

Syns styrke og synsfeltundersøgelse

Opløsningssevnen:

- Øjets opløsningssevne er defineret som vinklen mellem 2 punkter, der lige netop kan opfattes som adskilte.
- En nødvendig betingelse for at opnå en opløsning af den størrelsesorden er naturligvis at øjets optik er indstillet præcist på det betragtede objekt, idet øjets refraction påvirker nethindebilledets kvalitet og således er medbestemmende for opløsningsvnen.
- Det er denne omstændighed, man benytter sig af ved undersøgelser af øjets refraction.

Syns styrke:

- Som et mål for opløsningsvnen benyttes i praksis synsstyrken (S)
- Tærsklen for øjets opløsningssevne blev oprindeligt fastlagt til 1 bueminut (= 1/60°) af astronomer, der bedømte grænsen for adskillelse af to nærliggende stjerner.
- Betegnelsen synsstyrke anvendes når bestemmelsen af øjets opløsningssevne er foretaget vha. af en bogstavstavle eller lignende, dvs. under forhold hvor ikke alene synsvinklen, men også kontrast, lysstyrke og opfattelsen af former spiller en rolle.

Snellens tavle:

- Snellens bogstavstavle er konstrueret således at bogstavernes kritiske detaljer sås under: synsvinklen 1 bueminut i de afstande som er angivet ud for de forskellige rækker.
- Syns styrker opgives i brøker, hvor tælleren betegner observationsafstanden (der normalt er 6 m) og nævneren angiver den afstand hvori de kritiske detaljer ses under synsvinklen 1 bueminut.

Synsstyrke =  $\frac{\text{den afstand hvori de kritiske detaljer ses}}{\text{observationsafstanden}}$

- Synsstyrken 6/12 betyder med andre ord at på 6 meters afstand ser personen hvad normale mennesker under optimale omstændigheder kan se på 12 meters afstand.
- $\rightarrow$  kan også forklares således at på 6 meters afstand kan personen ses detaljer, der hvis man stod på 12 m afstand ville ses under synsvinklen 1 bueminut. Da man står på 6 m afstand ses detaljerne nu under synsvinklen 2 bueminutter.
- En normalt seende person vil altså kunne se bogstaverne ved den afstand (se nr) som angives ved hver linje.

- Synsstyrken afhænger ikke alene af synsvinklen men også af:
  - Belysningen af tavlen og dens omgivelser.
  - Kontrasten mellem bogstaver og deres baggrund.
  - Observationsafstanden

Refractionstyper:

- Nærpunktet er det punkt tættest på øjet der er skarpt i fuld akkomoderet tilstand.
- Fjernpunktet er det punkt tættest på øjet der er skarpt i uakkomoderet tilstand.
- Når øjet befinder sig i akkomodationshvile skelnes der mellem 3 typer af stærisk refraktion:
  - Emmetropi: lensens brydningsstyrke er tilpasset øjets længde, således at brændpunktet ligger på nethinden. Parallele stråler fra et fjern punkt samles derfor på nethinden.



Synsstyrke og synsfeltundersøgelse

opløsningssevne =

1 min. 2 pkt.  
Som netop kan opfattes som adskilte

styrke =  $\frac{1 \text{ m}}{\text{Rættelsesværdi af brændvidden}}$

- Myopi: lensens brydningsstyrke er for stor, så brændpunktet ligger foran nethinden. For at kunne samles på nethinden, må de parallelle stråler bibringes en vis divergens for de rammer nethinden. Hertil kræves en spredelins.



Man har for mange dioptrier  
Konvekts linse (spredelins)

- Hypermetropi: lensens brydningsstyrke er for lille, således at brændpunktet kommer til at ligge bag nethinden. For at kunne samles på nethinden (i akkomodationshvile), må de parallelle stråler bibringes en vis konvergens, før de rammer retina. Hertil kræves en samlelinse.

Man har for lidt dioptrier  
Konkav linse (samlelinse)



- Emmetropi (gammelmændssyn) - Emmetropie personer skal bruge briller når de bliver gamle. Der skyldes at linsen med alderen bliver mere og mere stiv og derfor dårligere til at akkomodere.
- Man får for mange dioptrier -  $D = \frac{1}{f}$

- Astigmatisme: bygningsfejl, der gør at krumningsradiene er forskellige. Herved bliver lensens brydningsstyrke ikke den samme i alle planer og derved kan et fjern punkt ikke afbildes som ét punkt.

Dioptri er angivet som den reciprokke af brændvidden (f) i meter:  $D = \frac{1}{f}$

vardi  $f \times$  har man -2 i dioptri  $\Rightarrow$

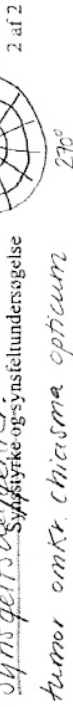
Synsfeltundersøgelse  $d = \frac{1}{2} = 9.5 \text{ m. Man kan se tydeligt}$

