

# **ELEKTROMIOGRÁFIA**

## **EMG**

# EMG ALAPFOGALMAK

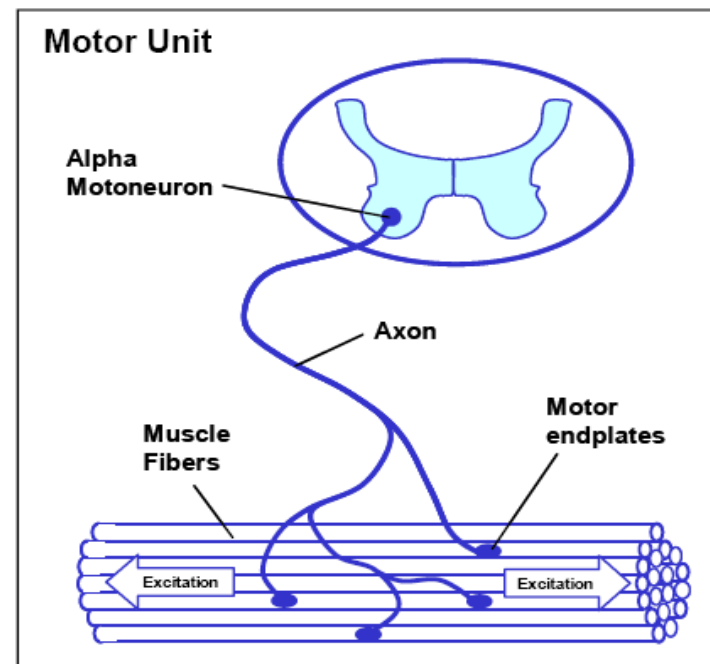
**ELEKTROMIOGRÁFIA:** Harántcsíkolt izmok bioelektromos tevékenységének vizsgálata (izomrostok akciós potenciáljai hozzák létre).

**MOTOROS EGYSÉG:** egy első szarvi motoneuron és az általa beidegzett izomrostok

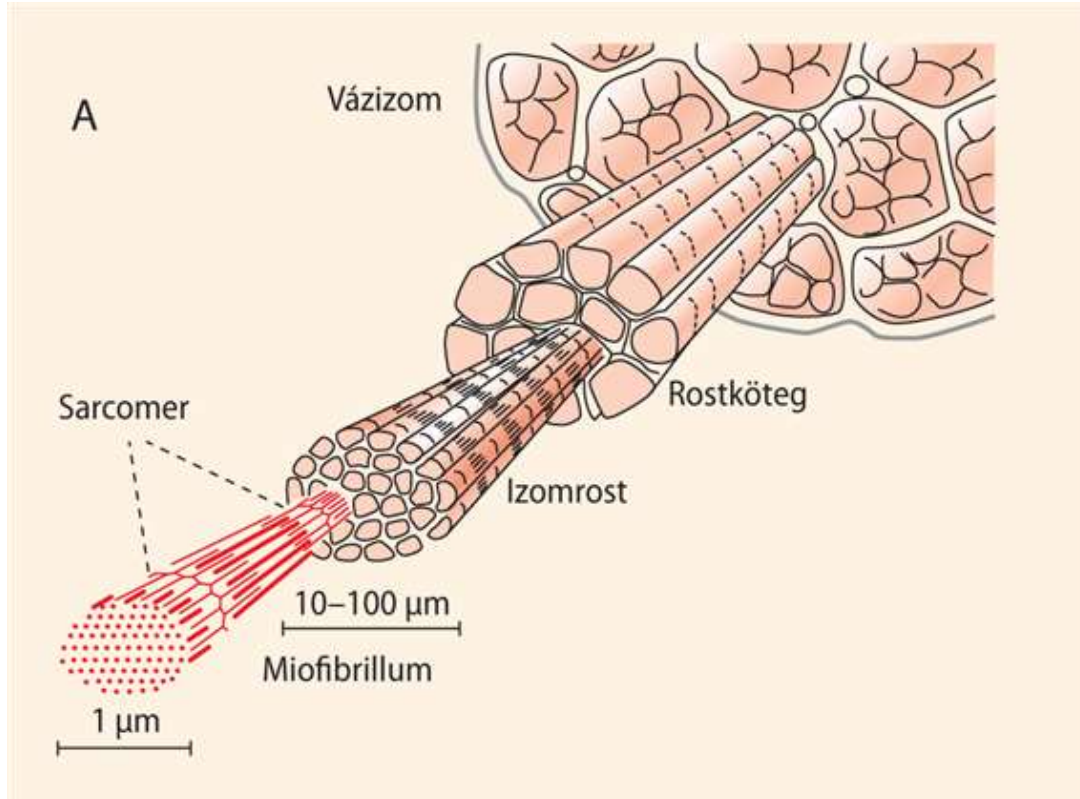
**NYUGALMI ÁLLAPOTBAN:** nincs EMG tevékenység

**MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁL:** egy motoros egység izomrostjainak összeadó akciós potenciálja. Enyhe kontrakciónál az egységpotenciálok izoláltan jelentkeznek

**INTERFERENCIA MINTA:** erős kontrakciónál sok motoros egység működik *aszinkron módon*, a motoros egység potenciálok egymást átfedve jelentkeznek



# HARÁNTCSIKOLT IZOM FELÉPÍTÉSE



A többmagvú harántcsíkolt izomrost átmérője csak 10 és 80 µm között van, de hosszuk néhány mm-től 25 cm-ig terjed.

Kontraktilis elemei a miofibrillumok.

A miofibrillumok alapegysége a sarcomerek.

Hosszuk: 1,5- 2,5 µm

## Harántcsíkolt izomrostok típusai:

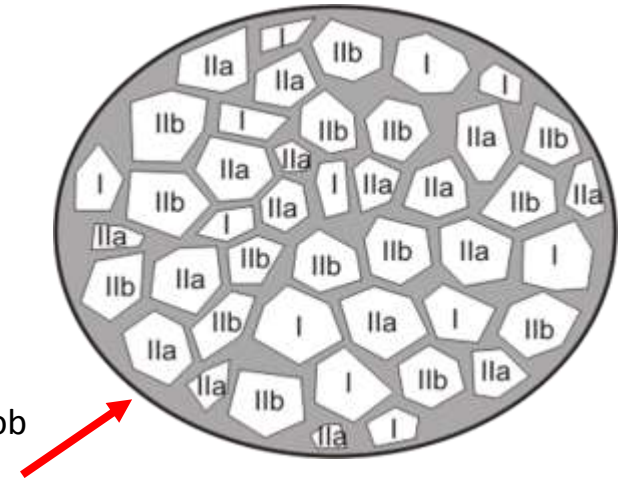
**I. típus:** *vörös izomrostok* (altípusai vannak)

nagy mennyiségű mioglobinnal és sok mitochondriummal, energia = aerob, lassabb működés, de nem fáradékony (frekv. tartomány: 70 - 125 Hz)

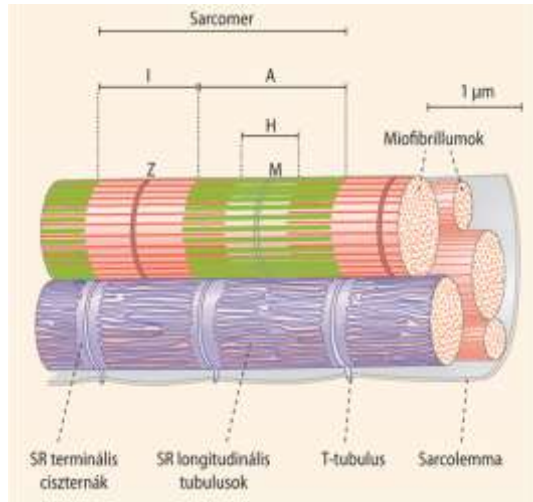
**II típus:** *fehér izomrostok* (altípusai vannak)

kevesebb a mioglobinnal és a mitochondriummal, de sok a glikogénnel, energia = anaerob, gyors működés, de gyorsabban fárad (frekv. tartomány: 126 - 250 Hz)

Az izomrostok kötegében a különböző izomrost típusok mozaikszerűen helyezkednek el.



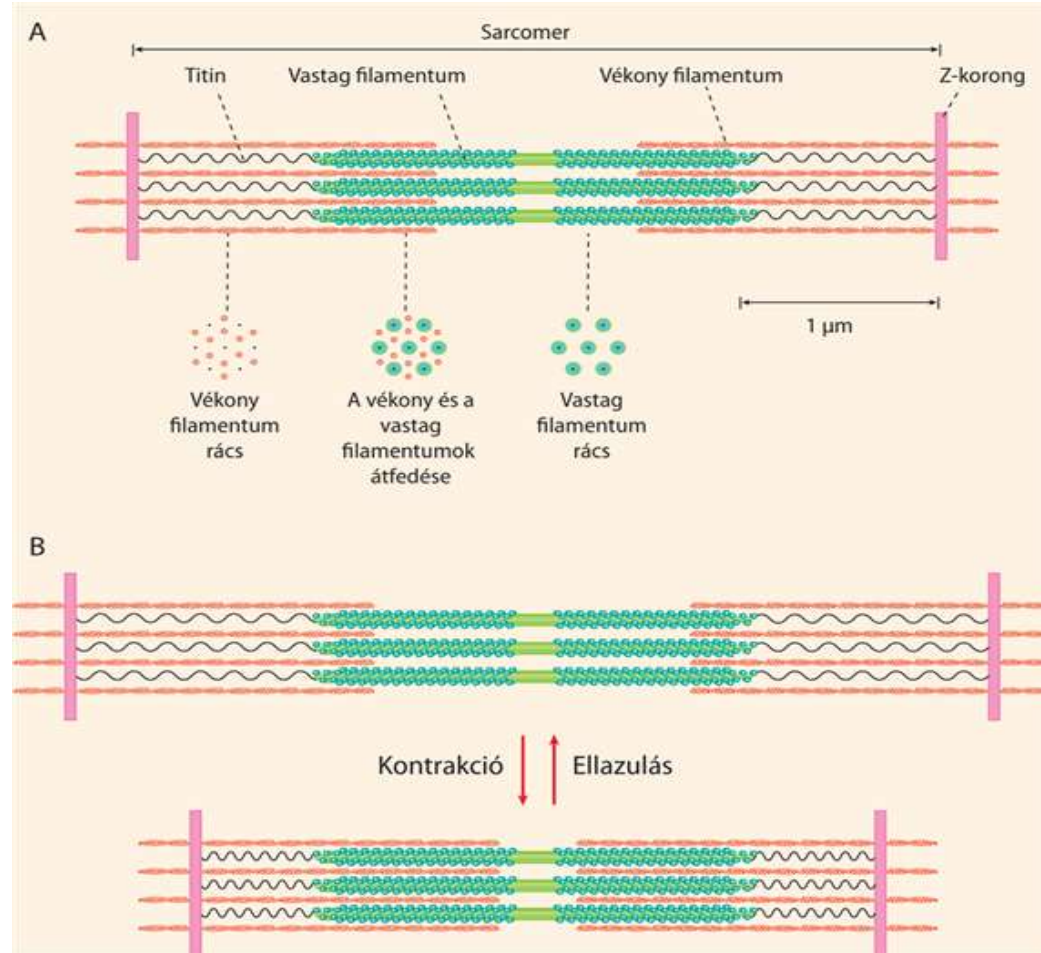
# HARÁNTCSÍKOLT IZOM — SARCOMER



A sarcomerek strukturáját a párhuzamosan rendezett vékony és vastag filamentumok, az ezekre merőlegesen és velük párhuzamosan húzó tartóelemek, továbbá a hozzájuk csatlakozó fehérjék adják.

A sarcomereket egymástól az ún. Z lemez választja el.

A Z lemez két oldalán helyezkedik el az izotróp I csík, a sarcomer középső részén pedig a kettős törésű, anizotróp A csík.

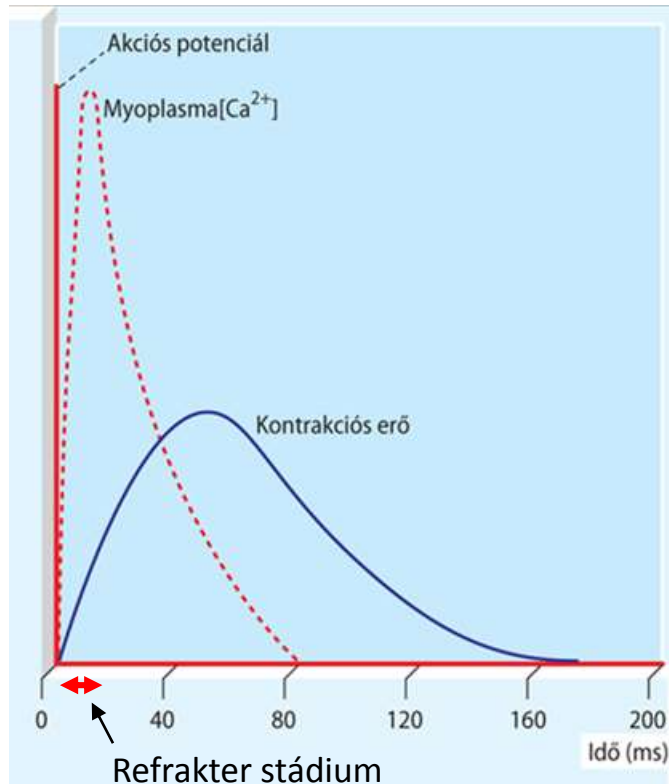


Vastag filamentumok: *miozinkötegek*, titin-óriásmolekulák kötik a Z-lemezhez.

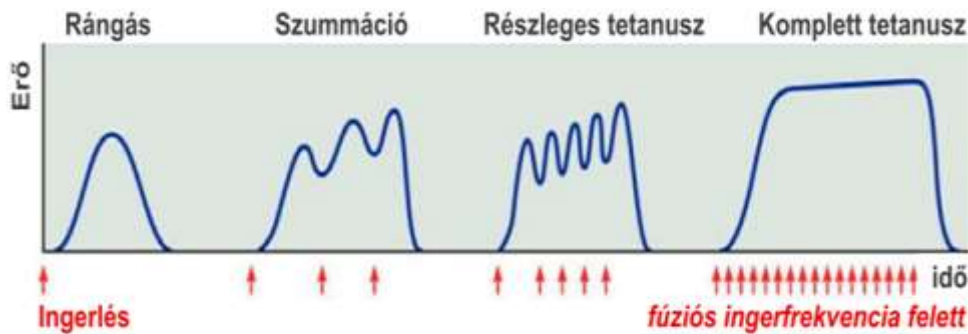
Vékony filamentumok: *polimerizált aktinmolekulák*, amelyekhez regulátor fehérjék, tropomiozin és troponin csatlakoznak. Kontrakciókora miozinefejek középre húzzák a vékony filamentumot, amelyek így „becsúsznak” a vastag filamentumok közé.

**KONTRAKCIÓ:** akciós potenciál az izomroston → depolarizáció a T tubulusban →  $\text{Ca}^{2+}$ -csatorna megnyílása → a myoplasma  $\text{Ca}^{2+}$  szintjének emelkedése → izomkontrakció.

# AZ IZOMKONTRAKCIÓ JELLEMZŐI



- Nyugalmi membránpotenciál: -90 mV
- Akciós potenciál időtartama: 4-6 ms
- Ca<sup>2+</sup> felszabadulása késése: 5 - 20 ms
- Ioncsatornák: gyors, feszültségfüggő Na<sup>+</sup>-csatornák
- feszültségfüggő Ca<sup>++</sup> csatornák
- késői K<sup>+</sup> csatornák
- Akciós potenciál terjedése: 2-4 m/s
- Kontrakció időtartama: < 100 ms
- Refrakter stádium: < 10 ms



Mivel a izomrostok refrakter stádiuma lezajlik a kontrakció befejeződése előtt, lehetőség van a kontrakciók összegeződésére (szummáció). Az izomrostok elernyedése előtt érkező újabb ingerületre létrejövő kontrakció hozzáadódik az előző kontrakció maradékához (szuperpozíció) = **részleges v. inkomplett tetanusz**

Ha a következő ingerület a kontrakció csúcsán érkezik, az elernyedés elmarad, az izom maximálisan összehúzódtott állapotban marad = **komplett tetanusz**

