fótum eða frá lengstu taugunum. Algengast er, að einkenni byrji yst á ganglímum og færri sig upp og þegar þau ná hnjám, byrji þau í höndum. Einkennin eru skyntruflanir, máttleysi og minnkun á sinaviðbrögðum báðum megin á útlímum. Fjöлтаugakvillar eru flokkaðir á ýmsa vegu, t.d. klínískt eftir gangi þeirra í bráða skemmd (dagar-vikur) eða hægfara (mánuðir-ár). Algeng flokkun er í ættgengar og áunnar og þeim síðan í þekktar og óþekktar orsakir en um það verður ekki fjallað nánar hér. Meinafræðilega má skipta fjöлтаugaskemmd í afmýlis- og öxulhrönnunarskemmd eða sambland af þessu tvönnu.

Þessar rannsóknir eru ómissandi í sambandi við fjöлтаugaskaða. Þær segja til um, hvort hann er til staðar hjá einstaklingi með eitt eða fleiri af fyrrgreindum einkennum. Þær gefa til kynna, með góðum samanburði við meinafræðilegar

Tafla III. Vöðvasjúkdómar með óeðlilegri hvíldarvirkni.

Vöðvakipringur og jákvæðar hvassar bylgjur:

Fjölvöðvabólga: mjög algengt.

Kynbundin illkynja vöðvavisnun: í u.þ.b. 50% tilfella.

Vöðvavisnun axla- og mjaðmargrinda: nokkuð algengt.

Myotubular myopathy: nokkuð algengt.

Andlits-, herða- og upparmsvöðvavisnun: sjaldgæft.

Rafvöðvaherpingur:

Spennuvisnun

Meðfætt vöðvaþan

Meðfætt kuldavöðvaþan

Bilkvæm lómun með blóðkalíumhækkun

breytingar, hvort um afmýlingu eða öxulhrönnun er að ræða vegna ólíkra rafmerkja. Þau dæma um útbreiðslu og það, hvort hreyfi- eða skyntaugatruflun eru meira áberandi. Þetta allt auðveldar mjög leit að orsök og þar með meðferð.

Í fjöлтаugakvilla eru rafmerki, eins og einkenni, mest áberandi yst á útlímum. Í öxulhrönnun sést lækkun á hæð taugarafritssvara, með lítilli eða engri seinkun á taugaleiðingarhraða, fyrr en í lokin. Aftaugunarkerki í vöðvarafriti eru mest áberandi yst í útlímum í byrjun. Taugarafrit getur fallið innan eðlilegra marka í öxulhrönnun, a.m.k. í byrjun og ef vöðvarafrit er ekki framkvæmt í slíkum tilfellum fæst ekki greining. Í afmýlingarfjöлтаugakvilla er seinkun á taugaleiðingarhraða og lenging á fjærtöf ásamt breytingu á taugarafritssvari, eins og áður er lýst, fyrir þessa skemmd. Fjölrótataugabólga er viss tegund fjöлтаugaskemmdar, þar sem afmýling símalíðar með bólguiferð finnst á víð og dreif um rætur, flækjur og taugar. Bæði rafmerki og einkenni eru ólík því, sem sjást í öðrum fjöлтаugakvilla, bæði öxulhrönnun og afmýldra. Henni er skipt í bráða fjölrótataugabólgu og hægfara fjölrótataugabólgu. Klínískur gangur greinir þær í sundur, en rafmerki eru allsvipuð. Mismunandi rafleiðingarhindanir innan einstakra tauga og milli sömu tauga í gagnstæðum útlímum og veruleg lenging á fjærtöf einkennir þær. F-bylgjurannsóknir eru hjálplegar í fjölrótataugabólgu, geta t.d. sýnt seinkun innar í úttaugakerfinu, þegar hefðbundnu rannsóknirnar eru eðlilegar. En eins og hjá þeim eru tafirnar í F-bylgjurannsóknnum mismunandi milli tauga.