- Undersøges vha. kampimetre (et sæt af gittere). Fokus på fiksatjonsmærke og lys med ensfarve øjs  $\rightarrow$  finder synsfeltets afgrænsning (grænser) på

akkomoderet kan bruges til at finde synsfeltets defekter

indtegnes

Synsfeltundersøgelse



**Synet**

- Lyset danner vha. øjets brydende medier et billede på retina, hvor lyset oversættes til elektriske impulser vha. en kemisk proces. Impulserne overføres til n. opticus hvorefter de bl.a. når synscortex.
- På lysets vej til retina passerer det igennem følgende strukturer:
  - Cornea → størst brydende kraft, ca. 43 Dioptre
  - De 2 camera med kammervæske
  - Linsen → accommodation (10 Dioptre)
  - Corpus vitreum
- Retina kan opdeles i 3 lag:
  - Fotoreceptor: består af et yder- og inderssegment. Yderssegmentet er lysfølsomt og består af en disci.
  - Bipolære celler
  - Gangliocellelag
- I retina absorberes lyset af fotopigmentet i fotoreceptorerne og energien udnyttes til at spalte pigmentet i dets opsin og retinaldel → herved sker der en hyperpolarisering af cellen og mindre frigivelse af transmitterstof.
  - ⇒ denne impuls løber nu videre gennem de bipolære neuroner til gangliocellerne.
  - ⇒ Gangliocellerne axoner konvergerer mod discus nervus opticus hvor de perforerer sclera og danner n. opticus.
- N. opticus ender *definitivt* i *chiasma opticum*, men fibrene fortsætter ubrudt videre, således at signalerne fra den nasale del af retina krydser over på den modsatte side.
  - *Synsbanen løber herfra i tractus opticus* rundt om hjernestammen, og impulserne kan nu løbe til 3 forskellige steder hen:
    - *Til Corpus geniculatum laterale*, som er *trofisk centrum for synsbanens 4. neuron* → herfra løber impulserne i radiatio optica til synscortex i occipitallappen. (her løber hovedparten af impulserne)
    - *Til den prætectale kerne*. (lyskrefleks)
    - *Til colliculus superior* (reflektorisk drejning af hoved/hals)

Tegning af synsbanernes forløb fig 13.13 i Bjarkam s. 193:

**Retinotop organisering:**

- Retinotopi er en organisering således at omverdenen er afsat som et landkort, således at naboceller i retina projicerer til naboområder i visuel cortex.
- Dog er det ikke et 1:1 forhold, da overrepræsentation af ganglioceller i fovea centralis vil skævdeler områderne i hjernen, således at der for visse områder i retina er afsat mere plads i cortex i forhold til andre områder.
- Denne retinotop organisering findes i colliculus superior (her er projektionen krydset og billedet drejet 90° med uret), CGL og primær visuel cortex.

**Lysrefleks:**

- Udløses ved lysstimulation af nethinden, hvorved der fremkaldes bilateral pupilkonstriktion.
- *Virkemåde:*
  - En del af impulserne fra retina løber til de *prætectale kerner* i mesencephalon.
  - *Herfra påvirkes de parasympatiske nucleii Edinger-Westphalii* via de centrale synsbaner
  - Fra nucleii Edinger-Westphalii afgår *effjerente præganglionære visceromotoriske tråde via n. oculomotorius til ganglion ciliare* → herfra postganglionære visceromotoriske fibre til regnbuehindens *m. spincter pupillae*, der kontraherer hvorved pupillen lukkes og lyset holdes ude.

**Akkommodationsrefleks:**

- Udløses ved at man beder patienten om at fokusere på en genstand der føres tæt hen mod øjnene → pt. akkomoderer på den førte genstand og man kan observere at pupillerne bliver mindre.
- *Virkemåde:*
  - En del af impulserne fra retina løber til de *prætectale kerner* i mesencephalon, der også modtager *Øssé-impulser* fra synscortex. → *reflektorisk*
  - Fra synscortex formidles akkomodationen og pupilkonstriktionen via de prætectale kerner, der *påvirker de parasympatiske nucleii Edinger-Westphalii* via de centrale synsbaner
  - Fra nucleii Edinger-Westphalii afgår *effjerente præganglionære visceromotoriske tråde via n. oculomotorius til ganglion ciliare* → herfra postganglionære visceromotoriske fibre til *m. spincter pupillae* og *m. ciliaris*: ved kontraktion afslappes zonulatrådene og lensens krumning tiltager = akkomoderer og kan derved bryde lyset mere kraftigt.

**Ydre øjenmuskler:**

- Øjebæltet har 7 muskler.
- *M. levator palpebrae superioris:*
- *M. rectus superior, inferior, medialis og lateralis (4 stk.):*
  - U: Fælles udspring fra annulus tendineus communis.
  - I: finder sted på den forreste halvdel af bulbus oculi 5-8 mm bag sulcus sclerae.
- *M. obliquus superior:*
  - U: medialt for annulus tendineus communis.
  - Løber frem på overgangen mellem orbitas medialvæg og loft tæt ved aditus orbitae, hvor den ender i en rund sene, som løber igennem en fibrøs slyng kaldet trochlea. Senen bøjer herefter skarpt bagud lateralt under m. rectus superior
  - I: lateralt på bulbus bag ækvator.
- *M. obliquus inferior:*
  - U: Fra orbitas gulv lige lateralt for fossa sacci lacrimalis.
  - Løber bagud lateralt, nogenlunde parallelt med m. obliquus superior.
  - I: lateralt på bulbus bag ækvator
- *M. obliquus superior* innerveres af *n. trochlearis*: fra *nucleus n. trochlearis i mesencephalon*.
- *M. rectus lateralis* innerveres af *n. abducens*: fra *nucleus n. abducens* der ligger i den *kaudale del af pons*.