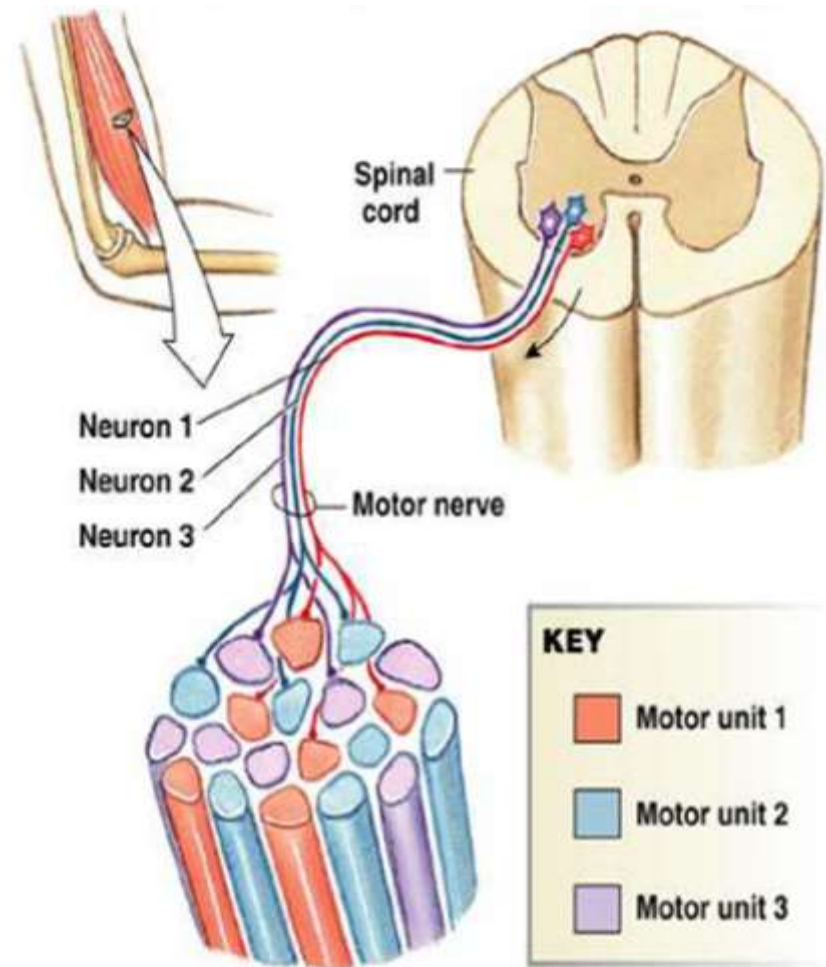
# MOTOROS EGYSÉG 1

Sherrington (1906): final common pathway

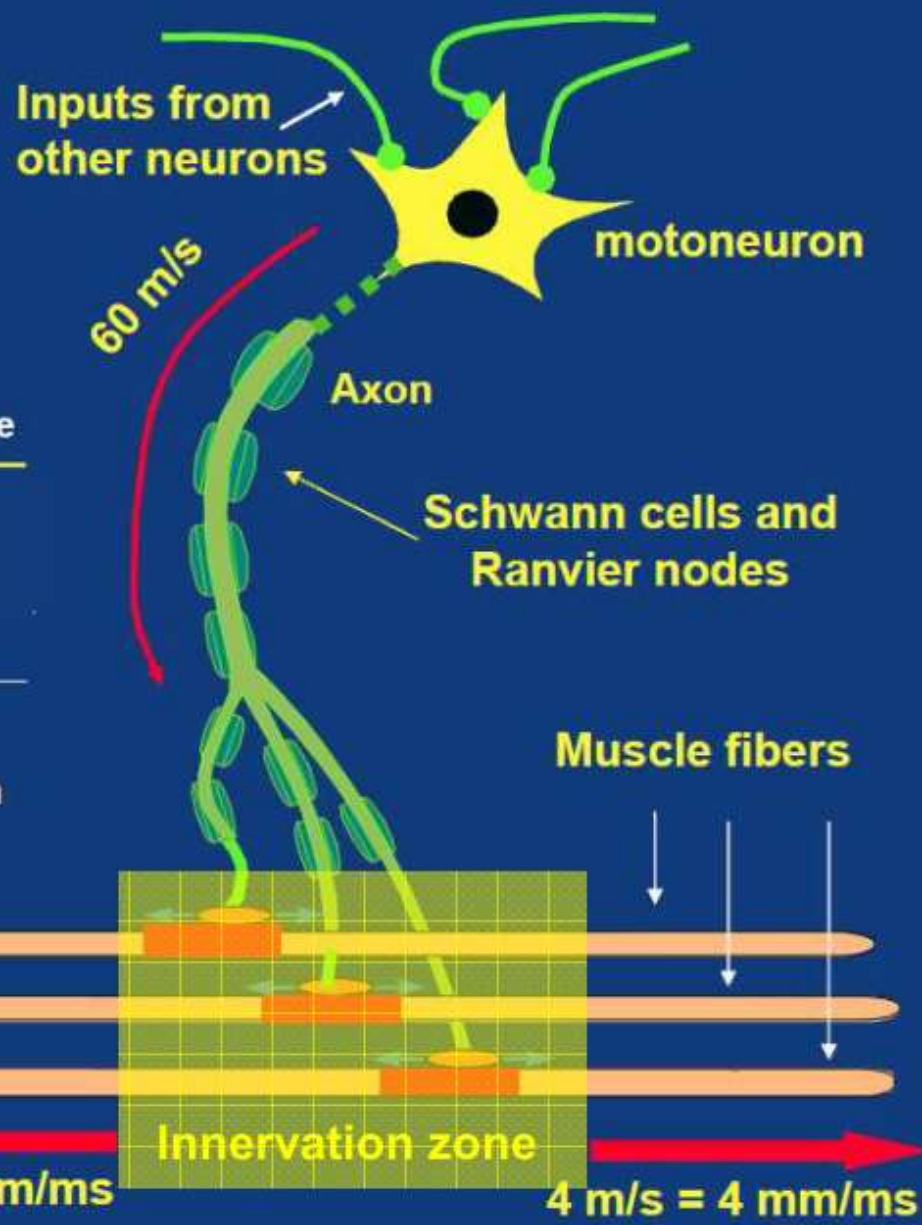
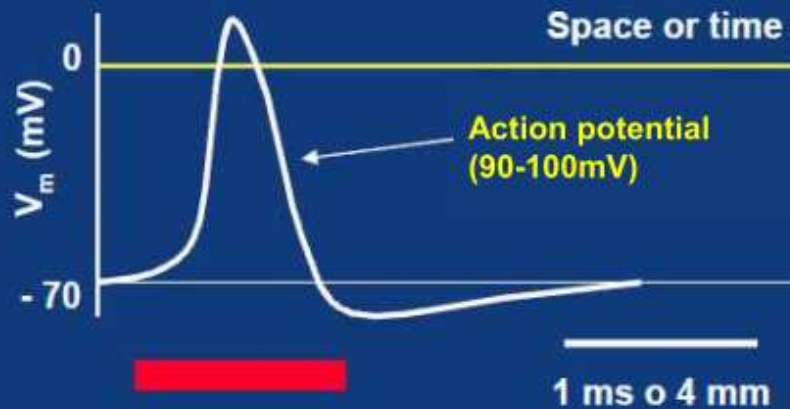
A neuromuskuláris rendszer legkisebb akaratlagosan aktiválható funkcionális egysége a *motoros egység* (ME, motor unit, MU).

Részei:

- egy gerincvelő első szarvi alfa motoneuron
  - a motoros idegben futó axonja
  - a motoneuron végződéseivel beidegzett izomrostok összessége
- Egy motoneuron által beidegzett izomrostok mozaikszerűen helyezkednek el a más motoros egységek által beidegzett izomrostok között.
  - Egy motoneuron által beidegzett izomrostok hisztológiai, biokémiai és elektrofiziológiai tulajdonságai hasonlóak.
  - Egy izomban az különböző típusú izomrostokat tartalmazó motoros egységek találhatóak.
  - Egy motoneuron néhánytól néhány ezerig terjedő izomrostot idegezhet be.



# The Motor Unit (MU) (electrical activity)



One muscle: 10-1000 MU    One MU: 10-2000 fibers of the same type (I or II)

# MOTOROS EGYSÉG 2

**Innervációs arány**nak nevezzük az egy izomban az egy motoros egység által beidegzett izomrostok számát. Ez a különböző funkciót betöltő izmoknál eltérő:

*Finom mozgást végző izmok* (pl. mimikai izmok): 10-500 izomrost

*Nagy mozgásokat végző izmok* esetében (pl. combizmok): 600-2000 izomrost

A motoros egységek mérete egy azon izmon belül is eltérő lehet.

*Kisebb motoros egységek* axonja vékonyabb, kevesebb és kisebb izomrostokat idegeznek be.

**Henneman szabály:** Akaratlagos izommozgásnál a kisebb motoros egységek aktiválódnak előbb, a nagyobb motoros egységek fokozott erő kifejtésnél kapcsolódnak be a mozgásba.

Egy motoros egység izomrostjai *nagyjából egy időben aktiválódnak*. Kis aszinkronitást okoz az egyes rostokat beidegző axonkollaterálisok eltérő hossza.

## AZ IZOMKONTRAKCIÓ TÍPUSAI:

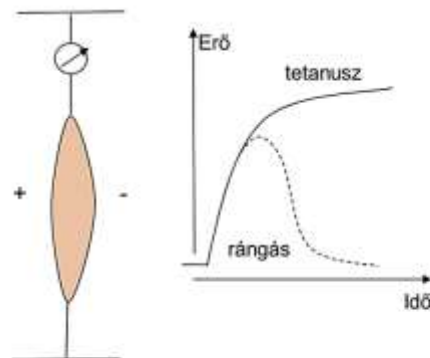
**IZOMETRIÁS KONTRAKCIÓ:** a kontrakció ereje nem elég a mozgás kiváltásához, csak az izom feszülése fokozódik, hossza nem változik.

**IZOTÓNIÁS KONTRAKCIÓ:** a megrövidülésnek nincs akadálya, változatlan feszülés közben alakul ki.

**AUXOTÓNIÁS KONTRAKCIÓ:** a kontrakció során feszülés növekedés után rövidülés is bekövetkezik.

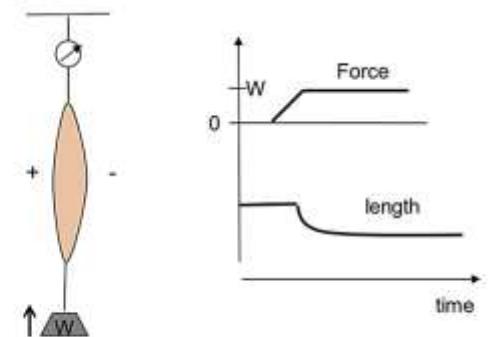
### Izometriás kontrakció

Izom hossza állandó



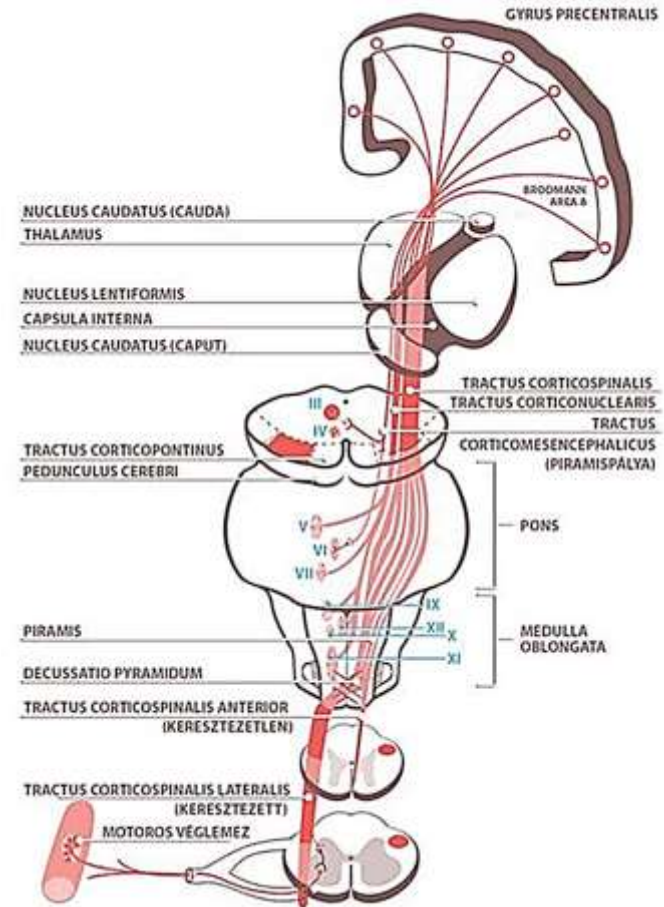
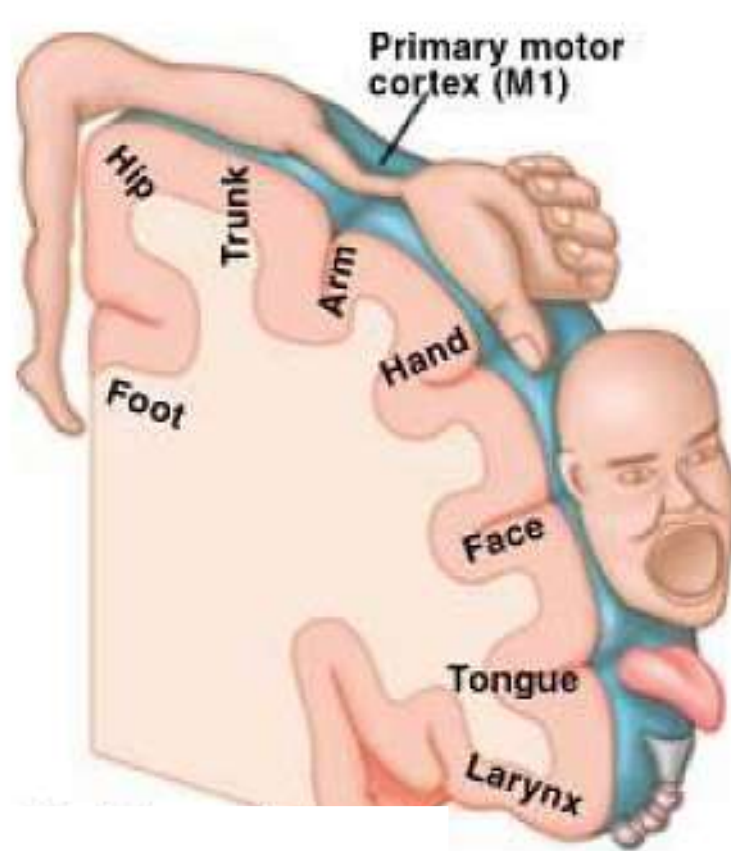
### Izotóniás kontrakció

Állandó erő



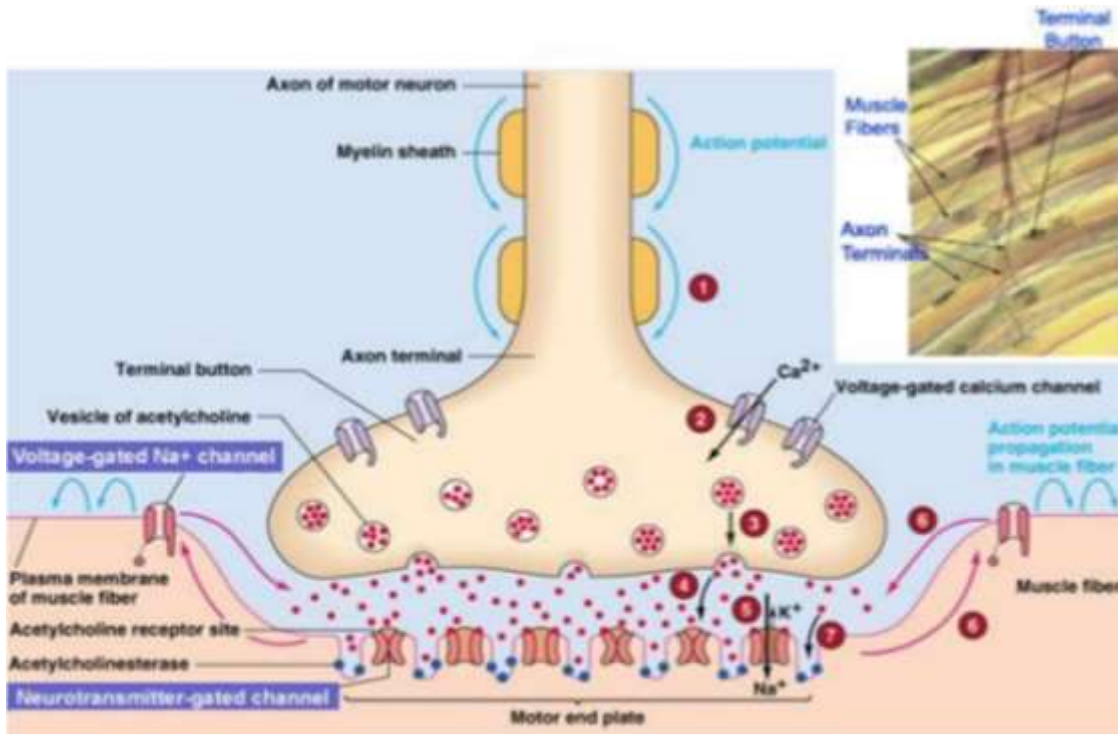
Az izom addig húzódik össze, amíg a súllyal megegyező erőt nem fejt ki.

# A HOMUNKULUS ÉS A PIRAMIDÁLIS PÁLYARENDSZER



A mozgást szervező primer mozgató agykérgi mezőben (gyrus precentrális) a mozgató izmokat vezérlő területek nagysága a mozgások finomsága szerint változik (Homunkulus). A piramis pálya (tractus corticospinalis) a nyúltvelőben keresztesződik és a gerincvelő első szarvában lévő mozgató sejteken végződik.

# A NEUROMUSZKULÁRIS SZINAPSZIS



Szarkolema: ~7.5 nm

Szinaptikus rész: ~50 nm

Junkciós redők tetején  
n-ACh receptorok: 15-20.000/ $\mu\text{m}^2$

N-ACh receptor: kation-csatorna

Csatorna nyitott állapot: 1ms

1 akciós potenciál → 100-300  
vezikula exocytosis → véglemez  
potenciál (end-plate potential, EPP)

Akciós pot. terjedés: 2-6m/s

Nyugalmi állapotban is ürülnek  
egyes vezikulumok, ezek okozzák  
a **miniatűr véglemez  
potenciálokat**.

Az ingerületátvitel folyamata:

1. Akciós potenciál érkezik a végkészülékhez
2.  $\text{Ca}^{++}$  csatornák kinyílnak,  $\text{Ca}^{++}$  áramlik a végbunkóba
3. A vezikulumokban lévő acetilkolin a szinaptikus részbe ürül
4. A *motoros véglemez* ligand vezérelt  $\text{Na}^+$  csatornái kinyílnak
5.  $\text{Na}^+$  beáramlik a membránon keresztül
6. A véglemez depolarizáció hatására akciós potenciál indul el az izomban
7. Az acetilkolin lebomlik acetilkolinészteráz hatására

# AZ IZOM RECEPTOR RENDSZEREI

**Izomorsó** az *extrafuzális munkaizom rostok* között párhuzamos elrendezésben elhelyezkedő módosult izomrostokból áll. A benne lévő u.n. *intrafuzális izomrostok* középső része érzékelő funkcióval bír (*annulospirális receptor*), végei kontrakcióképesek.