Ólíkt þessu er nánast jöfn taugaleiðingarseinkun í ættgengu afmýlingarfjöлтаugakvillum innan og milli tauga. Hreyfitaugasvör eru breiðari en venjulega, en breikka ekki óeðlilega við innri rafertingu miðað við ytri líkt og í afmýlingarfjölrótataugabólgu og rafleiðingahindranir eru sjaldgæfar. Mikilvægt er að greina áunna fjölrótataugabólgu, sérstaklega þá hægfara, frá meðfæddri afmýlingarfjöлтаugaskemmd, vegna mögulegrar meðferðar á þeirri fyrrnefndu.

VÖÐVASJÚKDÓMAR (4, 10, 12)

Vöðvamáttleysi er aðaleinkennið, venjulega mest áberandi í nærvöðvum útlíma og andlitsvöðvum.

Skemmdin er bundin við vöðvafrumurnar og stoðvef þeirra í flestum tilvikum.

Taugarafrit er eðlilegt. Vöðvarafritið sýnir oft, eins og áður var lýst, litlar, mjóar og margfasa hreyfingingabylgjur með aukinni styrkingu og fullu víxlunarmynstri, jafnvel þó um verulegt vöðvamáttleysi sé að ræða (mynd 7-III).

Meinafræðileg undirstaða þessara breytinga er: Vöðvafrumuhörnun, vöðvafrumuendurnýjun, vöðvafrumuofvöxtur og vöðvafrumuklofningur, eins og sést í kynbundinni illkynja vöðvavísnun og fjölvöðvabólgu, vöðvafrumurýrnun óháð aftaugunarrýrnun, eins og sést í spennuvisnun og truflun á myndun og þroska vöðvafrumna, eins og sést í meðfæddum vöðvasjúkdómum.

Helstu vöðvasjúkdómar með óeðlilegt hvíldarvöðvarafrit sjást í töflu III.

HEIMILDIR

1. Young RR. Physiological basis for EMG and nerve conduction. American Academy of Neurology. Annual course 217; 1984: 2-8.
2. Oh SJ. Clinical electromyography. Nerve conduction studies. Baltimore: University Park Press 1984.
3. Katz B. Nerve, muscle and synapse. New York: McGraw Hill 1966.
4. Johnson E.W. Practical electromyography. Baltimore: Willams and Wilkins 1980.
5. Shani BT. Clinical application of H-reflex and F-response studies. American Academy of Neurology. Annual course 217; 1984.
6. Denys EH. The role of temperature in electromyography. Minimonograph 14. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis 1980.
7. Bauwens P. Electrodiagnosis revisited. Tenth John Stanley Coulter Memorial Lecture. Arch Phys Med Rehab 1961; 42: 6-18.
8. Wilbourn AJ. Common peroneal mononeuropathy at the fibular head. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis case report #12. Muscle and Nerve 1986; 9: 825-36.
9. Albers JW. Interpretation of nerve conduction studies. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis course A. 1983.
10. Daube JR. Needle examination in electromyography. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis. Minimonograph 11. 1979.
11. Buchthal F. An introduction to electromyography. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis. Minimonograph 15. 1981.
12. Aminoff MJ. (guest editor). Electrodiagnosis. Neurologic Clinic. Philadelphia: W.B.Saunders 1985; 3:3.
13. Johnson EW, Melvin JL. Value of electromyography in lumbar radiculopathy. Arch Phys Med Rehab 1971; 52: 239-43.

14. Tonzola RF, Ackil AA, Shani BT, Young RR. Usefulness of electrophysiological studies in the diagnosis of lumbosacral root disease. Ann Neurol 1981; 9: 305-8.
15. Wilbourn AJ. Thoracic Outlet Syndrome. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis course 1984.
16. Dyck PJ, Thomas PK, Lambert EH, Bunge R. Peripheral Neuropathy. Volume II. Philadelphia: W.B.Saunders Company 1984.
17. Dawson DM, Hallett M, Millender LH. Entrapment Neuropathies. Boston: Little, Brown and Company 1983.
18. Parry Gareth JG, Multifocal lesions of the nerves. American Association of Electromyography and Electrodiagnosis course 1984.
19. Lewis RA, Sumner AJ. The electrodiagnostic distinctions between chronic familial and acquired demyelinating neuropathies. Neurology (NY) 1982; 32: 592-6.