### Vestibulærundersøgelse

- Eynen til at holde balancen kræver kontinuerlig information fra mange sanseregner:
  - **Vestibulære system registrerer orienteringen** (og accelerationen) i relation til gravitationsfeltet.
  - **Visuelle system registrerer positionen af kroppen i forhold til omgivelserne.**
  - **Somatensoriske (proprioception) system informerer om de indbyrdes positioner mellem kropsegmenterne.**
- Den proprioceptive information er særlig vigtig fra 2 områder:
  - **Ankelen**, som udsættes for et kraftigt drejningsmoment.
  - **Nakken**, hvor der sidder receptorer der registrerer hovedets stilling i forhold til kroppen.
- Disse 3 systemer komplementerer hinanden; en ødelagt funktion hos et af dem kan delvis kompenseres vha. de to tilbageværende systemer.
  - ⇒ Pt. med nedsat vestibulærfunktion kan i de fleste situationer klare sig godt med de 2 andre systemer, men har fx vanskeligheder i mørke. (fordi her sættes også det visuelle system ud af funktion?)
- Ligevevtsorganet indeholder utricleus, sacculus og buegangene.

### Utriculus og sacculus - den statiske ligevægt:

- Har betydning for kontrollen af kropstillingen.
- Utriculus og sacculus indeholder et sensoriske epithel der kaldes macula, hvori hårcellerne sidder.
  - **Sacculus** → macula er **vertikalt orienteret** (køre i elevator)
  - **Utriculus** → macula er **horisontalt orienteret** (accelererer i en bil)
- Hårcellernes cilier stikker op i en gelatins masse kaldet otolithmembranen, hvorpå der ligger tunge calciumcarbonatkrystaller.
- Tyngdeaccelerationen og andre former for lineær acceleration leder til en forskydning af otolithmembranen i forhold til cilierne → når cilierne bøjes genereres der en impuls.
  - Hver hårcelle har en særlig stor cilie kaldet kinocilium.
  - Hvis cilierne bøjes mod kinocilium → depolarisering.
  - Hvis cilierne bøjes væk fra kinocilium → hyperpolarisering.
  - Ciliet skal blot bøjes 0,5 µm for at der udløses et respons.
- Når personen er i hvile påvirkes hårcellerne af tyngdeaccelerationen: hvis hovedet forskydes ændres fyringen i hårcellerne og man kan derfor ud fra hårcellernes aktivitetstetsniveau give et nøjagtigt billede af hovedets position i forhold til tyngdekraften.

### Buegangene - den dynamiske ligevægt:

- På hver side findes 3 buegange der udgør 2/3 af en cirkel, en lateral, en superior og en posterior arrangeret i 3 planer vinklet på hinanden.
- Hver buegang indeholder en **membran kanal, som indeholder endolymphe.**
- Hver buegang har en udvidet del kaldet **ampullen**, som indeholder en tværgående kam af væv kaldet **crista ampullaris, hvori receptorcellerne (=hårcellerne) sidder.**
- Hårcellernes cilier stikker op i en gelatinus substans kaldet **cupula.**
- Alle hårcellerne har deres kinocilium placeret i samme retning, således at alle hårcellerne enten exciteres eller inhiberes.
- De semicirkulære kanaler er fyldt med endolymphe.
- **Ved rotation af hovedet drejes de øssøse buegange:**
  - accelereres endolympfen i de semicirkulære kanaler.
  - herved bøjes cupula
  - herved bøjes cilierne
  - hårcellerne enten inhiberes eller exciteres.
- **Hvis rotationen af hovedet fortsætter med samme hastighed:**
  - Vil endolympfen få samme hastighed som den omgivende øssøse buegang
  - cupula vil ikke bøjes
  - ingen stimulation af hårcellerne
  - fyringsfrekvensen vil falde = adaptation, det tager ca. 15-30 sek.
- **Når rotationen stoppes:**
  - Vil endolympfen og dermed også hårcellerne fortsætte kortvarigt i samme retning selv om kanalen ikke længere er i bevægelse (bilens bremses op og man ryger alligevel lidt frem i sædet).
  - cupula vil bøje i den modsatte retning af accelerationen = cilieretning er modsat vej i forhold til da man startede accelerationen.
  - Herved vil hårcellerne generere et respons der er det modsatte af da man startede.
  - Personen vil opleve at man roterer i den modsatte retning.
- Impulsfrekvensen i hvile er relativt høj og afhængig af rotationsbevægelserne sker der enten en hæmning eller excitering af hårcellerne.
  - ⇒ ved at tyde impulsmønsteret som ankommer til hjernen via n. VIII får hjernen oplysning om en hovedets drejning, acceleration og retning.
- Det vestibulære system har også forbindelser til rygmarven, cerebellum, formatio reticularis, øjenmusklerne og cortex.
  - ⇒ via disse forbindelser opnår stimulering af buegangene dels en subjektiv rotationsfølelse, dels en række kompensatoriske bevægelser.
- **Under en hoveddrejning drejes øjnene tilbage i en langsom kompensatorisk bevægelse (den vestibulo-okulære refleks)** således at fiksaionen vedligeholdes.
- Den samme kompenserende øjenbevægelse kan ses når en forsøgsperson undersøges i en roterende stol. Drejning af stolen udløser en kompensatorisk øjenbevægelse, dvs. drejning til højre udløser en øjenbevægelse mod venstre.
- **Nystagmus**, der er rytmiske bevægelser, forekommer, fordi det vestibulære stimulus vedvarer, men øjenbevægelsen bringes til ophør, og blikretningen bringes tilbage til udgangsstillingen i et hurtigt ryk.
  - ⇒ man angiver nystagmus' retning efter den hurtige fase, på trods af, at det er den langsomme bevægelse, som er den vestibulært udløste kompensatoriske refleks.