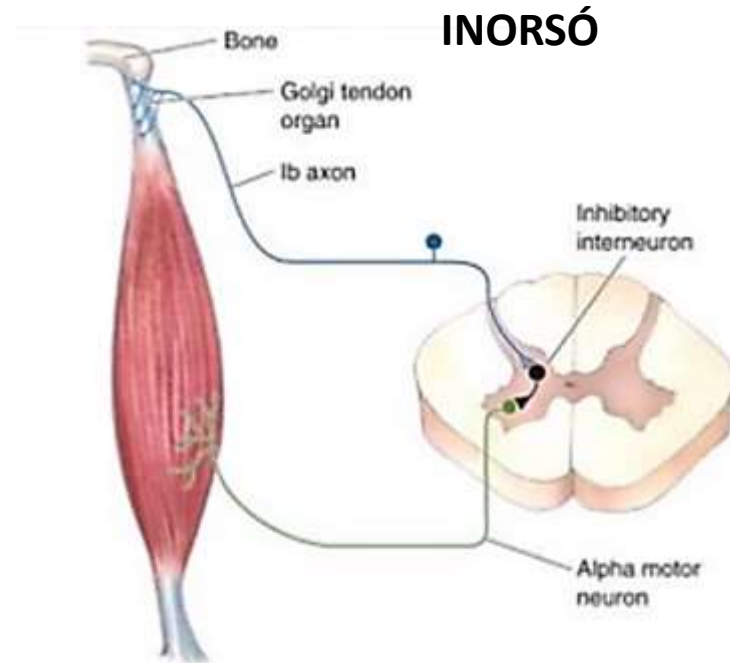
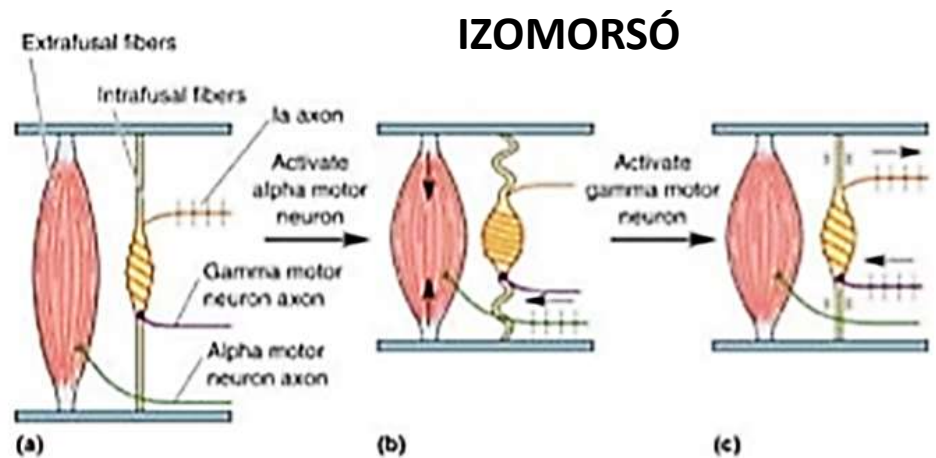
A munkaizomrostokat *A $\alpha$  idegrostok*, az intrafuzális rostokat *A $\gamma$  rostok* idegzik be.

a) Ha az izom passzívan megnyúlik, akkor az izomorsó is megnyúlik - ilyenkor az annulospirális receptorok aktiválódnak és Ia afferens idegrostokon keresztül a gerincvelő felé ezt jelzik.

b) Ha az A $\alpha$  motoneuronok idegrostjai hatására az extrafuzális (munkaizom) rostok összehúzódnak, az intrafuzális rostok ellazulnak.

c) Monoszínaptikus gerincvelői (miotatikus) reflex: az izom megnyújtására aktiválódnak az izomorsó annulospirális receptorai → az Ia afferens rostokon keresztül a gerincvelőben aktiválja az A $\alpha$  motoneuronokat.

Az **ínorsó** sorosan van kapcsolva az izmokkal az izom aktív feszülése és passzív nyújtása egyaránt aktiválja.



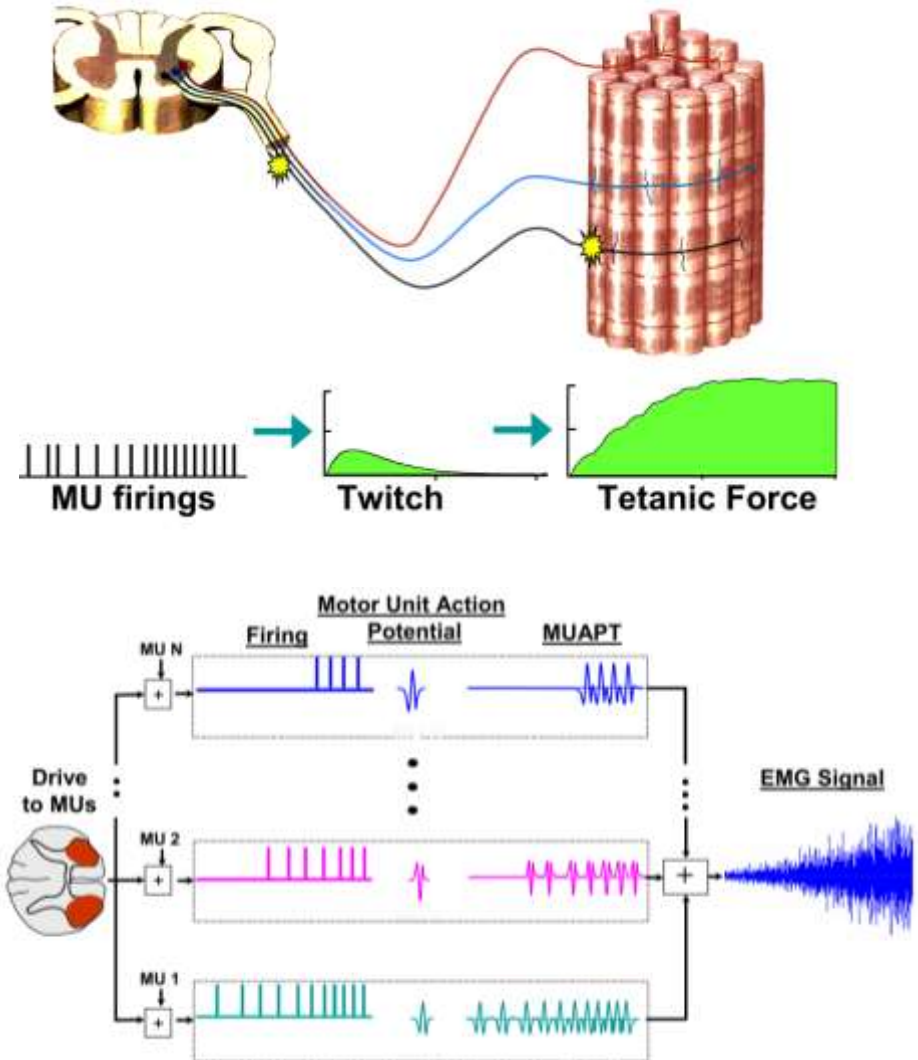
# AZ IZOMERŐ SZABÁLYOZÁSA

Az izomerő fokozására két lehetőség van:

Az egyik lehetőség az izom-összehúzóds erejének fokozására **egy adott motoros egység működési frekvenciájának fokozása**. Akaratlagos mozgásoknál a motoros egységek működési frekvenciája 5-60/s között van. Az izomösszehúzódsok alkalmával a motoros egységek egymást váltva, alternálva működnek.

Az összehúzóds erősítésének másik módja **a működő motoros egységek számának növelése (recruitment)**. Ez mindig meghatározott rendben történik. Legelőször a legkisebb motoros egységek, majd a nagyobbak, végül a legnagyobbak lépnek működésbe.

**A motoros egységek aszinkron módon működnek!**



# EMG ELVEZETÉSI FORMÁK

Koncentrikus tű elektróddal  
történő elvezetés



Felszíni elvezetés



*Az elektromiográfia a harántcsíkolt izmok bioelektromos tevékenységének vizsgálata.*

Az EMG az izomrostok akciós potenciáljaiból adódik össze. Az izomműködés funkcionális egysége a motoros egység. Az EMG elemi összetevője a **motoros egység potenciál**.


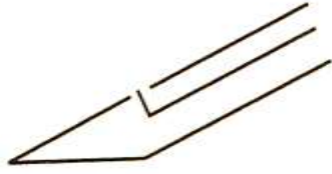

Klinikai diagnosztikai vizsgálatoknál általában izomba szúrt tűelektródokat alkalmaznak.

Noninvazív vizsgálatoknál (munka-sportéletten) felszíni elektródokat alkalmaznak.



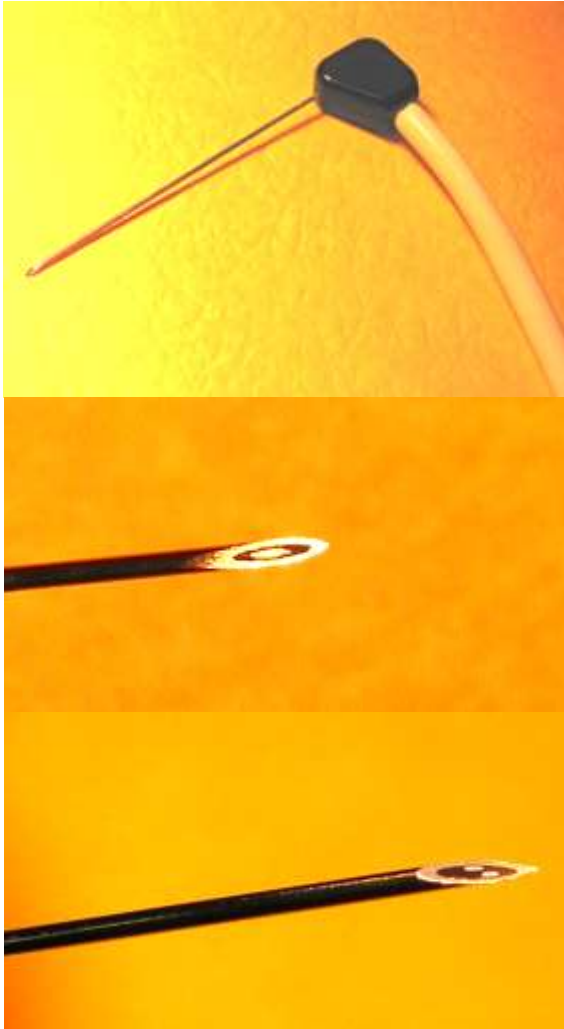
# KINIKAI EMG ELEKTRÓDOK TÍPUSAI

**Table 5.2 Three different types of recording electrode, their physical characteristics, the filter settings required for use, and the nature of the activity that each records.**

| Needle recording electrodes   | Needle tip and recording surface   | Pick-up                         | Needle diameter | Filter settings     | Activity recorded   |
|---|--|---------------------------------|-----------------|---------------------|---|
| Concentric needle electrode<br>Central insulated platinum wire inside a steel cannula   |   | Hemisphere radius<br>0.5 mm     | 0.3–0.65 mm     | 10 Hz to<br>10 kHz  | Motor units   |
| Single fiber needle electrode<br>Fine platinum wire (25 μm diameter) inside a steel cannula, which records from a steel aperture        |   | Hemisphere radius<br>250–300 μm | 0.5–0.6 mm      | 500 Hz to<br>10 kHz | Individual muscle fibers of motor units. In health the potentials are either single or pairs; after reinnervation the potentials have multiple components |
| Monopolar needle electrode<br>Sharpened stainless steel needle insulated down to 25–50 μm from tip<br>Subcutaneous or surface reference |  | Sphere radius<br>200 μm         | 0.3–0.5 mm      | 2 Hz to<br>10 kHz   | Motor units of higher amplitude and more complex waveforms than those recorded with a concentric needle, but similar duration                             |

# EMG ELEKTÓDOK

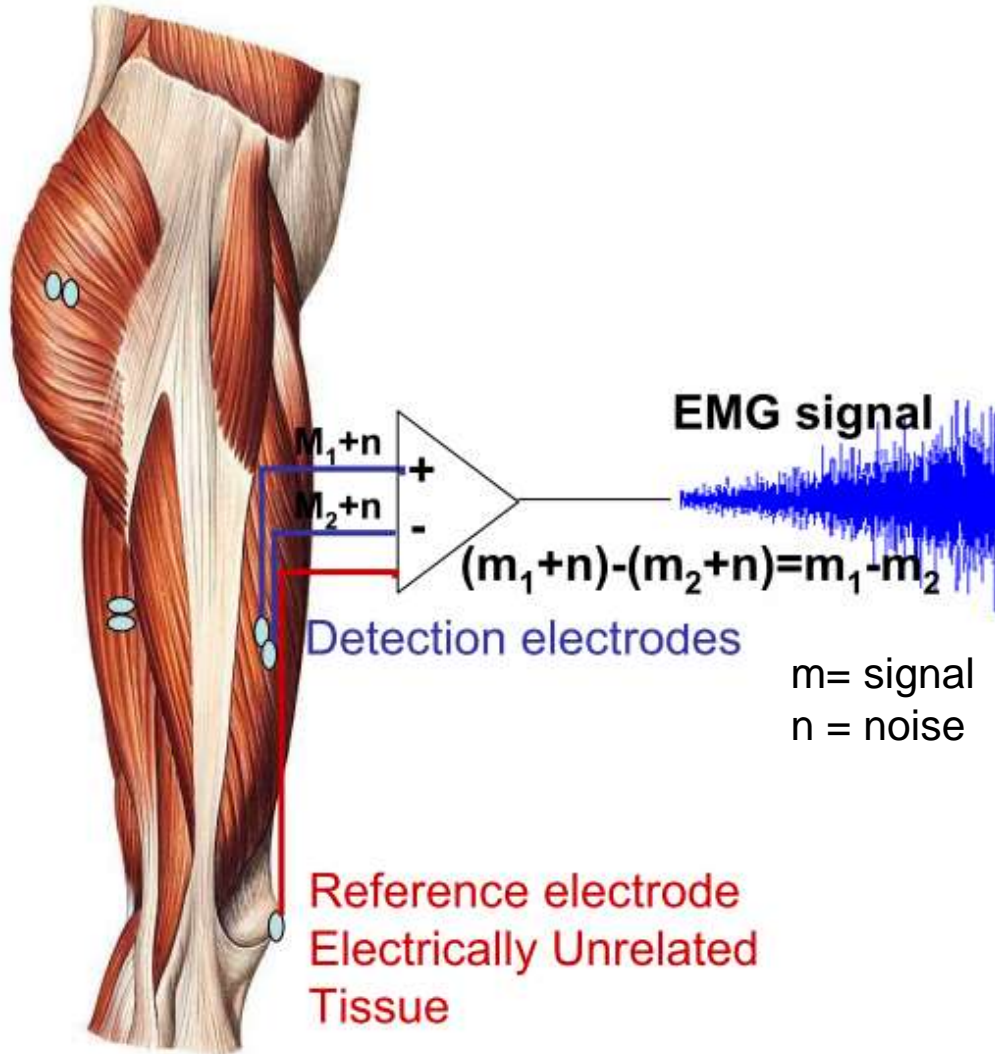
Koncentrikus tűelektódot



Felszíni elektódot



# BIPOLÁRIS EMG ELVEZETÉS



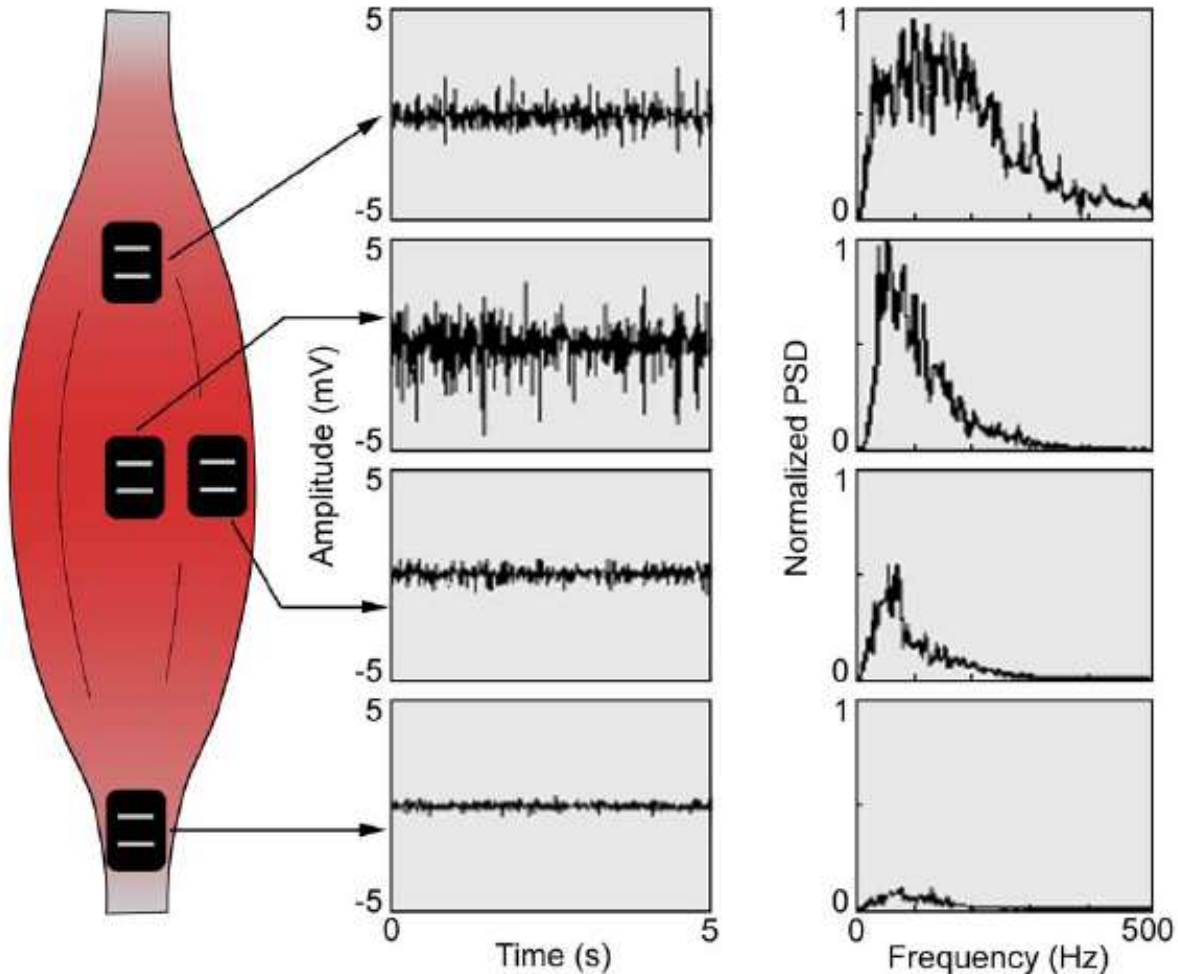
EMG elvezetésnél differenciál erősítőt alkalmaznak.

Felszíni elvezetésnél az elektródokat az izom hasa fölé, az izom rostjainak irányában kell elhelyezni.

Elektródok közötti távolság: 1-2 cm

Az elektródok anyaga és impedanciája azonos legyen.