ORDALISTI

(Marinó P. Hafstein)

afmýldur: demyelinated
afmýling: demyelination
afmýling smaliðar: segmental demyelination
afskautun: depolarisation
aftan hmoða: postganglionic
aftan taugamóta: postsynaptic
aftanhryggvöðvi: paraspinal muscle
aftari millibeinaauga: N. interosseus posterior
aftaugun: denervation
andleiðis: antidromic
andlitstaug: N. facialis
andlits-, herða- og upparmsvöðvavísnun:
 facioscapulohumeral muscular dystrophy
armflækja: plexus brachialis
ágeng mænuvöðvarýrnun: progressive spinal muscular
 atrophy
álagsvirkni: voluntary activity
bílkvæm lömun með blóðkalíumhækkun: hyperkalemic
 periodic paralysis
blönduð hreyfitaugahrörnun: amyotrophic lateral
 sclerosis (ALS)
blönduð taugaleiðing: mixed nerve conduction
bráð fjölrótataugabólga: Guillain-Barré syndrome,
 acute inflammatory demyelinating
 polyradiculoneuropathy (AIDP)
brjóstopsheilkenni: thoracic outlet syndrome
búk- og sinaraðferð: belly-tendon method
byrjunartöf: onset latency
dáلكssamtaug: N. peroneus communis
djúplæg dáلكstaug: N. peroneus profundus
dreifðir eintaugarkvillar: mononeuropathy multiplex
efra hreyfitaugakerfi: upper motor neuron system
efri armflækjulömun: Erb's paralysis
efri hreyfitaugaeinkenni: upper motor neuron signs
efri hreyfitaugahrörnun: primary lateral sclerosis
einfasa bylgja: monophasic wave
einskautsnál: monopolar needle
eintaugarkvilli: mononeuropathy
endurmýldur: remyelinated
endurmýling: remyelination

endurskautun: repolarisation
endurtaugun: reinnervation
ertiskaut: stimulating electrode

F-bylgjur: F-waves (fyrst lýst frá fótarvöðvum)
F-bylgjurannsóknir: F-wave studies
fasatöf: peak latency
fergitaugarkvilli: entrapment neuropathy
fjærtöf: distal latency
fjöldaugakvilli: polyneuropathy
fjölvöðvabólga: polymyositis
fjörfiskafár: myokymia
framan hnoða: preganglionic
framan taugamóta: presynaptic
framhornsrfruma mænu: horn cell alpha motor neuron
frumuhinnurafrymd: cell membrane capacitance
grunnlæg dálkstaug: N. peroneus superficialis
H-viðbragð: H-reflex (kennt við Hoffmann)
handarkrikataug: N. axillaris
hálsflækja: plexus cervicalis
hliðarhornsrfruma mænu: intermediolateral cell
hliðlæg framarmshúðtaug: N. cutaneus antebrachii
lateralis
holumæna: syringomyelia
hreyfieining: motor unit
hreyfieiningarbylgja: motor unit potential
hreyfistaður: motor point
heyfitaugahrönnun: motor neuron disease
hreyfitaugaleiðingarhraði: motor nerve conduction velocity
hreyfitaugarleiðing: motor nerve conduction
hreyfitaugasvar: compound muscle action potential (CMAP)
hreyfipynna: motor endplate
hreyfipynnubrak: endplate noise
hreyfipynnubylgja: endplate spike
hreyfipynnuspenna: endplate potential
hrifspenna: action potential
hrygghrönnun: spondylosis
hvíldarvirkni: spontaneous activity
hægjara fjölrótataugabólga: chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy (CIDP)
höfuðvendir: M. sternocleidomastoideus
innanlærstaug: N. saphenus
ístunguvirkni: insertional activity
jákvæð hvöss bylgja: positive sharp wave
kálfataug: N. suralis
kálfatvíhöfði: M. gastrocnemius
kuðungshljóð: sea shell sound
kynbundin illkynja vöðvavissun: Duchenne's muscular dystrophy
leiðing: conduction
lærtaug: N. femoralis
margfasa hátíðnibylgja: complex repetitive-, bizarre high frequency- or pseudomyotonic discharges
meðfæddir vöðvakvillar: congenital myopathies
meðfætt kulðavöðvaþan: paramyotonia congenita
meðfætt vöðvaþan: myotonia congenita
miðtaug: N. medianus
mýldur: myelinated
mýli: myelin
mýlissliður: myelin sheath
mýlisskor: node of Ranvier