- Når stolen roteres med samme hastighed stimuleres buegangene ikke og nystagmus, der udløses ved den initiale acceleration, ophører efter 15-30 sek. Når stolens rotation bringes til ophør, fortsætter blikretningen rotationen, indtil et hurtigt ryk bringer blikket tilbage i udgangsstillingen, og man ser altså en nystagmus, der i den kliniske terminologi har retning modsat stolens tidligere omdrejningspunkt.

#### Øvelsen:

- I øvelsen undersøgte vi de subjektive fornemmelser af bevægelse og de motoriske kompensationsbevægelser som udløses ved aktivtving af buegangene.
- Vi aktiverede buegangene en ad gangen:
  - *Rotation mod højre med hovedet lige → aktivering af laterale buegang.*
    - Nystagmus(hurtig) til venstre.
    - Opfattet bevægelsesretning mod højre.
    - Ved stop af rotation vendte cilierne mod højre.
  - *Rotation mod højre med hovedet drejet forover, således at panden holdes horisontalt → aktivering af anteriore ~~superiore~~ buegang.*
    - Nystagmus rotatorisk til venstre.
    - Opfattet bevægelsesretning som en vindmølle mod venstre.
    - Ved stop af rotation vendte cilierne skråt til højre.
  - *Rotation med højre med hovedet drejet således at forbindelseslinjen mellem ørene nærmest er vertikal → aktivering af posteriore buegang.*
    - Nystagmus nedad.
    - Opfattet bevægelsesretning fremad bøjning, som om: han skulle slå en kolbøtte.
    - Ved stop af rotation vendte cilierne bagud.

#### Om øjenbevægelser:

- Konjurerede øjenbevægelser er når øjnene bevæger sig lige langt og i samme retning.
- Ukonjurerede øjenbevægelser betegnes konvergente eller dikonvergente.
- Hurtige øjenbevægelser der bringer et interessant objekt ind i fovea eller bidrager til at holde fiksationen kaldes sakkader.
- Langsomme øjenbevægelser – følgebevægelser – bruges til at fiksere et objekt på fovea selvom objektet bevæger sig.
- Voluntære øjenbevægelser initieres fra de frontale øjenfelter.
- Reflektoriske øjenbevægelser udløses fra subcorticale strukturer, bla. colliculus superior, der i øvrigt også projicerer til frontallappens øjenfelter.
- *De posturale reflekser* der udløses fra buegangene studeres enklet under den post-rotatoriske fase, da de manifesterer sig kraftigt som fx *fejllægning og faldtendens*.  
⇒ disse reflekser er normalt ansvarlige for at pegeretning og balance bibeholdes på trods af hovedets bevægelse.
- Den post-rotatoriske bøjning af cupula modsat accelerationsretningen opfattes fejllægt som en virkelig rotation, hvorved de reflektoriske kompensationsmekanismer bliver ufunktionelle.
- Hvis forsøgspersonen i denne periode rækker hånden frem og peger på en genstand og derefter lukker øjnene, vil man se, at personen begynder at pege ved siden af.
- Den reflektoriske tyngdepunktsforskydning som svarer til cupula-deviationen vil på tilsvarende måde give faldtendens.

### Elektromyografi

- Ved elektromyografi registreres aktionspotentialer fra vilkårligt, spontant eller elektrisk aktiverede muskelfibre.
- EMG kan registreres med overfladeelektroder eller med intramuskulære koncentriske nålelektroder, som bruges når man vha. EMG skal diagnosticere neuromuskulære lidelser.
- For at kunne bruge EMG må man kende EMG'et for den raske person.

#### Muskelfibre og muskelkraft:

- Menneskets tværstrubede skeletmuskulatur er opbygget af muskelfibre og hver muskelfiber er opbygget af sarcomerer, der er muskelfiberens kontraktile element.
- Fysiologisk inddrages muskelfibrene i 3 grupper:
  - Røde muskelfibre: slow twitch (S)
  - Intermediære muskelfibre: fast twitch fatiguable (FR)
  - Hvide muskelfibre: fast twitch fatigable (FF)
- Alle vores muskler består af alle 3 typer fibre.
- En motorisk enhed består af et  $\alpha$ -motorneuron og alle de muskelfibre som den innervierer.

- Alle muskelfibre i en motorisk enhed er af samme type.
- De hvide hurtige fibre tilhører store motoriske enheder der har store motorneuroner.
- De røde langsomme fibre tilhører små motoriske enheder der har små motorneuroner.
- Muskelkraften kan reguleres meget præcist vha. af to metoder:
  - Ved ændring af fyringsfrekvensen i de enkelte motoriske enheder. (sumation)
  - Ved rekruttering af flere eller færre motoriske enheder.
- ⇒ Rekrutteringen sker i en bestemt rækkefølge:
  - Først de små motoriske enheder: de er røde fibre og det opnås derfor samtidigt at de mest aktive fibre, er de fibre der er mest resistente mod udtrætning.
  - Derefter rekrutteres de store motoriske enheder.