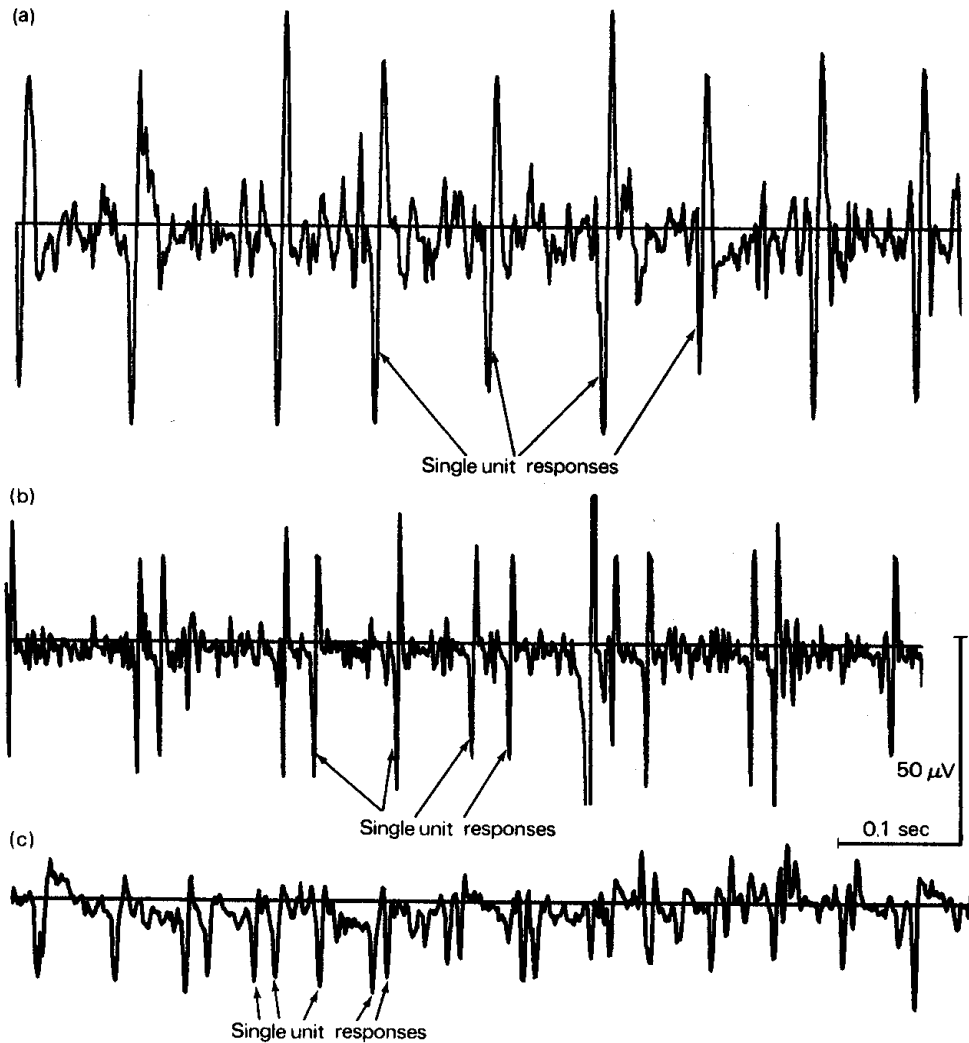
# A FELSZÍNI ELEKTÓD HELYZETÉNEK HATÁSA



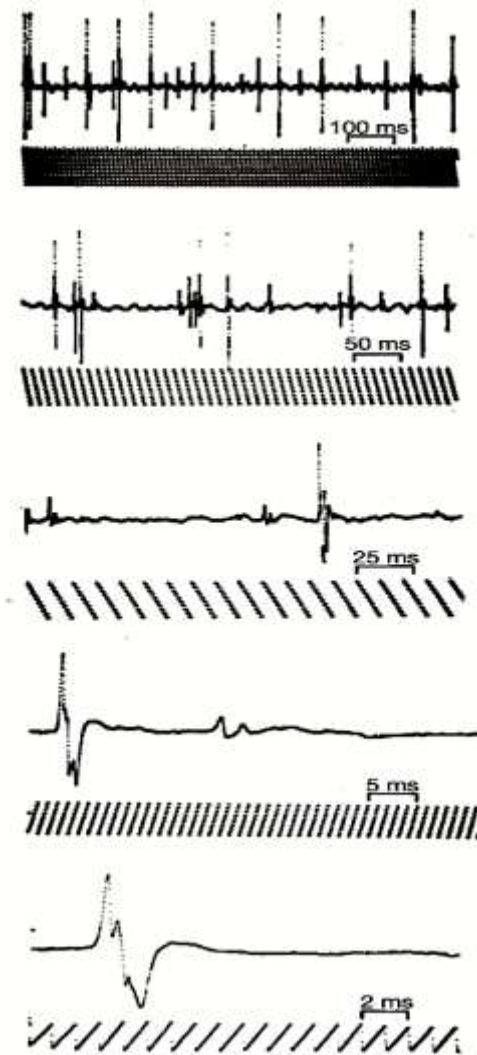
Az izom különböző részei fölé helyezett elektródokkal elvezetett EMG jel amplitúdója és frekvencia spektruma.

A jel amplitúdója az izomtól való távolsággal arányosan csökken és spektruma balra tolódik.

# EMG MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁLOK

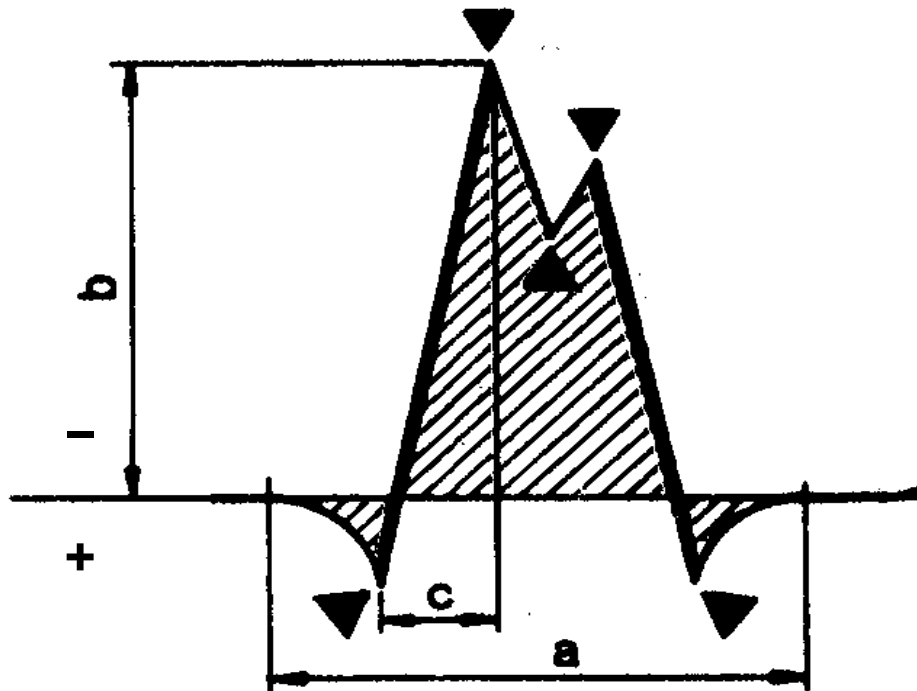


- a) m. biceps
- b) m. lumbricalis (ujjhajlító izom)
- c) forehead (homlok)



Az időtengely széthúzásának hatása a motoros egység potenciálra.

# A MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁL JELLEMZŐI

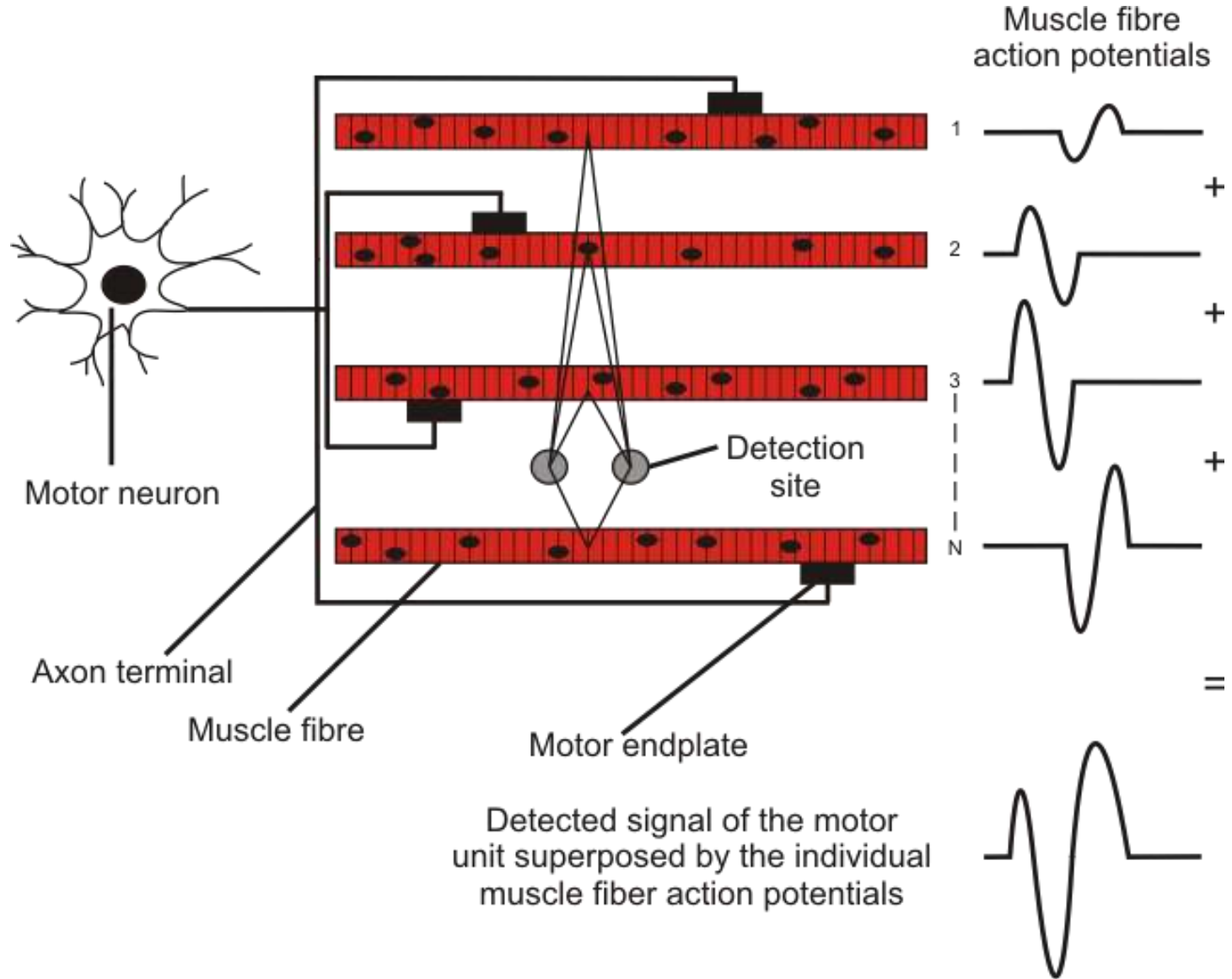


A motoros egység potenciál tipikusan három fázisból, pozitív-negatív-pozitív csúcsból áll.

- időtartam: 4-14 ms
- amplitúdó: 200  $\mu$ V - 2 mV cs-cs
- fázis: <4-szer metszi az alapvonalat
- irányváltás: ▲ <4-szer

A motoros egység potenciál jellemzői:  
a: tartam, b: amplitúdó, c: emelkedési idő

# A MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁL LÉTREJÖTTE



# KLINIKAI EMG VIZSGÁLAT

A klinikai EMG vizsgálat három lépésben történik:

1. Az izom elektromos aktivitás regisztrálása ellazult izomnál.
2. A motoros egység potenciálok jellemzőinek elemzése enyhe izomkontrakciónál.
3. Az izom elektromos tevékenységének regisztrálása maximális erő kifejtésnél.

Klinikai vizsgálatnál az esetek döntő többségében tűelektrodot használnak, mert ezek a motoros egység potenciál vizsgálatára is alkalmasak.

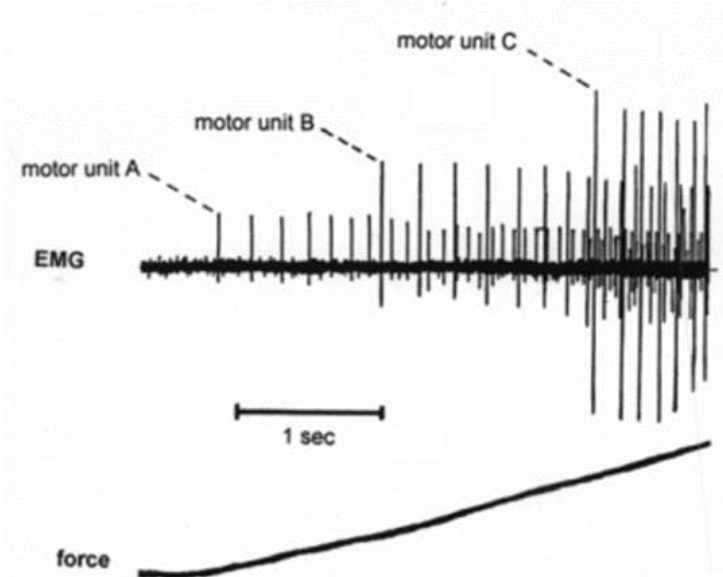
A tű beszúrásánál az izmok mechanikus sértése okoz rövid, szabálytalan aktivitás sorozatot.

Ép izomban **ellazult állapotban nincs spontán aktivitás**. Mivel spontán is ürülnek vezikulumok a szinaptikus részbe, háttéraktivitásként kis amplitúdójú miniatűr véglemez potenciálok jelentkezhetnek.

**Enyhe akaratlagos izomkontrakciónál izolált motoros egység potenciálok jelentkeznek.** A Henneman szabály értelmében ilyenkor főleg a kis motoros egységek tüzelnek. Ált. 10-20 motoros egységet kell több tűállásból összegyűjteni.

**Maximális akaratlagos kontrakciónál** az egységpotenciálok olyan mértékben megszorodnak, hogy nem különíthetők el egymástól: **interferencia minta**

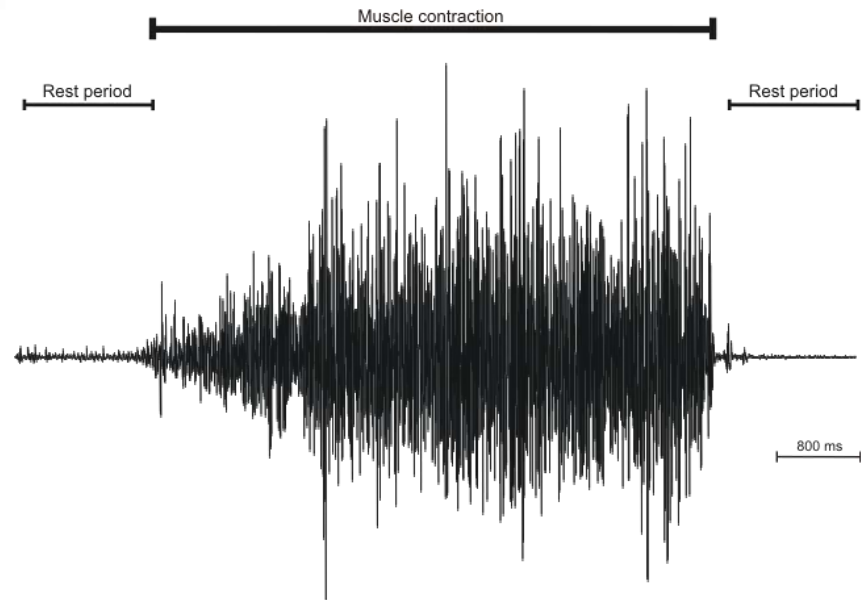
# EMG INTERFERENCIA MINTA IZOMKONTRAKCIÓNÁL



[www.ableweb.org/volumes/vol-21/12-drewes.pdf](http://www.ableweb.org/volumes/vol-21/12-drewes.pdf)

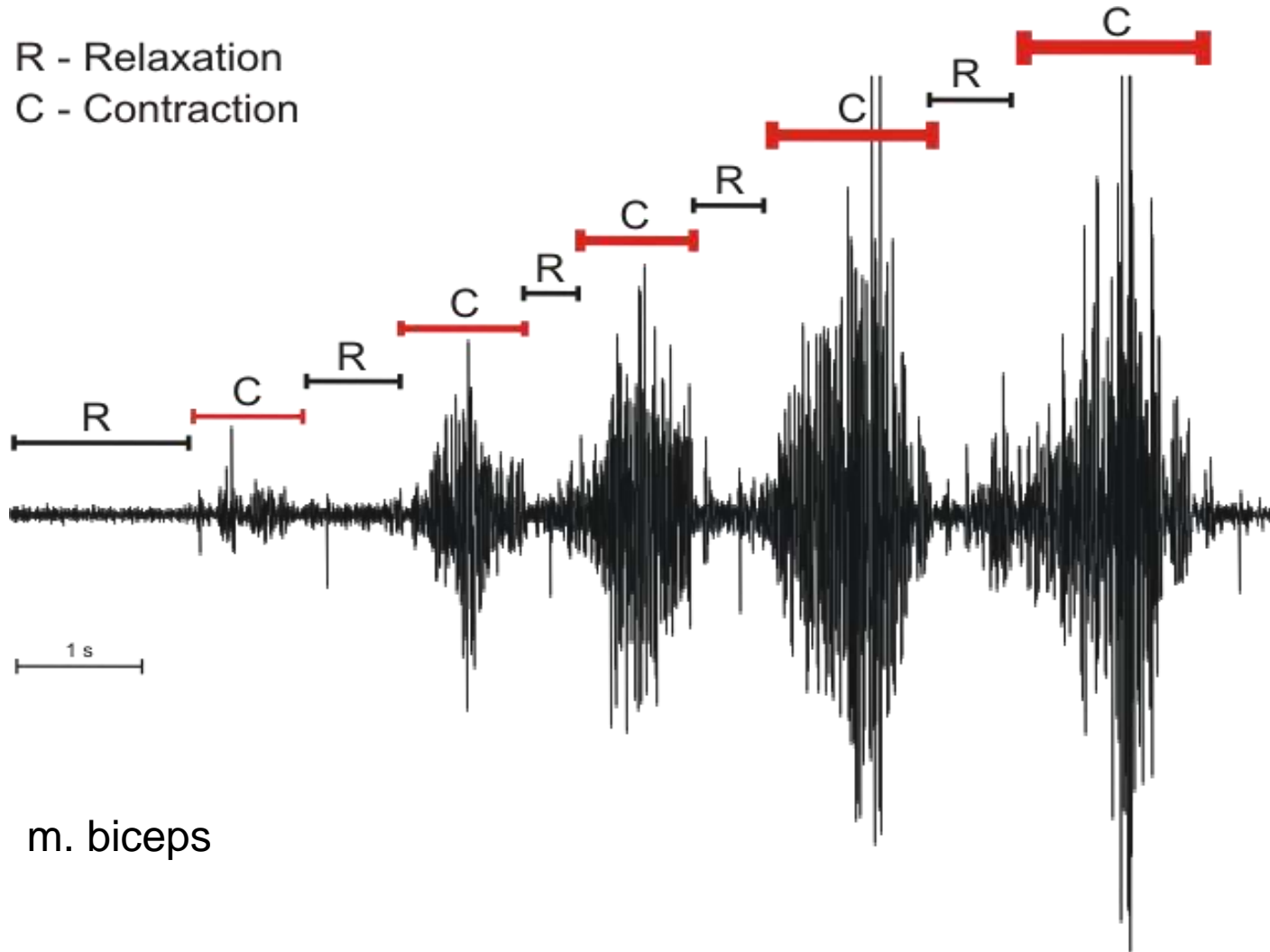
Maximális erő kifejtésnél a motoros egységpotenciálok száma és a kisülési frekvenciájuk olyan mértékben megnő, hogy az egyes motoros egységpotenciálok nem ismerhetők fel. Az egyes motoros egységek aszinkron módon működnek, nem alakul ki ritmus. Hangszórón hallgatva az interferencia minta fehér zajszerű sistergésként hallgató.