mænuhnoðu: ganglia spinalia
mænumyndataka: myelography

neðra hreyfitaugakerfi: lower motor neuron system
neðri armflækjulömun: Klumpke's paralysis
neðri hreyfitaugaekenni: lower motor neuron signs
nemi: receptor
nærtöf: proximal latency

ofanherðabláðstaug: N. suprascapularis
ofurerting: supramaximal stimulation
ómýldur: unmyelinated

rafleiðing: electric conduction
rafleiðingarhindrun: conduction block
rafleiðingarhraði: electrical conduction velocity
rafrýmd: capacitance
raftaugarviðbragð: electrical reflex
rafvöðvaherpingur: electrical myotonia
raunleiðni: conductance
rétthyrnd raferting: rectangular, square wave electrical stimulus
réttleiðis: orthodromic
rótarmyndataka: radiculography
rótatop: foramen intervertebralis
rótarskemmd: radiculopathy
rótarslit: root avulsion

síðtaugasvör: proximal nerve conduction, late responses
símaliður: eeinternodal segment, internode
sjúklegt viðbragð: pathologic reflex
skyntaugaleiðingarhraði: sensory nerve condition velocity
skyntaugarleiðing: sensory nerve conduction
skyntaugasvar: compound nerve action potential (CNAP)
sköflungstaug: N. tibialis posterior
sneiðmyndataka: computerized tomography
sólvöðvi: M. soleus
spennuvissun: myotonic dystrophy
spiklopi: myxedema
stökkleiðing: saltatory conduction
styrking: recruitment
styrkingarhlutfall: recruitment ratio
styrkingartíðni: recruitment frequency
sveifartaug: N. radialis

taugaflækjukvilli: plexopathy
taugakvilli: neuropathy
taugaleiðingarhraði: nerve conduction velocity
taugarafrit: nerve conduction study
taugarglöp: neurapraxia, axonapraxis
taugarkröm: axonocachexia
taugarrof: axonotmesis
taugarþröng: axonstenosis
taugastyrking: neurogenic recruitment
taugavöðvamót: neuromuscular junction
tigulvöðvi: M. rhomboideus
timburmannalömun: saturday night sunday morning paralysis
töf: latency
tvískautsnál: bipolar concentric needle

utanlærstaug: N. cutaneus femoris lateralis
undirerting: submaximal stimulation
upptökuskaut: recording electrode
úlnliðsmiðtaugarþvingun: carpal tunnel syndrome
úttaugakerfi: peripheral nervous system

vaxandi mænukylfulömun: progressive bulbar palsy
víxlunarmynstur: interference pattern
vöðvahefingssjúkdómur: myotonic disease
vöðvahefingur: clinical myotonia
vöðvahúðtaug: N. musculocutaneus
vöðvakipringur: fibrillation
vöðvaknippiskipringur: fasciculation
vöðvarafritun: electromyography (EMG)
vöðvastyrking: myogenic recruitment
vöðvavísun axla- og mjaðmargrinda: limb girdle
muscular dystrophy
ættgeng hreyfiskynsfjöldataugakvilli: hereditary motor
sensory polyneuropathy

ölnartaug: N. ulnaris
ölnartaugarþvingun ölnboga: tardive ulnar palsy,
cubital tunnel syndrome
öxulendurmyndun: axonal regeneration
öxulfrymisflæði: axoplasmic transport
öxulfrymismótstaða: axoplasmic resistance
öxulhrörnun: axonal degeneration

Í greininni hér á undan eru allmörg iðorð
nýstárleg íslenskum læknum. Sum eru þó
gamalgróin, en önnur eru nýyrði á ábyrgð
Orðanefndar læknafélaganna. Ábendingar á betri
heiti eru að sjálfsögðu vel þegnar.