#### Registrering af EMG:

- Aktionspotentialer fra en enkelt muskelfiber afledt ekstracellulært med en lille elektrode tæt ved fiberens overflade har en amplitude på 50-200  $\mu$ V og varer 1-3 ms. ⇒ det ekstracellulære potential er trifasisk.
- Ved ganske svag kontraktion kan man aflede aktionspotentialer fra en enkelt motorisk enhed - de har en frekvens på 8-10  $s^{-1}$  - se øvelsesvejledning fig. A.
- Hvis kontraktionen øges stiger frekvensen af AP'erne fra den enkelte enhed til 15-25  $s^{-1}$ . Samtidig rekrutteres flere motoriske enheder - se øvelsesvejledning fig. B.
- Ved maksimal kontraktion kan man ikke skelne potentialer fra den enkelte motoriske enhed = **interferensmønstre** - se øvelsesvejledning fig. C.
- Man kan bestemme de motoriske enheders rumlige fordeling (territorium) ved at aflede samtidigt med mange elektroder.
- I ekstremtidsmusklerne ligger fibre fra samme motoriske enhed indenfor et område af muskeloversnittet med en diameter på 5-10 mm.

100-150  $\mu$ V  
5-10  $\mu$ s

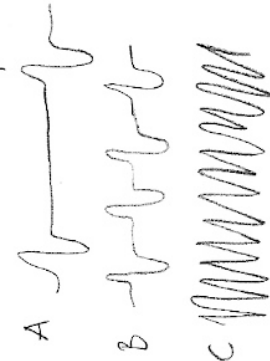
### MUP: (Motor unit potential)

- MUP: er aktionspotentialer fra en motorisk enhed; det er summen af de ekstracellulære ekstracellulære potentialer fra alle enhedens fibre.
- Amplituden bestemmes af elektrodens placering i forhold til den motoriske enheds fiber samt af fiberens antal.
- Nervefiberens længde og afstanden til aktiveringsstedet er ikke den samme for alle enkeltfibre der udgør den motoriske enhed → varigheden af MUP er derfor længere (5-15 ms) end varigheden af et enkelt fiberpotential.
- Da alle fibre bidrager til MUP vil form, amplitude og varighed give oplysning om ændringer i de motoriske enheders rumlige opbygning i musklen og dermed evt. sygdomme, der vedrører musklerne.
- De fleste MUP'er er di- eller trifasiske og kun få er polyfasiske.
- Under patologiske forhold når musklens normale forbindelse til nerven er beskadiget, kan man registrere spontan aktivitet fra enkelte fibre = denervingspotentialer.
- Ved klinisk EMG anvender man følgende parametre:
  - AP-mønstret ved maksimal kontraktion → normalt ses interferensmønstre. ⇒ Hvis man kan skelne AP'er fra enkelte motoriske enheder er det tegn på tab af motoriske enheder.
  - Middelverdi af totalvarighed af MUP: under svag kontraktion registreres AP'er fra 20-30 motoriske enheder, idet nålen flyttes rundt i musklen ⇒ varigheden er abnorm hvis den afviger mere end 20% fra den normale middelværdi hos personer med samme alder som patienten.
  - Foretaget forekomst af polyfasiske potentialer: af de 20-30 MUP'er fra forskellige motoriske enheder hos normale vil højst 12% have mere end 4 faser.
  - Spontan aktivitet: fibrillationspotentialer eller "positive stejle potentialer": i mere end 2 elektrodepositioner uden for endplatezonen er tegn på denervning.
  - Den enkelte motoriske enheds udbredelse over musklens overflad (territorium)

Sines Rapport s. 5!

hurtige (vide) → store mot. enheder  
røde (langsom) → små mot. enheder

- røde (langsomt møt) rekrutteres først, derefter de hvide (hurtig møt)



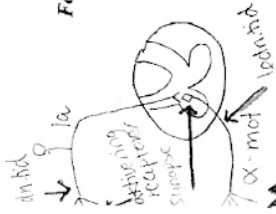
Hoffmannreflex undersøgelse

Definition:

- Et slag på en sene medfører som regel en kortvarig muskelkontraktion (en refleks)
- Refleksens størrelse bedømmes ud fra størrelsen af den udløste muskelkontraktion
  - *Refleks → opviste svingning*
- Refleksens størrelse bedømmes ud fra størrelsen af den udløste muskelkontraktion
- Refleksens størrelse bedømmes ud fra størrelsen af den udløste muskelkontraktion
- Refleksens forløb
  - *Refleks → opviste svingning*
- Et slag på musklen medfører en kortvarig længdeforøgelse af muskelen
- De Ia-afferente fibre beliggende omkring muskeltenden har stor dynamisk følsomhed og udløser ved muskeforlængelsen 2-4 AP ved høj frekvens.
- Hvert AP giver anledning til dannelsen af et EPSP i α-motoneuronerne i rygmarven. Alle α-motoneuronerne depolariseres, men kun et vist antal når tærskelværdien for udløsning af AP og en efterfølgende kontraktion i musklen for at bringe musklen tilbage til den længde den som udgangspunkt havde før slaget på senen.
- Antallet af aktiverede motoneuroner afgør senerefleksens styrke.

Forsinkelser i den monosynaptiske strækrefleks udgøres af

- Aktivering af receptorer
- Afferent ledningstid i Ia-afferenterne (ca. 65m/s)
- Synaptiske forbindelse i rygmarven *ms.*
- Efferent ledningstid i α-motoneuronerne (ca. 55m/s)
- Den neuromuskulære synaptiske forbindelse *ms*
- Elektromekanisk kobling - fra udløsning af AP i muskelen til kraftudviklingen kan registreres i senen.