Motoros egységek bekapcsolódása gyenge akaratlagos izomkontrakciónál (recruitment). Az egyes motoros egységek potenciáljai különböző amplitúdójúak és az egymás után bekapcsolódó motoros egységpotenciálok egyre nagyobbak. Egyben a kisülési frekvenciájuk is növekszik az erő kifejtéssel párhuzamosan. Hangszóróban hallgatva az egységpotenciálok kopogó hangként hallhatóak.



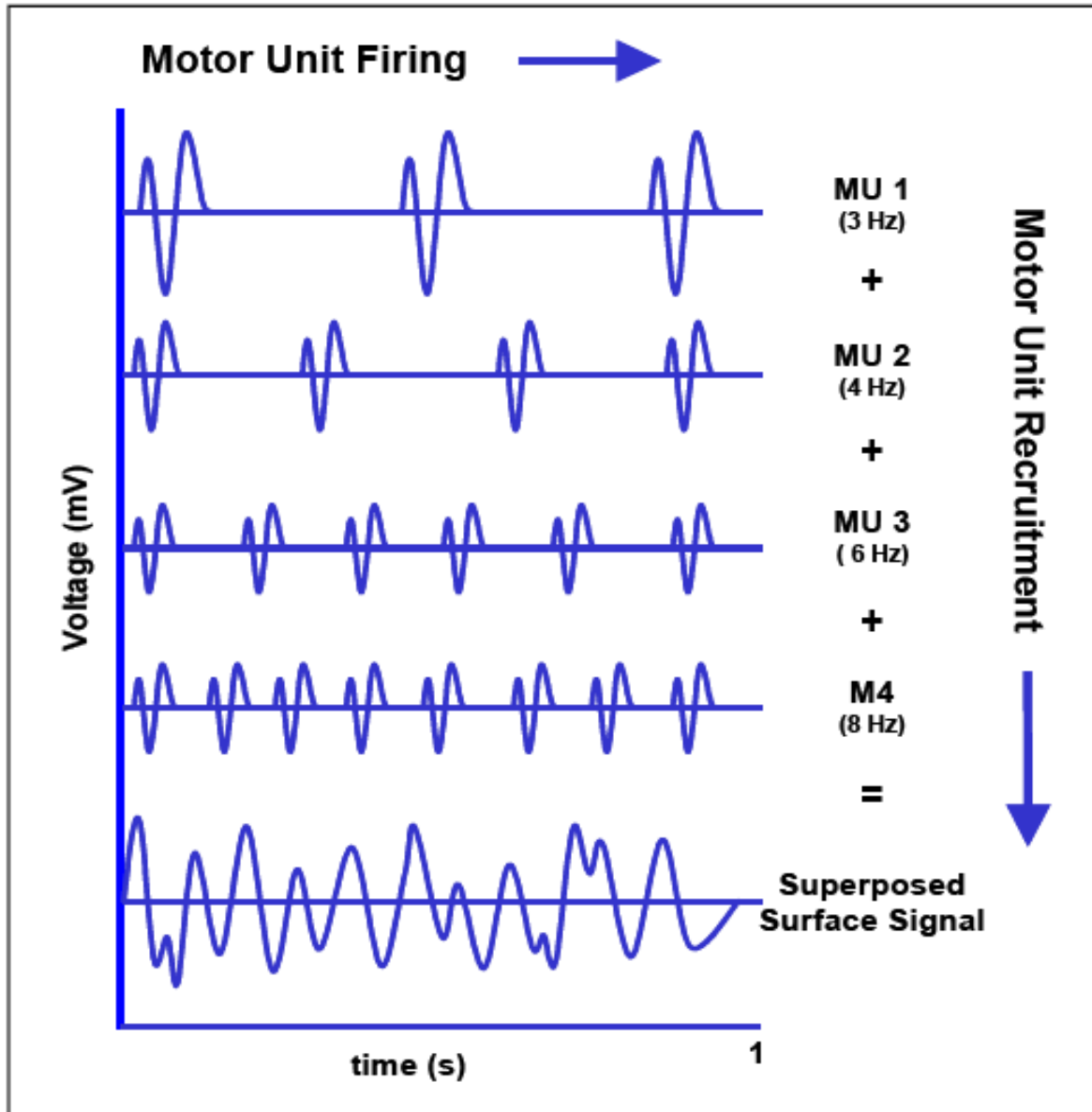
# EMG AKTIVITÁS VÁLTOZÁSA EGYRE NÖVEKVŐ ERŐKIFEJTÉSÉNél

R - Relaxation  
C - Contraction



m. biceps

# AZ INTERFERENCIA MINTA LÉTREJÖTTE

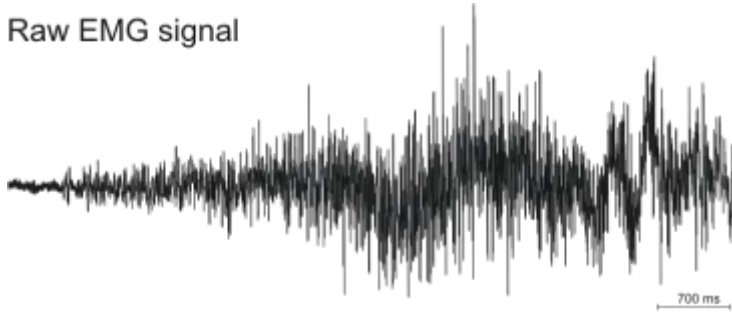


Az EMG interferencia mintát a kontrakcióban részt vevő motoros egységek akciós potenciáljainak összegeződése hozza létre.

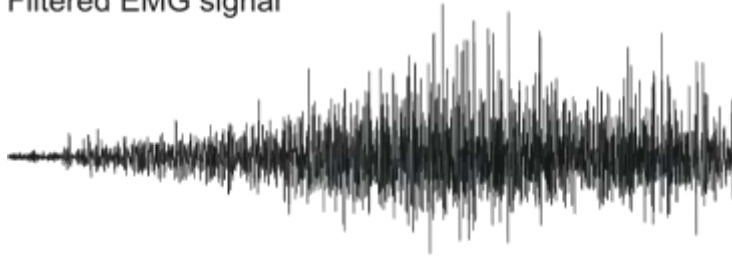
Az egyes motoros egységek aszinkron módon tüzelnek.

# AZ EMG JEL FELDOLGOZÁSA

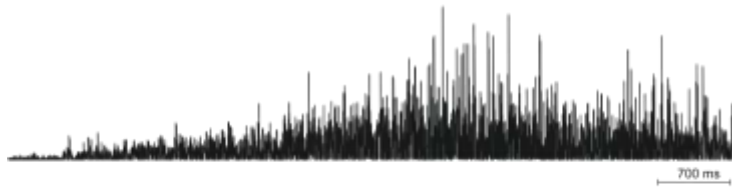
Raw EMG signal



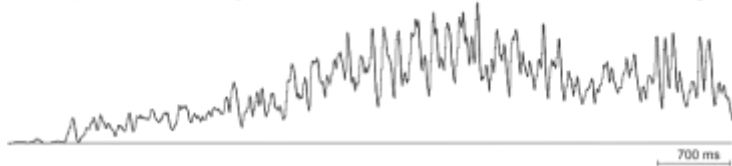
Filtered EMG signal



Rectified and filtered EMG signal



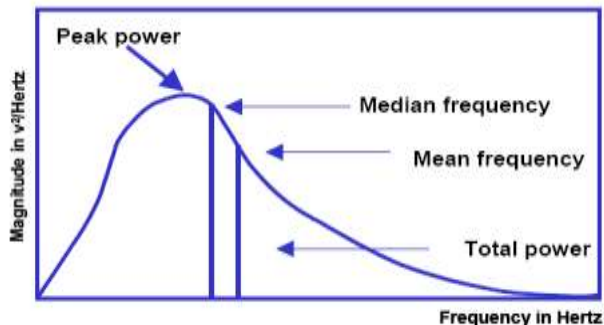
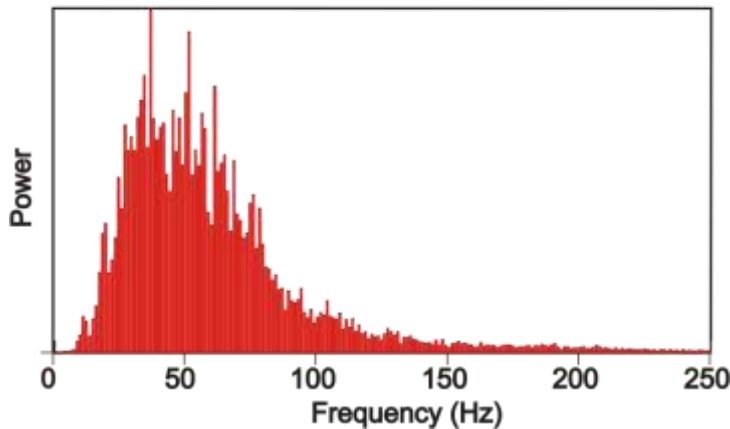
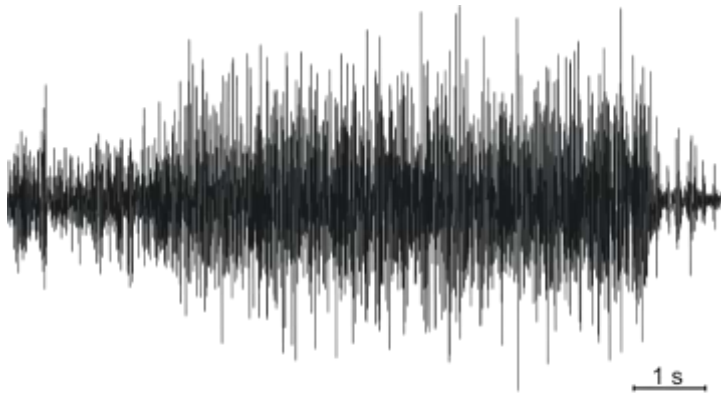
Low pass filtering the rectified and filtered EMG signal



Az EMG interferencia minta kvantitatív leírására gyakran használják a jel egyenirányítását és felülvágó szűrővel történő simítását. Az EMG készülékekben erre automatikus programok szolgálnak.

Ugyancsak használják az EMG tevékenység jellemzésére a frekvencia spektrum analízist.

# AZ EMG INTERFERENCIA MINTÁZATÁNAK JELLEMZŐI



Amplitúdó tartomány: 0-10 mV

Frekvencia tartomány: 10-500 Hz

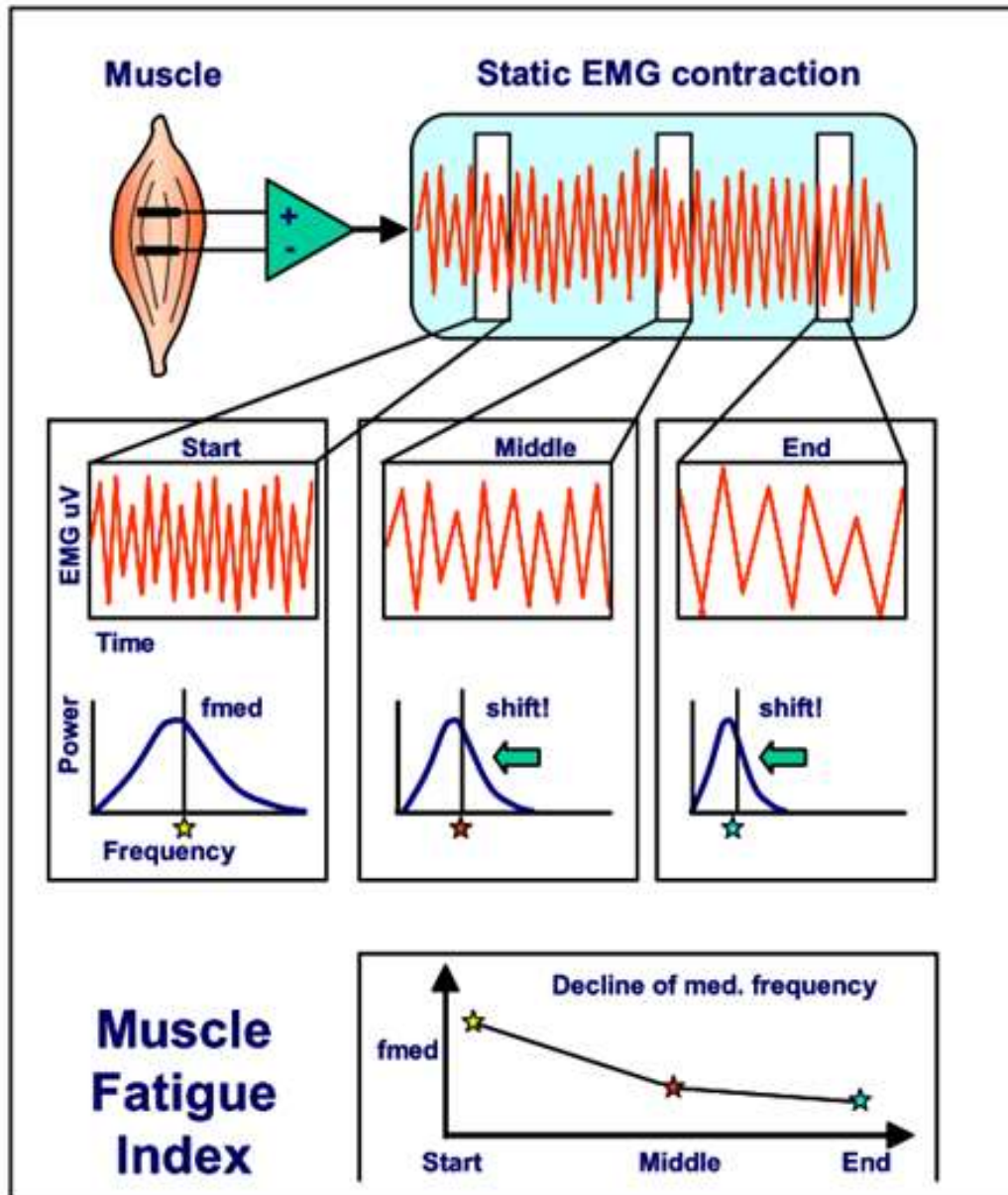
Domináns energia: 50-150 Hz

Teljesítmény csúcs - frekv.: 50-100 Hz

Frekvencia tartomány lassú rángású izmoknál: 75-125 Hz

Frekvencia tartomány gyors rángású izmoknál: 125-250 Hz

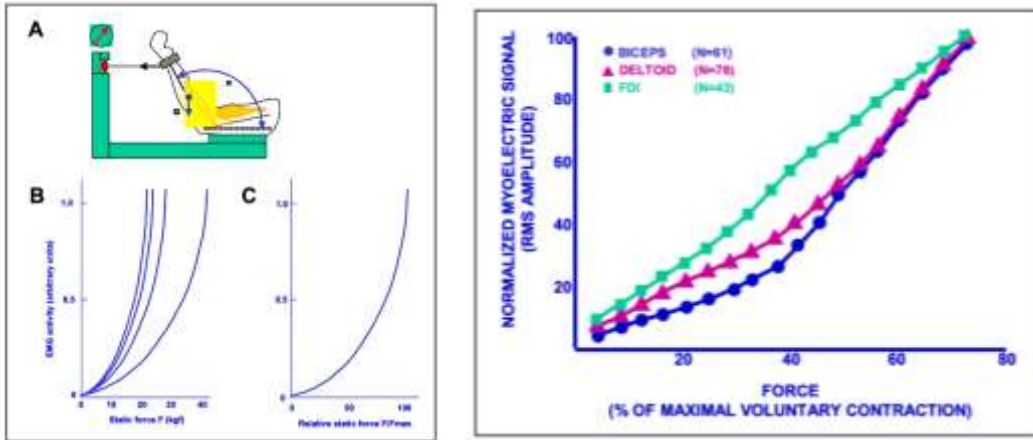
# IZOMFÁRADÁS HATÁSA AZ EMG FREKVENCIÁJÁRA



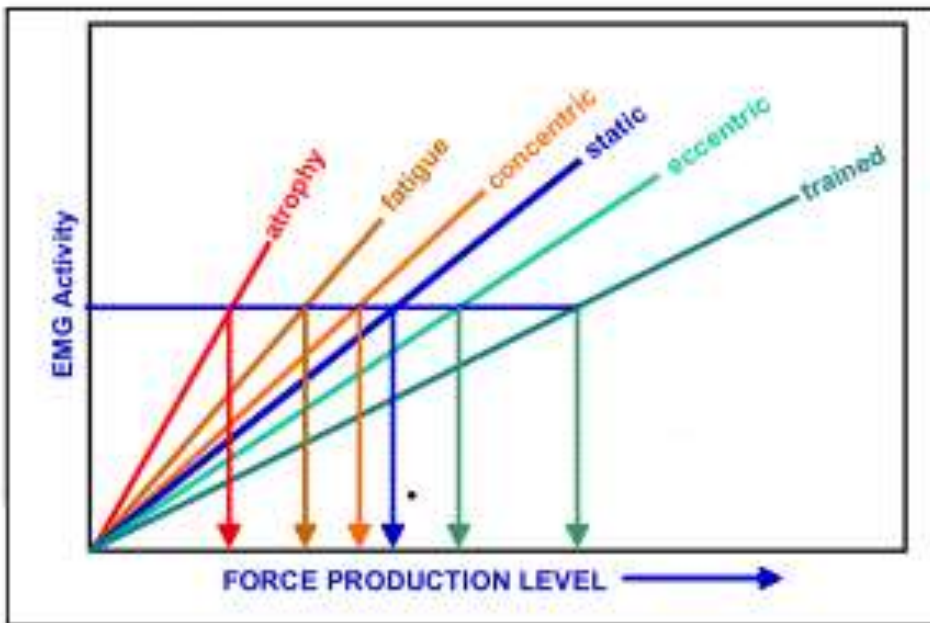
A sematikus ábra azt mutatja, hogy AZ EMG aktivitás medián frekvenciája tartós izomkontrakció közben a fáradás hatására balra tolódik.

A frekvencia változást egyes szerzők „Izom fáradási index” kifejezéssel a fáradás mértékének kvantitatív értékelésére használják.

# AZ EMG AMPLITÚDÓ ÉS AZ IZOMERŐ VISZONYA



Az izomkontrakció ereje és az EMG aktivitás amplitúdója közötti viszony nem lineáris. Ha viszont az erőt a maximális kontrakciós erő százalékában adjuk meg, a viszony közel lineárisnak adódik.

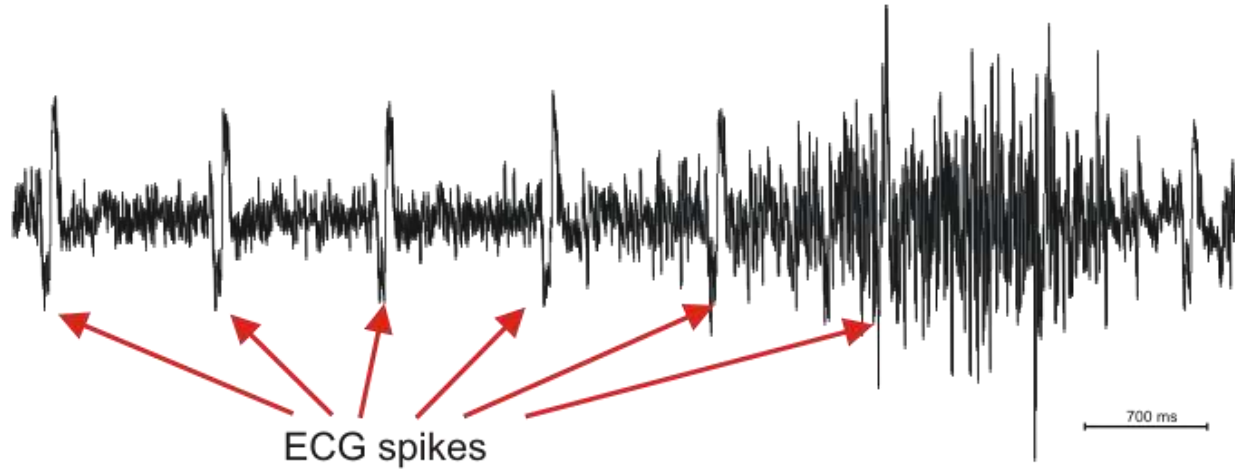


Az amplitúdó-erő% arány felhasználható az izom állapotának jellemzésére. Egyre növekvő statikus kontrakció esetén a jól trenírozott izom görbéje jobbra tolódik, míg a fáradt ill. atrófiás izomé balra tolódik az átlagtól.

# MŰTERMÉKEK EMG ELVEZETÉSÉNél

## EKG artefakt

EMG recording with ECG spikes



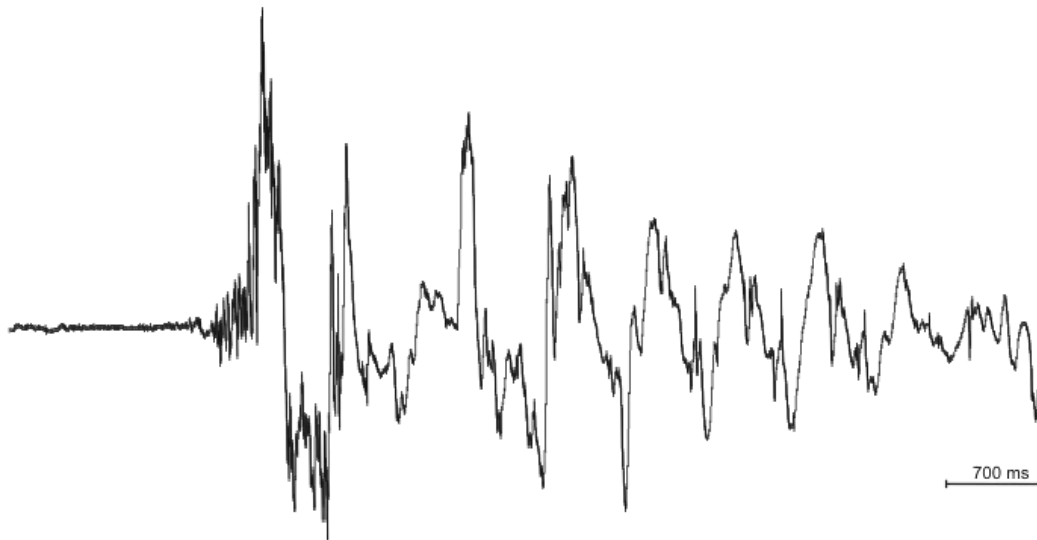
ECG spikes filtered out



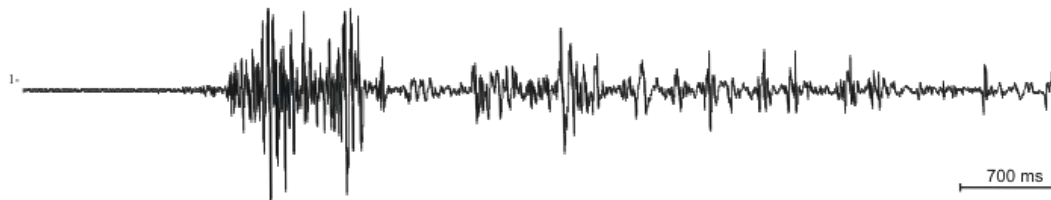
# MŰTERMÉKEK EMG ELVEZETÉSÉNél

## Kábel mozgás okozta artefakt

EMG raw recording with cable movement artifacts



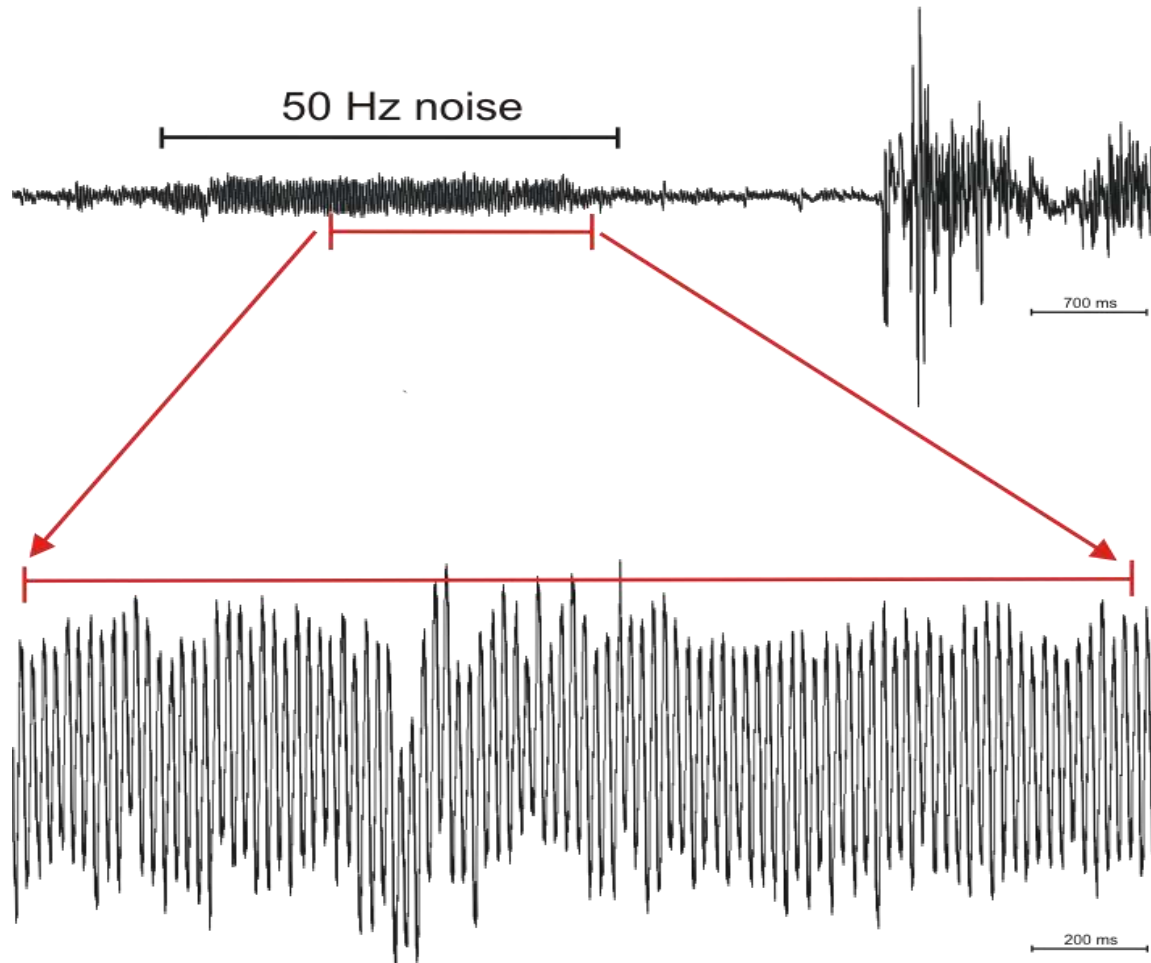
The artifacts filtered out



# MŰTERMÉKEK EMG ELVEZETÉSÉNél

## Hálózati zavar

EMG raw recording with power hum noise

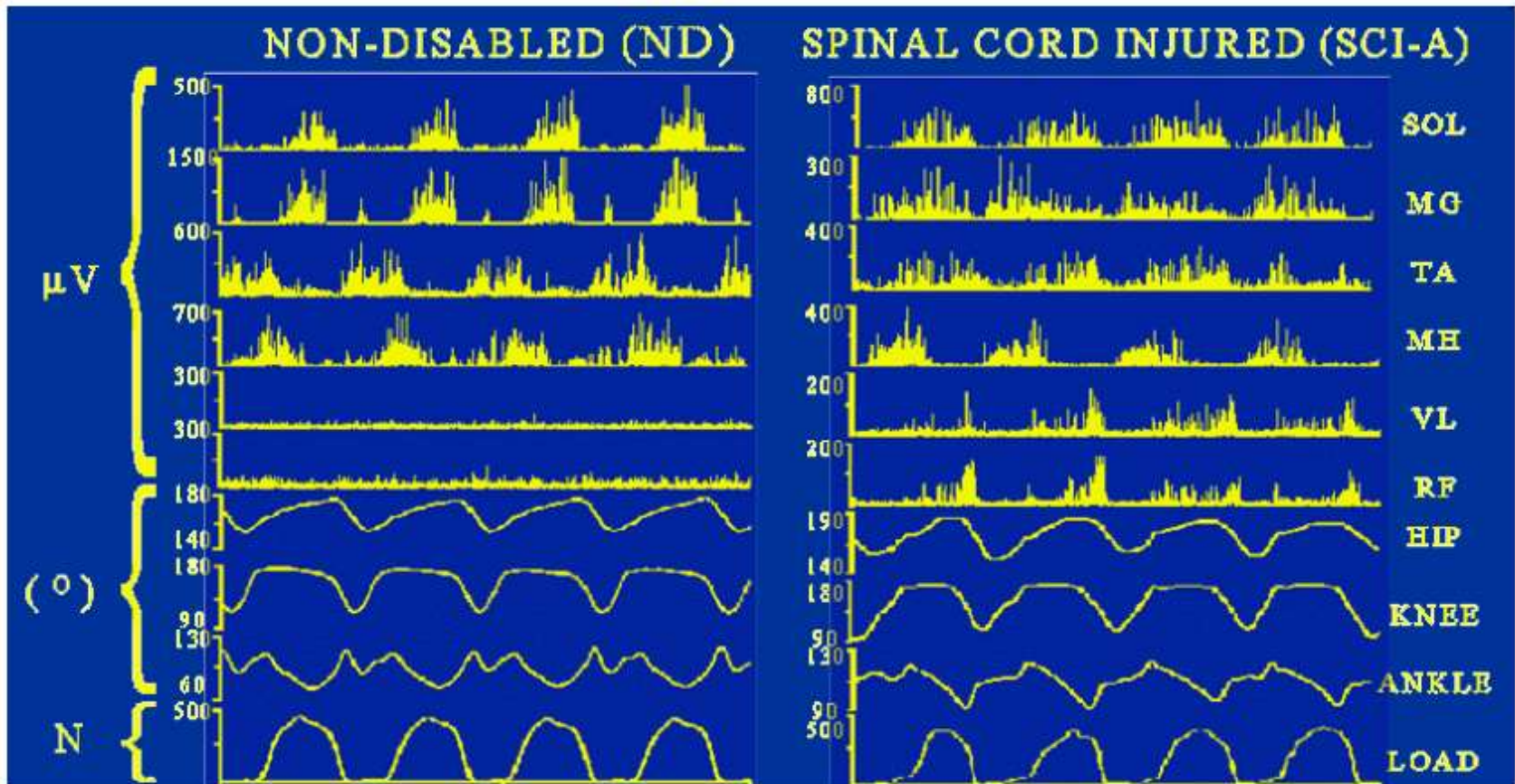


# FELSZINI EMG ELVEZETÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Munkaélettan  
Sportélettan  
Mozgás és járáselemzés

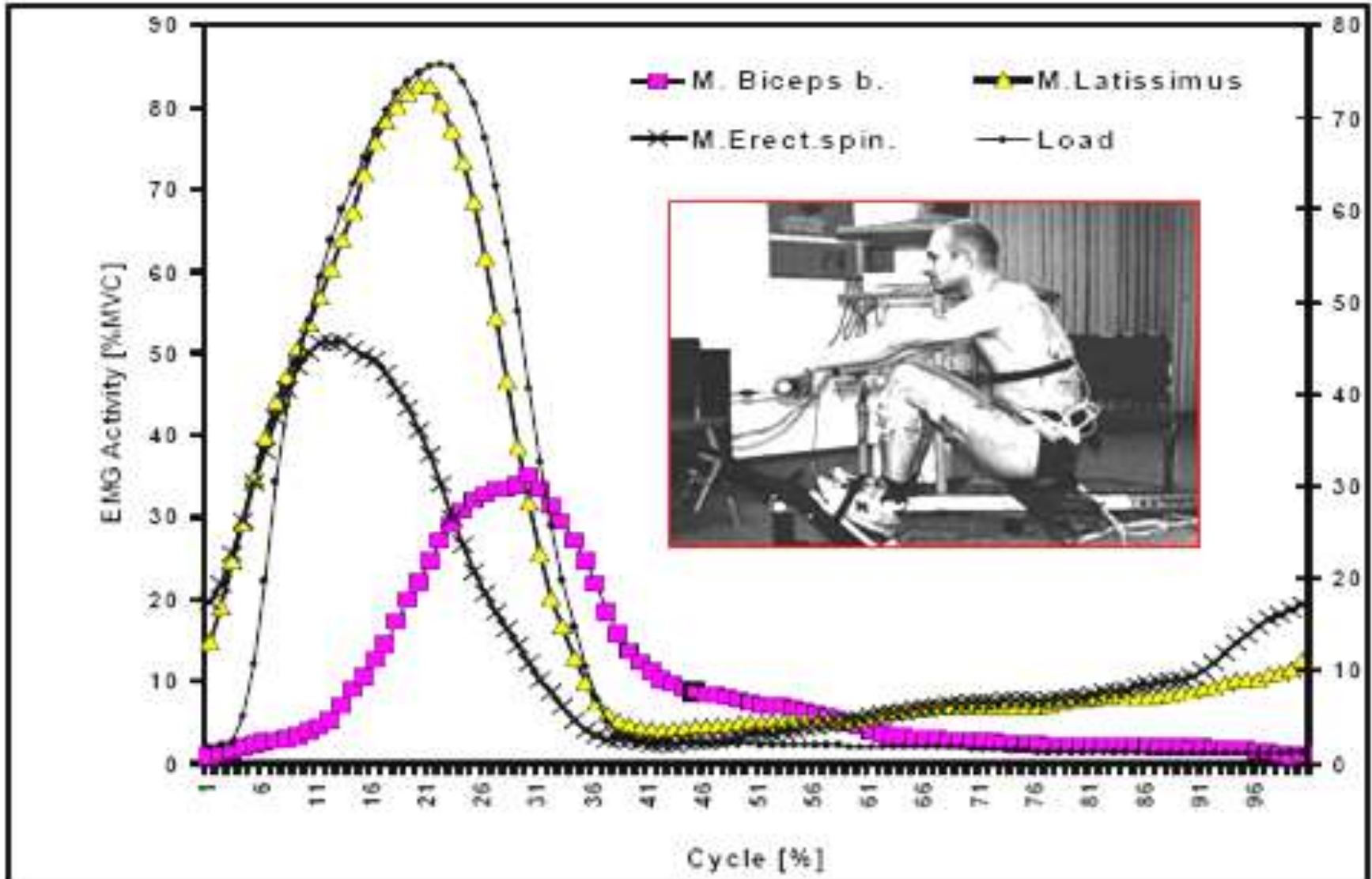
Rehabilitáció  
Biofeedback  
Protézis kontroll

## Normál és kóros járás EMG jellemzői



# FELSZINI EMG ELVEZETÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

## EMG sportmozgás elemzésénél



# PATOLÓGIÁS EMG

Az EMG diagnosztikai jelentőségű sok betegségnél.