Faktorer der regulerer hvor mange motoneuroner der aktiveres ved et standardiseret slag:

- Ia-fibrenes følsomhed (afgøres af γ-motoneuronerne som innervierer de intrasulale fibre i muskeltenden)
- α-motoneuronernes excitabilitet - afhænger af α-motoneuronets membranpotential og membranmodstand som afgøres af summen af alle de eksitatoriske og inhibitoriske neuroner der synapser på α-motoneuronet.
- Den frigjorte mængde transmittersubstans i Ia-synapsen *fx. GABA, histamin*

Forsvækkede senereflekser fås ved: Hyperrefleksi

- AI aktivitet der bringer motoneuronernes membranpotential nærmere tærsklen
- En øget dynamisk følsomhed i muskeltendenne *fx. v. læsion af central mot. neuron. Det ses karakteristisk tegn p. atrofi, øget musk. tonus.*
- Svækkede/ophævede reflekser fås ved: Arefleksi
- AI aktivitet der bringer motoneuronernes membranpotential væk fra tærsklen
- En mindsket dynamisk følsomhed i muskeltendenne *fx. v. læsion af perifer nerve, men hyperrefleksion er et tegn på en central læsion, da α-motoneuronerne inhiberes centralt fra*
- Skader der mindsker antallet af afferente fibre
- Processer, som reducerer transmitterfrigørelsen fra Ia-afferenterne *Der ses musk. atrofi, musk. tonus ↓*
- (presynaptisk inhibition)
- Skader der mindsker antallet af efferente fibre
- Processer der forstyrrer den neuromuskulære transmission



*H-refleks = vedlæst som dlq. og elektrisk stimulus.*

*M-bølge = Muskel AP som ⇒ muskelkontraktion bølge.*

H-refleks (Hoffmannrefleks) - vis muskeltænnen elimineres

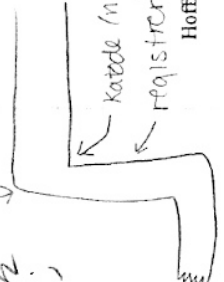
- Her stimuleres de Ia-afferente fibre elektrisk, hvilket betyder at muskeltænnens indflydelse bliver elimineret. Den refleks der udløses kaldes Hoffmann-refleksen.
- Det antal α-motoneuroner der aktiveres afhænger kun af deres membranpotential og slet ikke af muskeltænnens dynamiske følsomhed (hvilket var tilfældet med senerefleksen)
- Ved at sammenligne senerefleks og H-refleks fås derfor et indirekte mål for muskeltænnens dynamiske følsomhed.
- H-refleks registreres lettest via *EMG = elektro myografi*
- Ved elektrisk stimulation vil man først aktivere Ia-fibrene som har den laveste tærskel ved elektrisk stimulation gennem huden. Ved lav stimulation vil man derfor kun se en H-bølge som stammer fra Ia-fibrenes aktivering af α-motoneuronerne i rygmarven. I takt med at stimulationsstyrken øges vil α-motoneuronerne aktiveres direkte og udløse en M-bølge som er udtryk for den direkte stimulation af musklen. Da der stimuleres midt på en perifer nerve vil AP løbe i begge retninger. Det betyder at de afferente fibre *bl* gennemløber refleksbuen og vil møde M-bølgens proximalt forløbende AP'er og derved blive udvisket. Ved høje stimulationsstyrker vil der derfor kun registreres en M-bølge.

Øvelsen:

- Refleksens fremkaldes i m. triceps surae ved slag på Acuillessenen (senerefleks) eller stimulation af n. tibialis (Hoffmannrefleks). Responset registreres ved EMG
- Effekten af voluntær kontraktion:
  - Dorsifleksion: (aktivering af antagonisten) → Reciprok inhibition udløses i antagonisten (i dette tilfælde m. triceps surae) → færre neuroner når tærsklen ved stimulation → mindre udslag på EMG
  - Plantarfleksion: (voluntær aktivering af m. triceps surae) → Motoneuroner depolariseres før stimulation → flere når tærsklen ved stimulation → større udslag på EMG
- Jendrassiks manøvre: Anden muskelgruppe aktiveres, hvilket medfører større chance for frejbringelse af svage reflekser måske fordi α-motoneuronerne gøres mere excitable da banerne løber sammen. *fordi man koncentrerer sig om noget andet*

Klinik:

- Arefleksi er tegn på læsion af en perifer nerve, men hyperrefleksion er et tegn på en central læsion, da α-motoneuronerne inhiberes centralt fra
- Både H- og M-bølgen har en latentstid. Hvis denne ikke stemmer overens med normale er det tegn på en patologisk tilstand.