## MYOPATHIÁK

Izomdystrophia: öröklött myopathia, amikor az izomsejtek fokozatosan elpusztulnak. Tünete az egyre romló járáskészség, légzési nehézség.

Polymyositis: gyulladásos jellegű myopathia. Tünete az izomfájdalom izomgyengeség, izomtömeg csökkenés.

Myotonia congenita: Génmutáció okozta betegség, az ioncsatornák működészavara. Tünete a megnyúlt izomkontrakció amely a finom mozgásokat de a járást is zavarja.

## NEUROPATHIÁK

Amyotrophiás lateralsclerosis (ALS, Lou Gehring disease): A motoneuronok neurodegeneratív elváltozása okozza. Tünete a fokozódó izomgyengeség majd teljes bénulás. Végstádiuma az un. „locked in syndrome”.

Poliomyelitis: Poliovírus okozta többnyire gyermekkorban fellépő betegség. Tünete az izomgyengeség majd bénulás.

## NEUROMUSCULARIS JUNCTION BETEGSÉGEI

Myasthenia gravis: Autoimmun betegség, amely az acetilkolin receptorokat blokkolja az ideg-izom szinapszisban. Tünete az izomgyengeség.

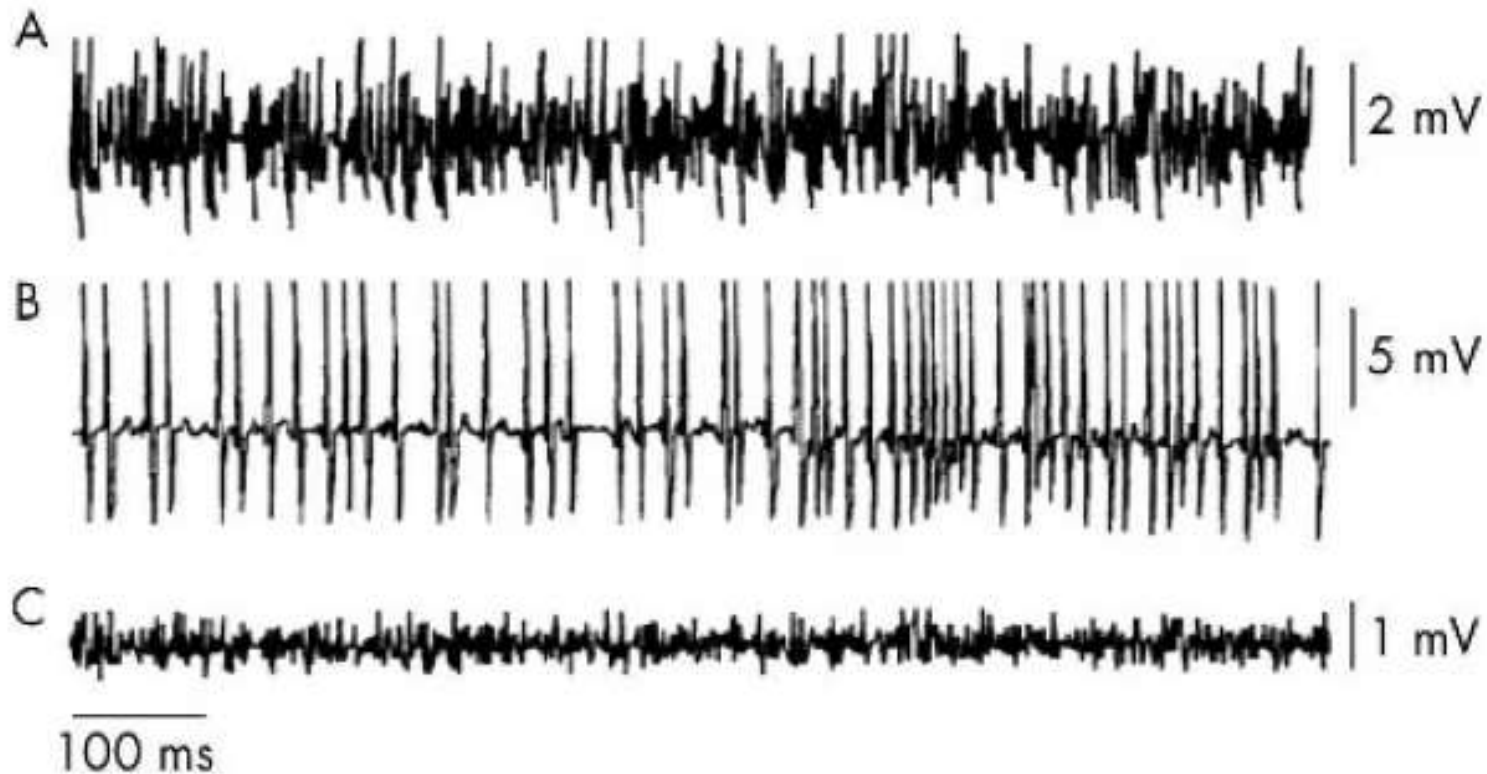
## IDEGROST KÁROSODÁSOK

Mechanikus ártalom: Külső behatásra létrejövő vagy pl. az alagút szindróma okozta idegkárosodás.

Plexopathia-radiculopathia: A gerincoszlop okozta idegkárosodások.

Polyneuropathia: Az idegek különböző okok miatt (diabetes, alkoholizmus) kialakuló károsodása.

# EMG INTERFERENCIA MINTA KÓROS VÁLTOZÁSA



Maximális kontrakciónál létrejövő interferencia minta torzulása a recruitment jelenség csökkenése miatt.

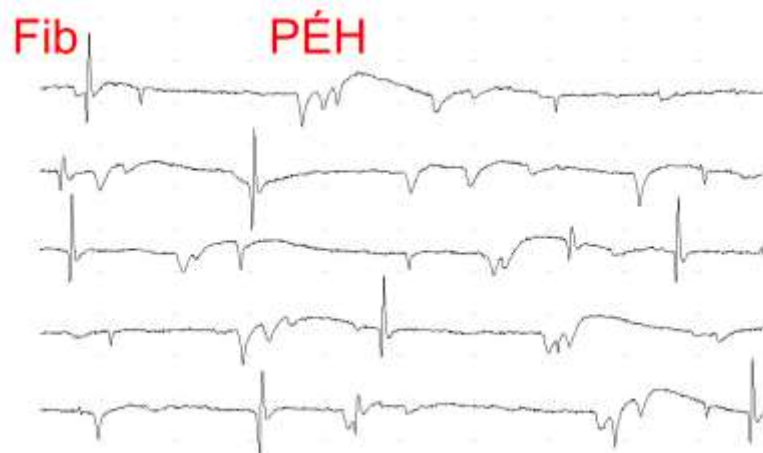
A: Egészséges egyén

B: gerinc eredetű izomatrófia

C: Polymyositis

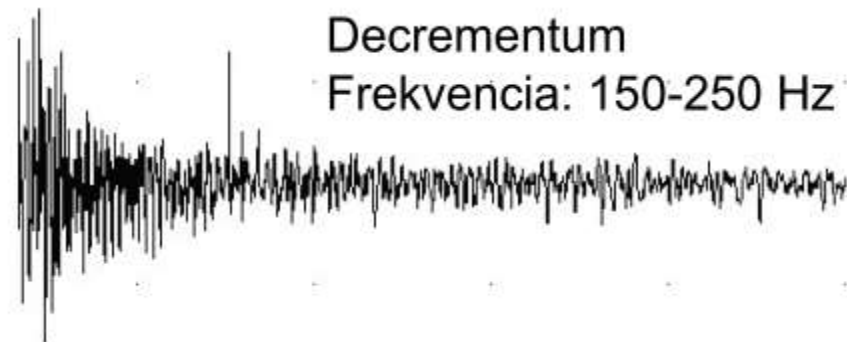
# ELLAZULT IZOMNÁL JELENTKEZŐ KÓROS EMG JELEK

Fibrillatio és pozitív éles hullám



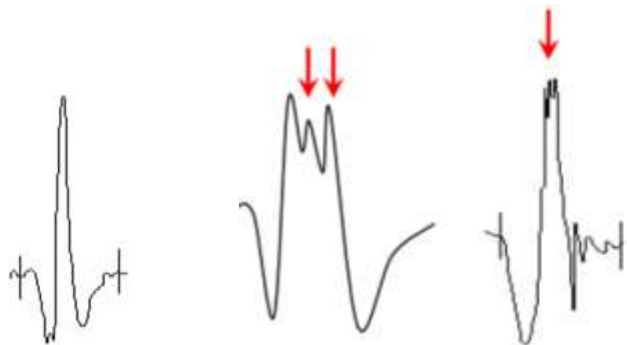
Fibrillatio: kezdeti pozitív deflexio, 1-5 ms, (5-)10-100  $\mu$ V, 0.5-10(-30) Hz  
Neuropathia, radiculopathia, motor neuron betegség, myositis  
Pozitív éles hullám (PÉH): pozitív deflexio majd lassú negatív fázis, 10-100  $\mu$ V, 0.5-10(-30) Hz

Neuromyotonias kisülés sorozat



Egy motoros egység magas frekvenciájú, csökkenő feszültségű kisülés sorozata.  
chr. neuropathia, polio

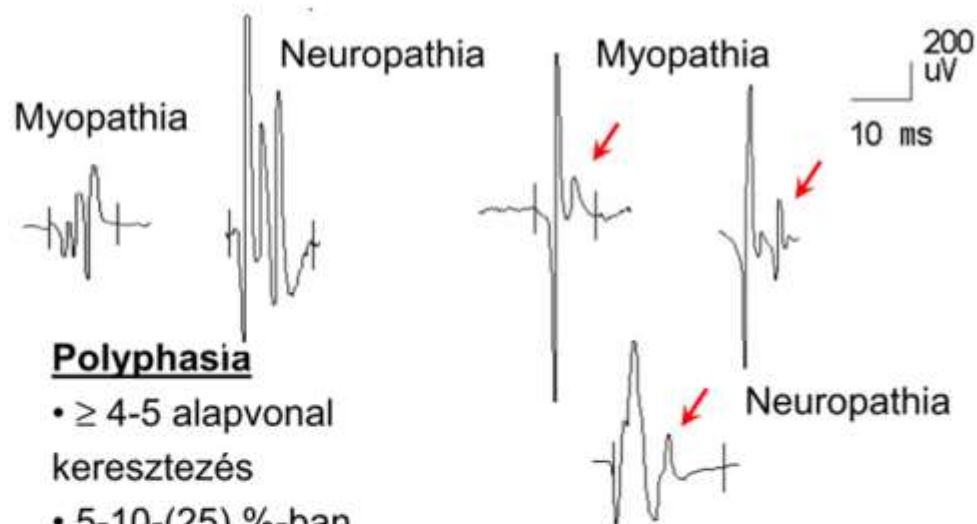
# MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁL KÓROS VÁLTOZÁSAI



## Normális MUAP Ép izom

### Serratio

- Alapvonalat nem keresztező irányváltás
- Motoros egységen belül nem synchron izomrost aktiváció
- Myopathia,
- Neuropathia



### Polyphasia

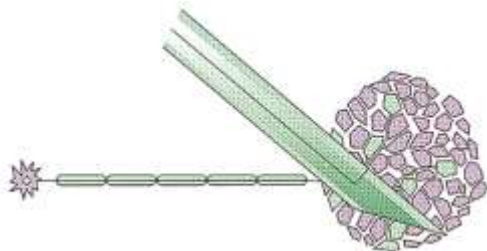
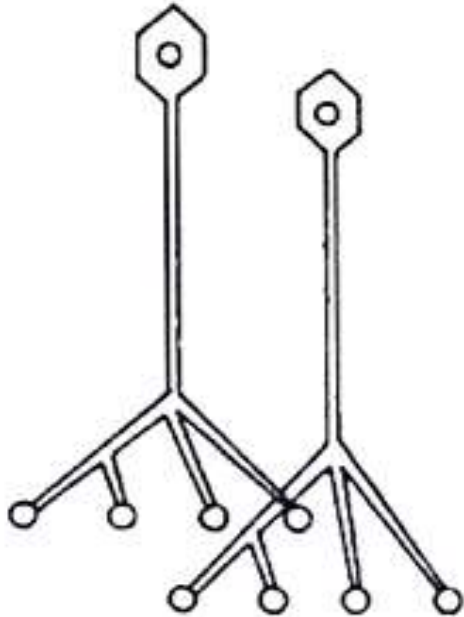
- $\geq 4-5$  alapvonal keresztezés
- 5-10-(25) %-ban fiziológiás
- Motoros egységen belül nem synchron izomrost aktiváció
- Myopathia
- Neuropathia

### Satellita potenciál

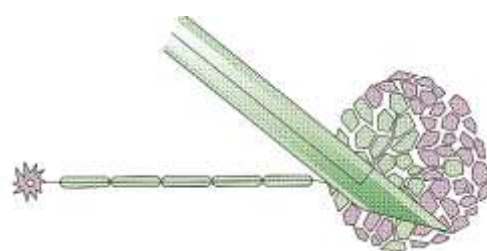
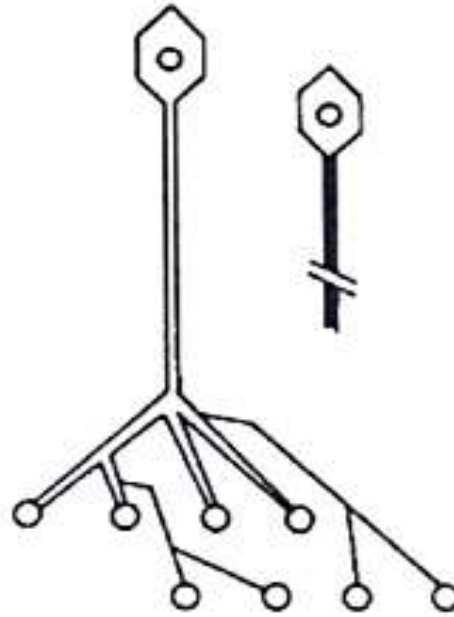
- MUAP utáni apró potenciál, korai reinnervatiót jelez
- Célszerű elkülöníteni a MUAP-tól

# A MOTOROS EGYSÉG POTENCIÁL KÓROS ELTÉRÉSEI

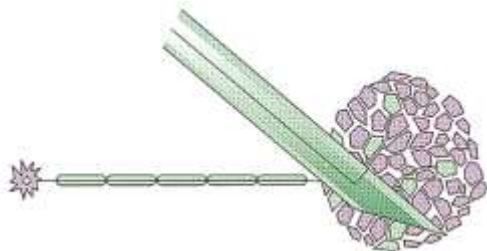
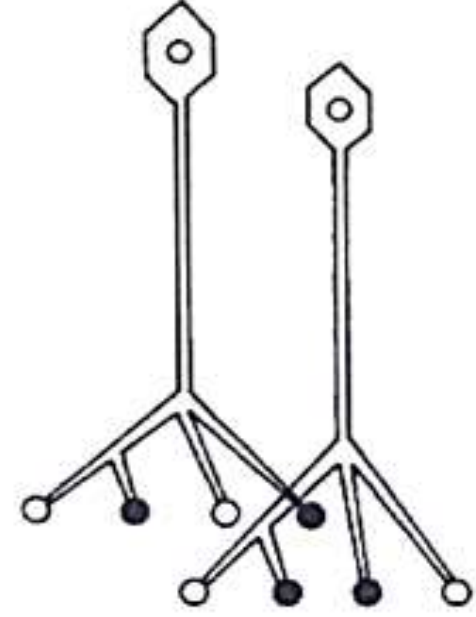
normális beidegzés



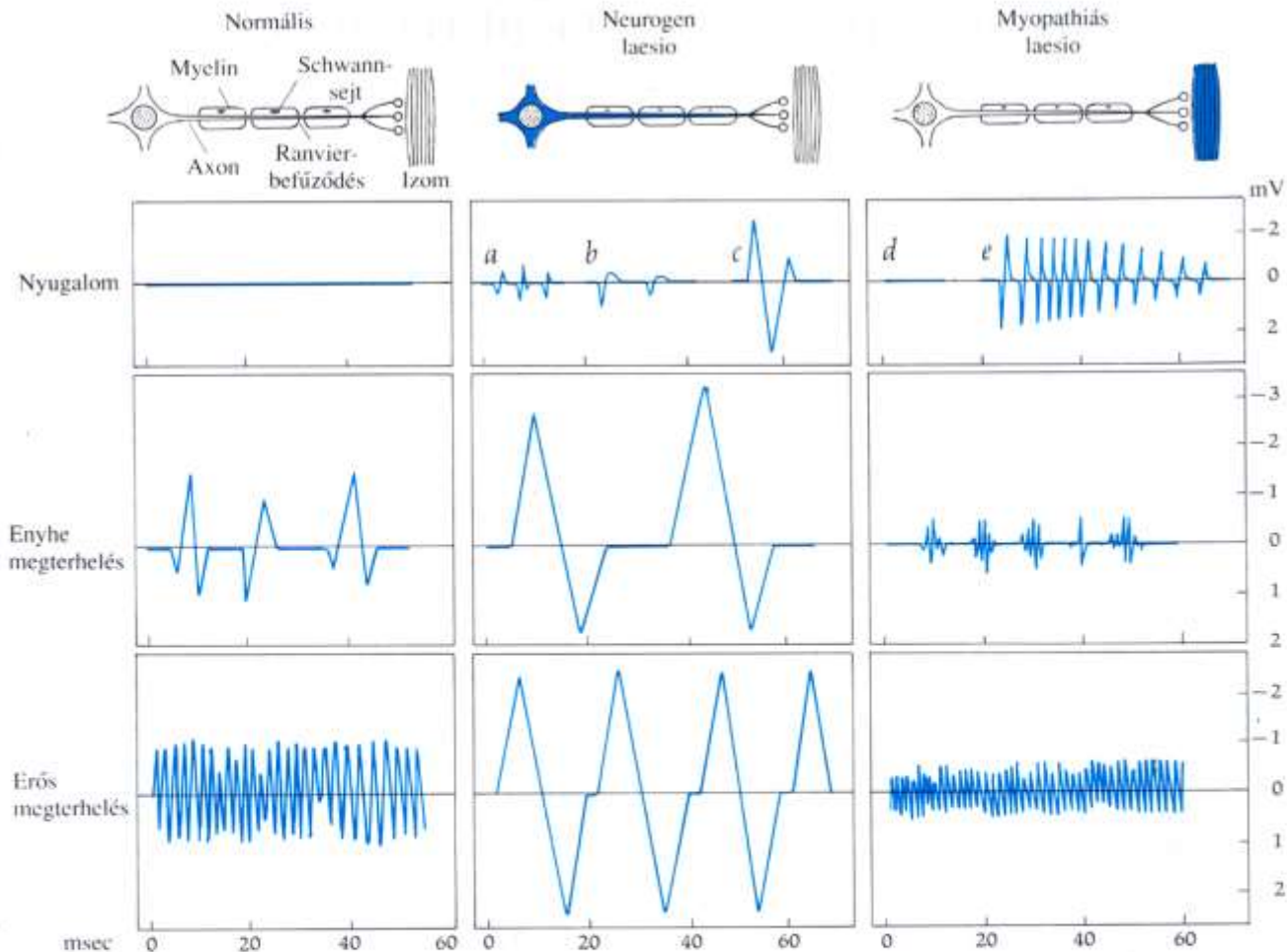
ideg-sérülés



izom-lézió



# A KÓROS EMG JELLEMZŐI



*I. ábra.* A vázizomzat koncentrikus tűvizsgálata során kapott jelek segítenek eldönteni, hogy a laesio ideg- vagy izomeredetű-e. A nyugalomban lévő normális izom elektromosan csendes (balra). Enyhe erő kifejtés hatására a motoros egységek akciós potenciáljai megjelennek, számuk és a kisülések frekvenciája és az izomösszehúzóds erejének fokozódásával növekszik. Erős megterhelés hatására számos motoros egységben keletkezik akciós potenciál, ami folyamatos interferencia mintázatot eredményez. A neurogen laesio jelenlétében (középen) a nyugalomban lévő izomrostok spontán fibrillációs potenciált (a), pozitív éles hullámokat (b) vagy fasciculációs potenciálokat (c) mutatnak. Enyhe erő kifejtésre a motoros egységek akciós potenciáljai a normálisnál ritkábbak, nagyobb amplitudójúak és hosszabb lefutásúak. A teljes interferenciamintázat még nagy erő kifejtéskor sem alakul ki. A primer myopathiás elváltozások esetén (jobbra) az izomnyugalomban rendszerint elektromosan csendes (d), de myotoniás szindrómában az ismétlődő akciós potenciálok crescendo vagy decrescendo jellegű trendet mutatnak (e). Gyenge erő kifejtéskor a motoros egység akciós potenciáljai rendkívül alacsony, gyakran polifázisos és rövid időtartamú hullámok, jelezvén a motoros egység nagyságának és ellátási területének csökkenését. Erős megterheléskor a kis motoros egységek a normálisnál nagyobb számban gyorsan aktiválódnak, s már viszonylag gyenge kontrakciónál is teljes interferenciamintázatot eredményeznek. Megjegyzendő, hogy a skálák kalibrációja eltérő.

# MOTOROS IDEG VEZETÉSI SEBESSÉGÉNEK MÉRÉSE EMBEREN ELEKTRONEURONOGRÁFIA (ENG)

A végtagok motoros idegeinek bőrön keresztül történő (percutan) elektromos ingerlésével a distalis izmok rángása váltható ki. A n. ulnaris ingerlése a kisujj hajlítását okozza. Ez az elrendezés felhasználható a motoros ideg vezetési sebességének meghatározására. Az ENG-t a klinikumban kiterjedten alkalmazzák az ideg vezetés kóros változásainak elemzésére.

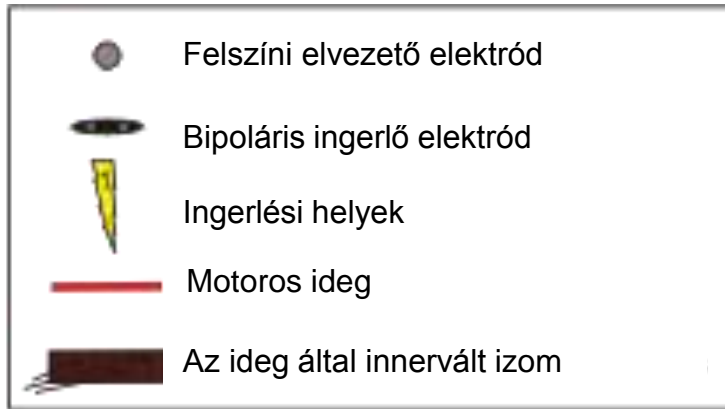
Az ingerléstől az izom rángásáig eltelt idő több részből tevődik össze:

1. Ideg vezetési idő (ezt akarjuk megmérni)
2. Terminális vezetési idő, a szinapszis előtt az axon már velőshüvely nélküli, vezetése lassabb
3. A szinaptikus átvezetési idő, a neurotranszmitter felszabadulás + receptorhoz kötődés stb. (harántcsíkkolt izomnál kb. 1 ms)
4. Az izom akciós potenciál kialakulása és a rángás létrejöttének ideje.

Mivel a velőshüvelyű motoros idegköteg vezetési sebességét kívánjuk meghatározni, két ingerlést kell alkalmaznunk. Könyöknél és a csuklónál történt ingerlésnél egyaránt meghatározzuk az izom rángás latenciaidejét. A két érték különbsége adja a könyöktől a csuklóig történő idegvezetés idejét.

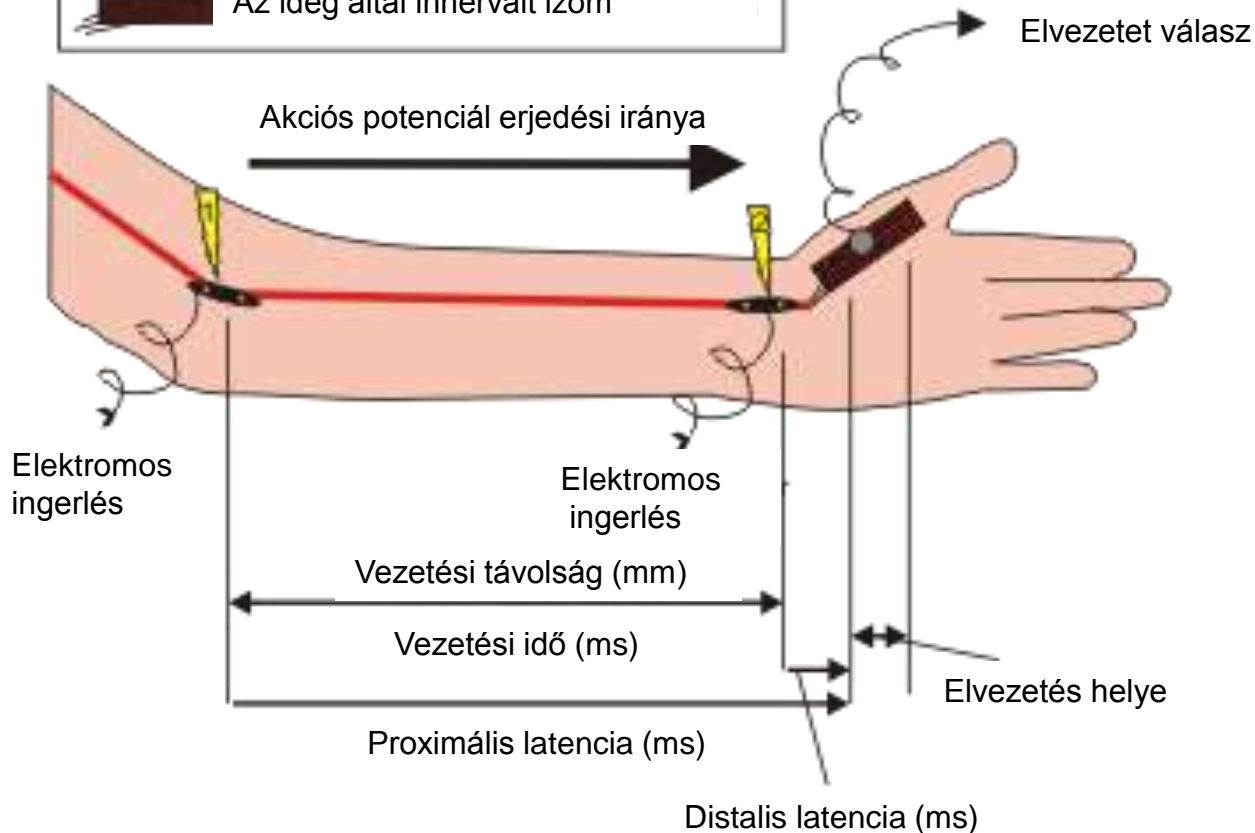
Megmérve a könyök- csukló közötti távolságot, kiszámíthatjuk a vezetési sebességet. Az ingerlésnél szupramaximális ingert alkalmazunk, impulzus idő: 0,1-1 ms.

# MOTOROS IDEG VEZETÉSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA 1

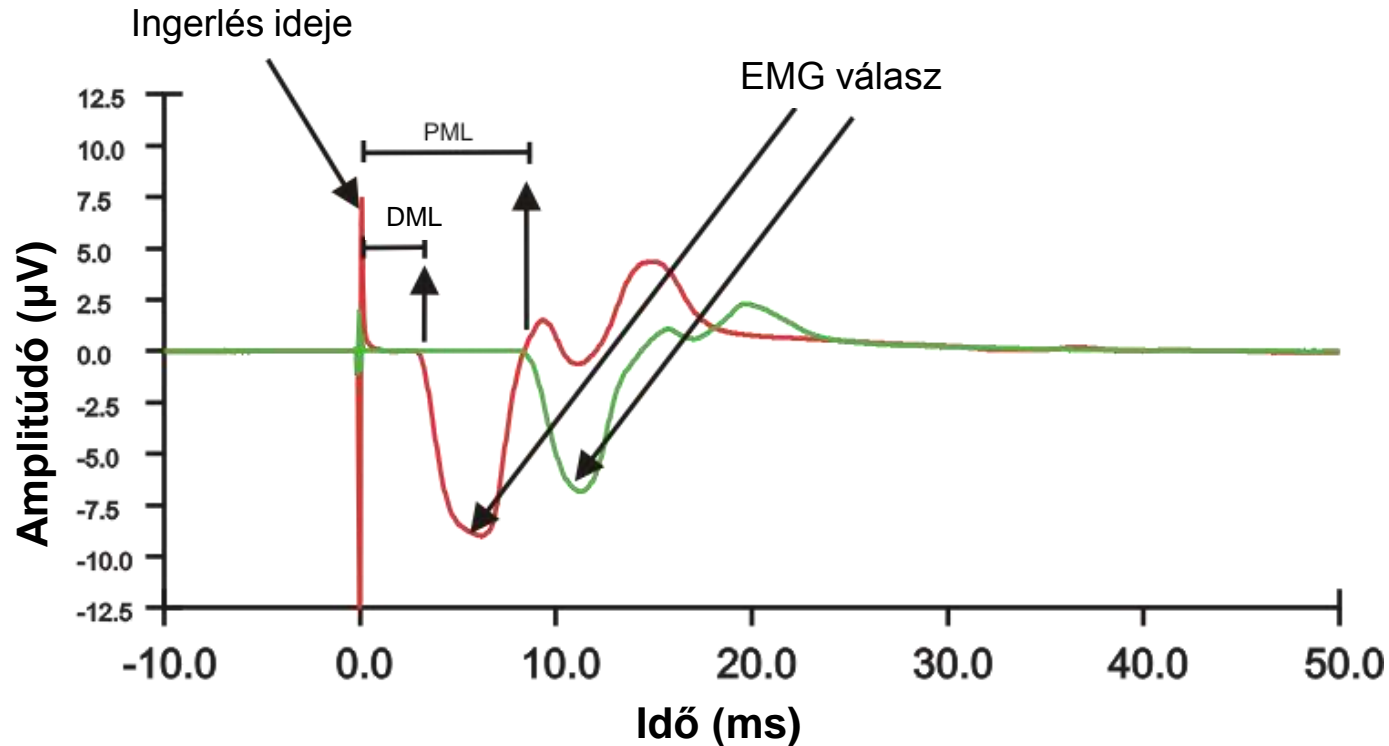


Vezetési idő (ms) = Proximális ingerlés latenciája (könyök) (ms) + Disztális ingerlés latenciája (csukló) (ms)

Motoros ideg vezetési sebesség (m/s) =  $\frac{\text{Könyök - csukló távolság (mm)}}{\text{Vezetési idő (ms)}}$



# MOTOROS IDEG VEZETÉSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA 2



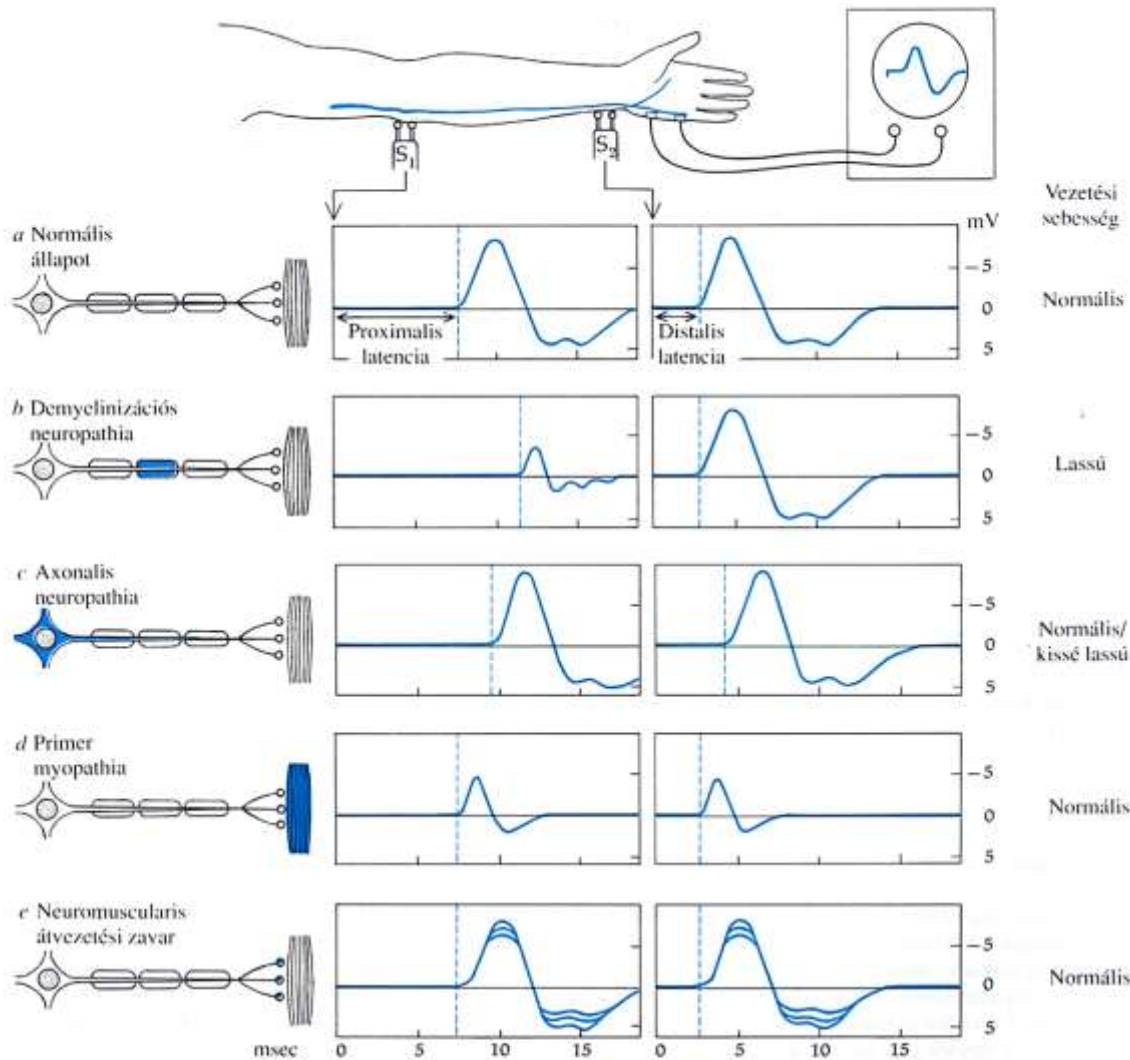
PML: Proximális (könyök) motor latencia

DML: Distalis (csukló) motor latencia

$$\text{Vezetési idő (ms)} = \text{Proximális motor latencia (ms)} - \text{Distalis motor latencia (ms)} = 8,1 \text{ ms} - 2,8 \text{ ms} = 5,3 \text{ ms}$$

$$\text{Motor vezetési sebesség (m/s)} = \frac{\text{Vezetési távolság (mm)}}{\text{Vezetési idő (ms)}} = \frac{249 \text{ mm}}{5,3 \text{ ms}} = \mathbf{55,5 \text{ m/s}}$$

# IDEG VEZETÉSI SEBESSÉG MÉRÉSE ÉS KÓROS VÁLTOZÁSAI



2. ábra. Az ulnaris ideg maximális motoros vezetési sebességének mérése differenciáldiagnosztikai értékű. Az ideget a könyöknél (S<sub>1</sub>) és a csuklónál (S<sub>2</sub>) supramaximális négyyszögínger impulzusokkal percutan ingerlik. A hypothenárra helyezett felületes elektródákkal regisztrálják az izom akciós potenciálját. A maximális idegvezetési sebességet a definíció szerint úgy számítják ki, hogy a stimulációs pontok közötti távolságot (mm-ben) elosztják a proximális és distális latenciák (ezredmásodpercekben) közötti különbséggel, s az eredményt méter/másodpercben adják meg. Normálisan (a) a vezetési sebesség a kar idegeinél 50 m/s-nál, a lábidegeknél 40 m/s-nál nagyobb. Demyelinizációs neuropathiában (b) a proximális stimulusra adott válasz késik és csökken; a vezetési sebesség csökken. Axonális neuropathiában (c) vagy elülső szarvi sejtkárosodásnál a distális és a proximális ingerre adott válasz egyaránt csökken, ezért a vezetési sebesség végül is nem csökken szignifikánsan. Primer myopathiában (d) az izom akciós potenciál amplitúdója csökken, az idegvezetési sebesség azonban normális marad. A neuromuscularis transmissio myasthesia gravisban (e), mutatózó zavarai nem változtatják meg a vezetési sebességet, bár alacsony frekvenciájú ismétlődő szupramaximális ingerre az izom akciós potenciáljának progresszív csökkenése figyelhető meg.