### Nerveledningshastighed

- Øvelsens formål var at demonstrere registrering af nerveledningshastighed.
- Ledningshastigheden for motoriske nerver in situ blev bestemt hos mennesket for ca. 100 år siden.
- For de hurtigste motoriske fibre i n. medianus fandt man en hastighed på 61 · 5,1 m/s.
- **Nerveledningshastigheden afhænger af nervens opbygning:**
  - Hastigheden stiger med tiltagende tykkelse af axonet.
  - Hastigheden stiger ved myelinisering.
  - Hvis forholdet mellem axonets indre længdemodstand og membranmodstanden falder øges ledningshastigheden.
  - Større afstand mellem de Ranvierske knuder og stigende temperatur vil bevirke en øget ledningshastighed.
- Sygdomme der rammer axonet eller myelinskeden kan medfører nedsat ledningshastighed → registrering af ledningshastigheden anvendes derfor diagnostisk ved sygdomme, der angår det perifere nervesystem.
- **I øvelsen undersøgte vi nerveledningshastigheden i n. ulnaris.**
- Vi påklisterde to overflade elektroder på hypothenars muskler
- Herefter stimulerede vi n. ulnaris 2 steder gennem huden; dels lige proksimalt for håndledet og dels i sulcus n. ulnaris på bagsiden af albuen.
- Da nerveimpulser udløses lettest ved katoden placerede vi katoden distalt, nærmest registreringselektroderne.
- Først bestemte vi tærskelstimulus som er det svageste stimulus, der giver et AP, der kan registreres.
- Ved gradvist at øge stimulusstyrken fandt vi den styrke, der netop giver maksimal amplitude af AP'et, dvs. amplituden vokser ikke ved øget stimulus.
- Ved maksimal elektrisk stimulering af nerven aktiveres alle motoriske nervefibre og dermed alle motoriske enheder samtidigt → det registrerede muskel-AP er således summen af alle aktiverede motoriske enheder i musklen.  
⇒ herved opnås det at det er nerveledningshastigheden i de hurtigste motoriske fibre, der bestemmes.
- Normalt er ledningshastigheden for disse fibre i mindst 50 m/s når den måles n. ulnaris mellem albue og håndled.
- Afstanden mellem håndleds- og albuestimulationssted blev målt til 20,5 cm.
- Tiden fra nerven stimuleres i håndledet til impulsen registreres af måleelektroderne på musklerne var 83 ms. 85
- Tiden fra nerven stimuleres i håndledet til impulserne blev registreret på musklerne er 30 ms. 5, 5
- Tidsforskellen mellem de 2 registrerede aktionspotentialer er: 8,3-3,0 = 5,3 ms.
- Ledningshastigheden kan nu beregnes:  $\frac{26,5}{5,3} = 500 \text{ m/s}$
- Ledningshastighed =  $\frac{\text{strækning}}{\text{tid}} = \frac{26,5 \text{ cm}}{5,3 \text{ ms}}$  hvilket stemmer overens med normalværdierne.

Hvorfor var det nødvendigt at stimulere 2 steder, først ved håndled og dernæst albue?

- Hvis man kun stimulerer ét sted ville vores beregnede ledningshastighed også inkludere den tid det tager for nervefibren at synapse med muskelfibren.
- Ved at stimulere nerven 2 steder udelukkes synapse-tiden og man kan således få en mere præcis beregning af nerveledningshastigheden.

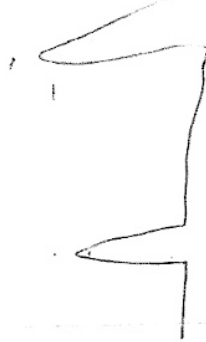
Synapsstiden = 1 ms

Nerveledningshastighed

1 af 2

Følgende sygdomme kan påvirke ledningshastigheden i de perifere nerver:

- Carpal tunnel syndromet: sammenklemning af nerve hvorved det sker en lokal demyelinisering, og derved nedsættes ledningshastigheden.
- ALS: alle motorneuroner dør hvilket medfører total lammelse.
- Diabetes: sensoriske nerver skades, så man kan opleve en prikkende fornemmelse i fingrene.
- Alkohol og andre toksiske stoffer.
- B12 vitaminmangel
- Anticancer medicin



strækning = ledningshastighed (m/s)  
tid

Nerveledningshastighed

2 af 2



Stimulusudløste potentialer - "evoked potentials"

- EEG'et afspejler hjernens aktivitet (når personen befinder sig i ro eller sover) og er bruges klinisk til at diagnosticere sygdomme, som påvirker den normale hjerneaktivitet generelt eller lokalt (epilepsi, tumorer, metaboliske sygdomme, forgiftninger etc.)
- EEG'et kan også bruges til at registrere effekten af en specifik sensorisk stimulation (auditiv, somatisk eller visuel).
- Den komponent af EEG'et der udløses efter et sensorisk stimulus kaldes et begivenhedsrelateret potential = sensorisk evokeret potential.
- I øvelsen så vi på somatosensoriske evokerede potentialer (SEP) og visuelt evokerede potentialer (VEP).

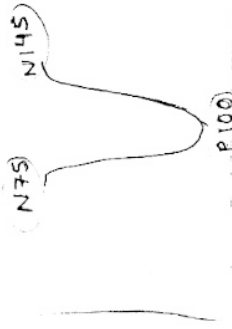
Generelt om evokerede potentialer:

- Evokerede potentialer (EP) måles med almindelige EEG-elektroder der sidder placeret på overfladen af skalpen eller halsen.
- EP-signalet har imidlertid en meget mindre amplitude end den spontane EEG-aktivitet.
- Derfor må EP-signalet ekstraheres fra EEG'et og dette sker vha. en proces der kaldes midling. Princippet for midling er at EP'et bliver tydeligere med øget antal stimuli fordi der sker en summering.
- Midling øger signal-støjforholdet med en faktor, der er lig kvadratroden af antallet af skakplade stimuli.

VEP - visuelt evokerede potentialer:

- VEP måles almindeligvis for et øje ad gangen - det andet øje tildækkes.
- Som visuelt stimulus brugte vi en skakplade, hvor felterne skiftede mellem rød og sort.
- På et normalt midtlinje VEP ses 3 toppe: en positiv top 100 ms (P100) efter stimulusstart og 2 negative toppe, hhv. 75 ms (N75) og 145 ms (N145) efter stimulusstart.

Tegning af VEP fra øvelsesvej:



- Normalt tager det ca. 100 ms fra at øjet stimuleres til at der kan måles en aktivitet i synscortex. Denne tid kaldes for latenstiden og illustreres af P100-toppen. Den lange latenstid skyldes primært den molekylære signaltransduktion i stav- og tapcellerne.
- Det er primært forandringer i den mono-okulære stimulus-signal-latens, som har diagnostisk interesse.

I øvelsen udførte vi også et VEP.

- Latenserne var normale, P100 var endda hurtigere end normalt med en latens på kun 85 ms.
- Ved sygdomme som bla. dissemineret sklerose vil der pga. demyelimering af de centrale nerver være en nedsat ledningshastighed som bevirker at det tager mere end 100 ms før stimulus registreres i cortex.
- Ved at måle latenstiden for begge øjne kan man også danne sig en ide hvor skaden er sket.

Fig 9A: her ses en forsinkelse af latenstiden på begge øjne: dette skyldes formentlig en læsion centralt for chiasma opticum således at impulsen fra begge øjne forsinkes.

Fig 9B: ses der en latenstid på ca. 120 ms for det venstre øje og en latenstid på 100 ms for det højre øje. Den forlængede latenstid på det venstre øje skyldes en lokaliseret læsion af n. opticus på det venstre øje.

Tegn fig 9A og 9B fra øvelsesvej:

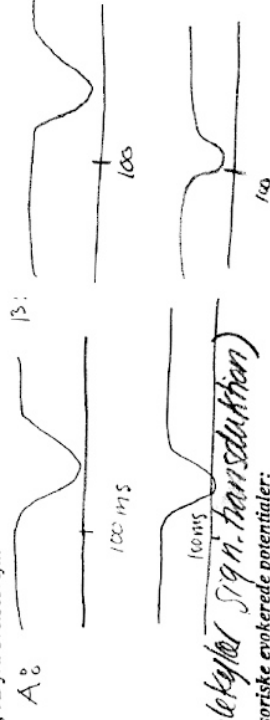


Fig 9B: ses der en latenstid på ca. 120 ms for det venstre øje og en latenstid på 100 ms for det højre øje. Den forlængede latenstid på det venstre øje skyldes en lokaliseret læsion af n. opticus på det venstre øje.

P100 = latenstid (skyldes molekylær sign. transduktion)

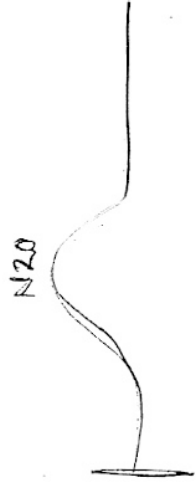
SEP - Somatosensoriske evokerede potentialer:

- Et SEP kan frembringes ved stimulation af perifer nerve, enten rene sensoriske eller blandede nerver.
- I øvelsen fremkaldte vi et SEP ved at stimulere n. medianus ved håndleddet med en bipolar elektrode.
- Signalet registreres derefter flere steder:
  - I Erbs punkt, der befinder sig under clavacula.
  - Ved n. medianus' indtræden i rygmarven.
  - I cortex cerebri.

Normalt tager det ca. 20 ms fra at n. medianus stimuleres til at der kan registreres et SEP i cortex. SEP'et indeholder derfor en negativ top med stor amplitude ca. 20 ms (N20) efter stimulusstart.

Tegning af fig. 6:

(cortex 20 ms → N20 (neg.))



- I øvelsen stimulerede vi n. medianus og udløste et SEP, der netop registreredes i cortex 20 ms efter stimulusstart.
- SEP bruges til at diagnosticere og lokalisere skader på lange sensoriske ledningsbaner. Via de mange afledninger der bruges i klinikken er det muligt ved at kigge på specifikke latens- og amplitudeforandringer at afgøre hvor en evt. forandring er lokaliseret. Som eksempler ses der på fig. 10A og 10B - se næste side:
  - På fig. 10A undersøges n. medianus. Da der ses et SEP ved alle registreringssitederne kan vi se at nerven fungerer optimalt = den sensoriske bane er intakt.
  - På fig. 10B undersøges n. ulnaris på samme arm. Her er der kun registreret et SEP perifert på nerven. I rygmarven og cortex er der ikke registreret et SEP. Da der ses et SEP på den perifere registrering må nerven være intakt perifert.
    - ↳ hvis skaden havde siddet perifert for eller i selve spinalgangliet (som indeholder cellelegemerne), ville den perifere nerve være atrofiert og der ville ikke have kunnet måles et SEP.
  - Skaden må derfor ligge centralt for spinalgangliet. Og da der ikke er nogen registrering i rygmarven må skaden ligge mellem spinalgangliet og rygmarven.
    - ↳ Konklusionen må derfor være at spinalnervens dorsaltrod er rykket ud af rygmarven.
  - Da n. medianus(C5-C8) fungerede optimalt må skaden derfor vedrøre de segmenter der giver ophav til n. ulnaris(C8-T1)

Tegning af fig. 10A og 10B:

