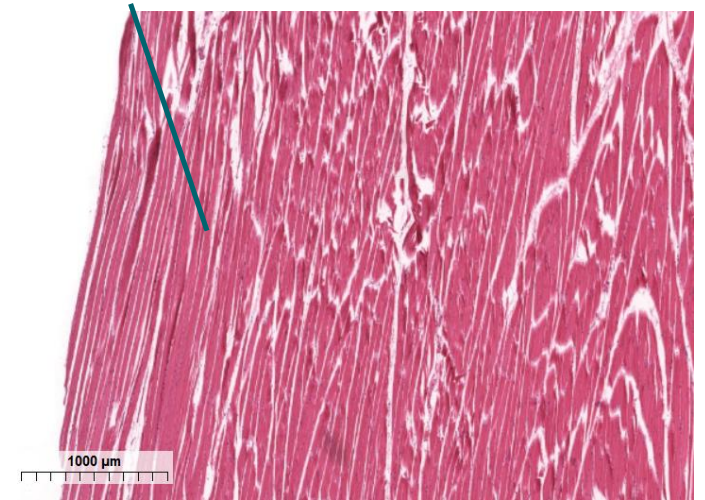


Eläinfysiologia ja histologia

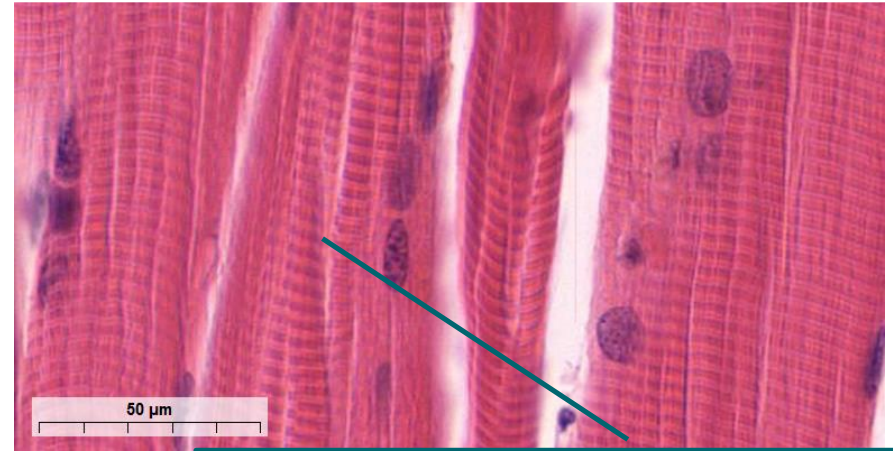
3122243 5 op

Luustolihas

Luustolihasen yksittäinen lihassolu on pitkä ja sylinterimäinen. Lämpimitta 40 – 100 μm , pituus muutamasta millimetristä jopa yli 10 senttimetrii



Luustolihas on monitumainen, jolloin pitkittäisleikkauksessa voi näkyä 20 – 40 tumaa millimetriä kohti. Tumat sijaitsevat solun reunoilla

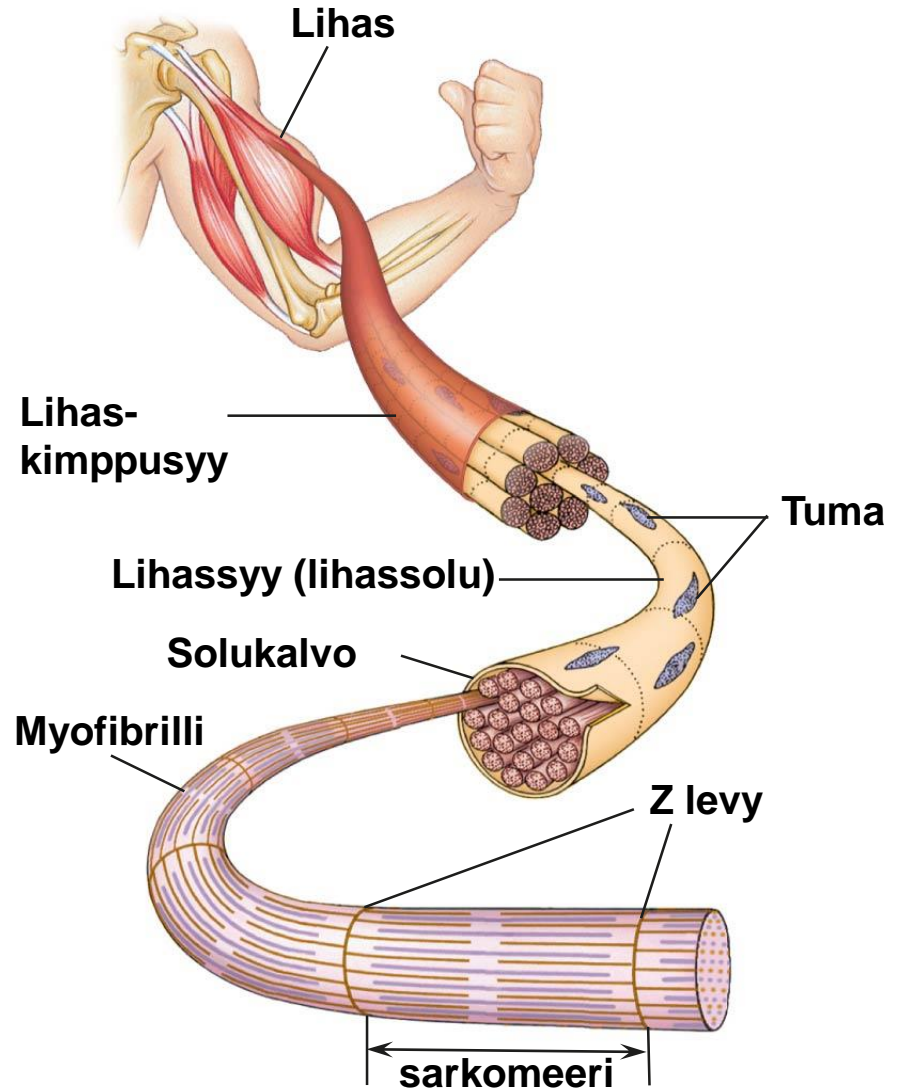


Luustolihas näkyy pitkittäisleikkeessä selkeästi poikkijuovaisena.

Lihaksen rakenne

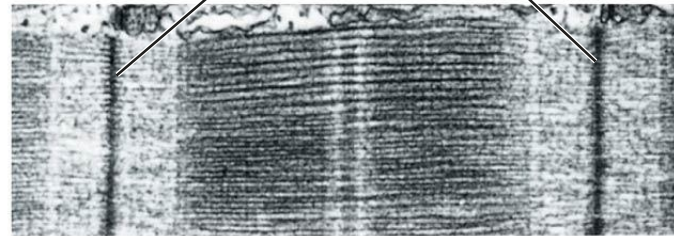
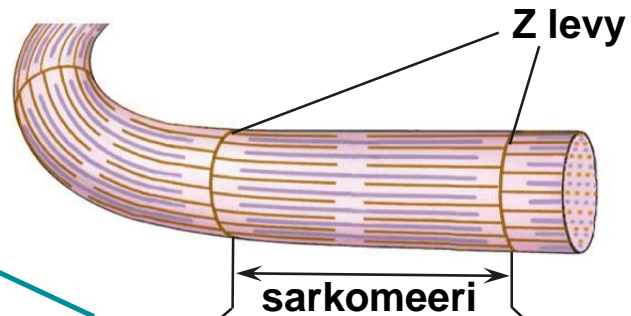
Luustoli hassolut (lihassyyt) muodostavat yhdessä lihaskimppuja, joita ympäröi sidekudoskerros (perimysiini).

- *Lihassolun sisältö on lähes yksinomaan myofibrillien täyttämä.*
- *Myofibrilleillä on toistuva sarkomeerirakenne, joka tekee solusta poikkijuovaisen.*



Elektronimikroskoopilla tarkasteltaessa sarkomeerissä näkyy säännöllisiä pitkittäisiä ja poikittaisia juovia

Sarkomeerin rakenne aiheutuu liikkuvista filamenteista.

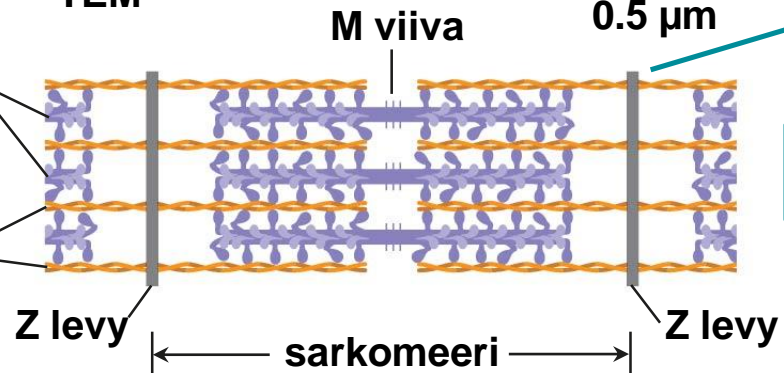


TEM

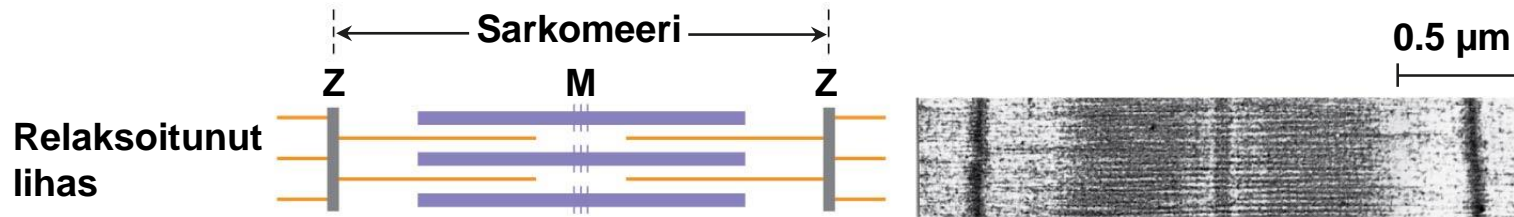
Ohuet filamentit ovat kiinni tukiproteiineissa

Paksut filamentit (myosiini)

Ohuet filamentit (aktiini)



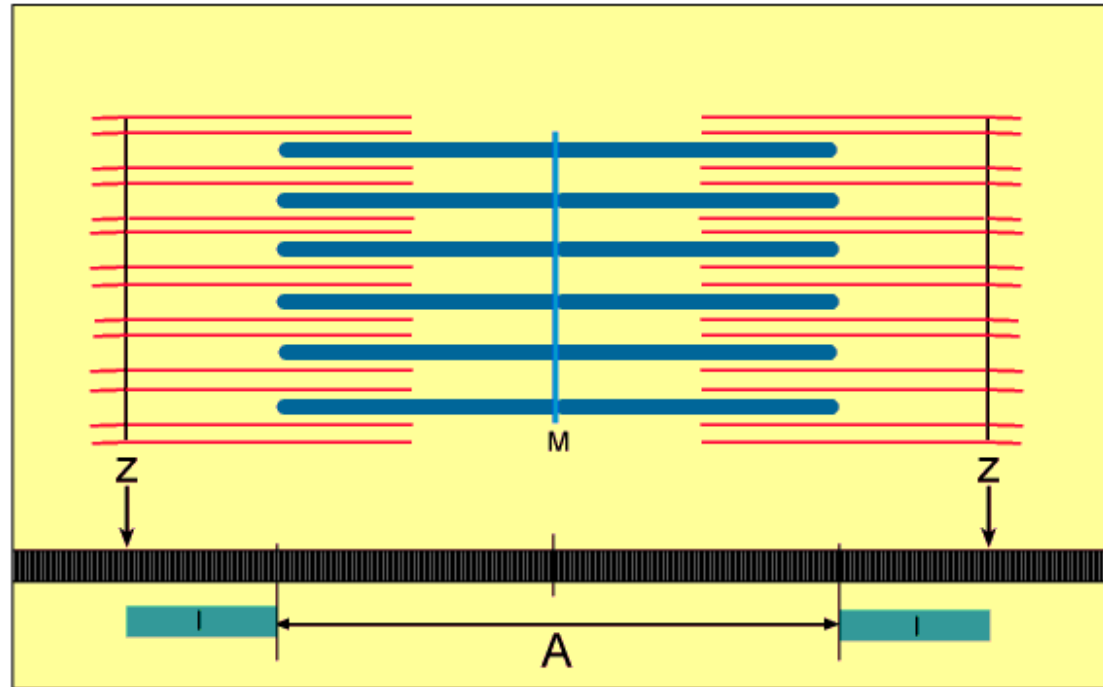
Z, saks. zwischen=välissä
M, saks. Mittel=keskellä oleva



Relaksoituneessa (veltostuneessa) lihaksessa Z levyn ja paksun filamentin välissä näkyy selkeästi "tyhjä alue". Samoin keskilinja on tyhjä ja melko leveä.

Supistuvassa lihaksessa tyhjät alueet kapenevat filamenttien liukuessa lomittain.

Täysin supistuneessa lihaksessa ohuet filamentit menevät päällekkäin ja siten häivyttävät tyhjät alueet. Paksut filamentit ulottuvat Z-levyyn asti.



Kiitos!



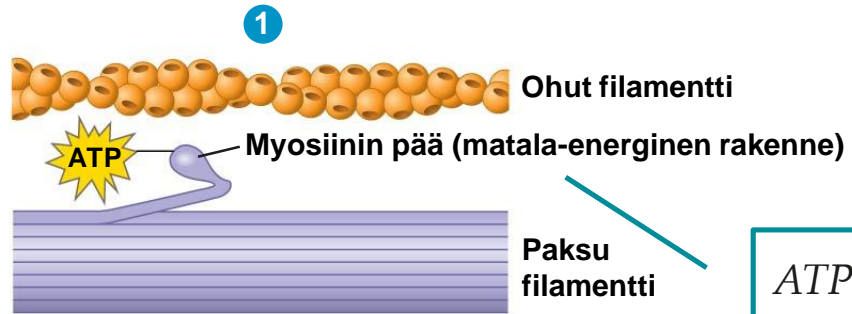
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

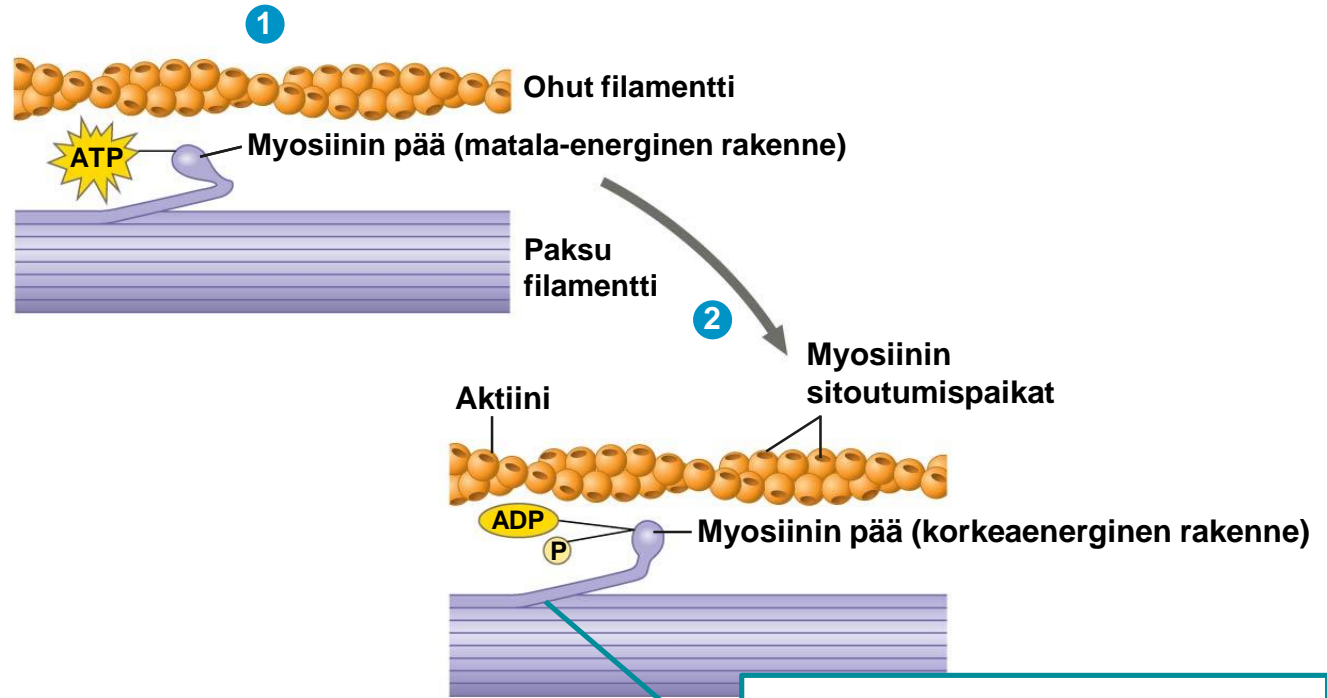
Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

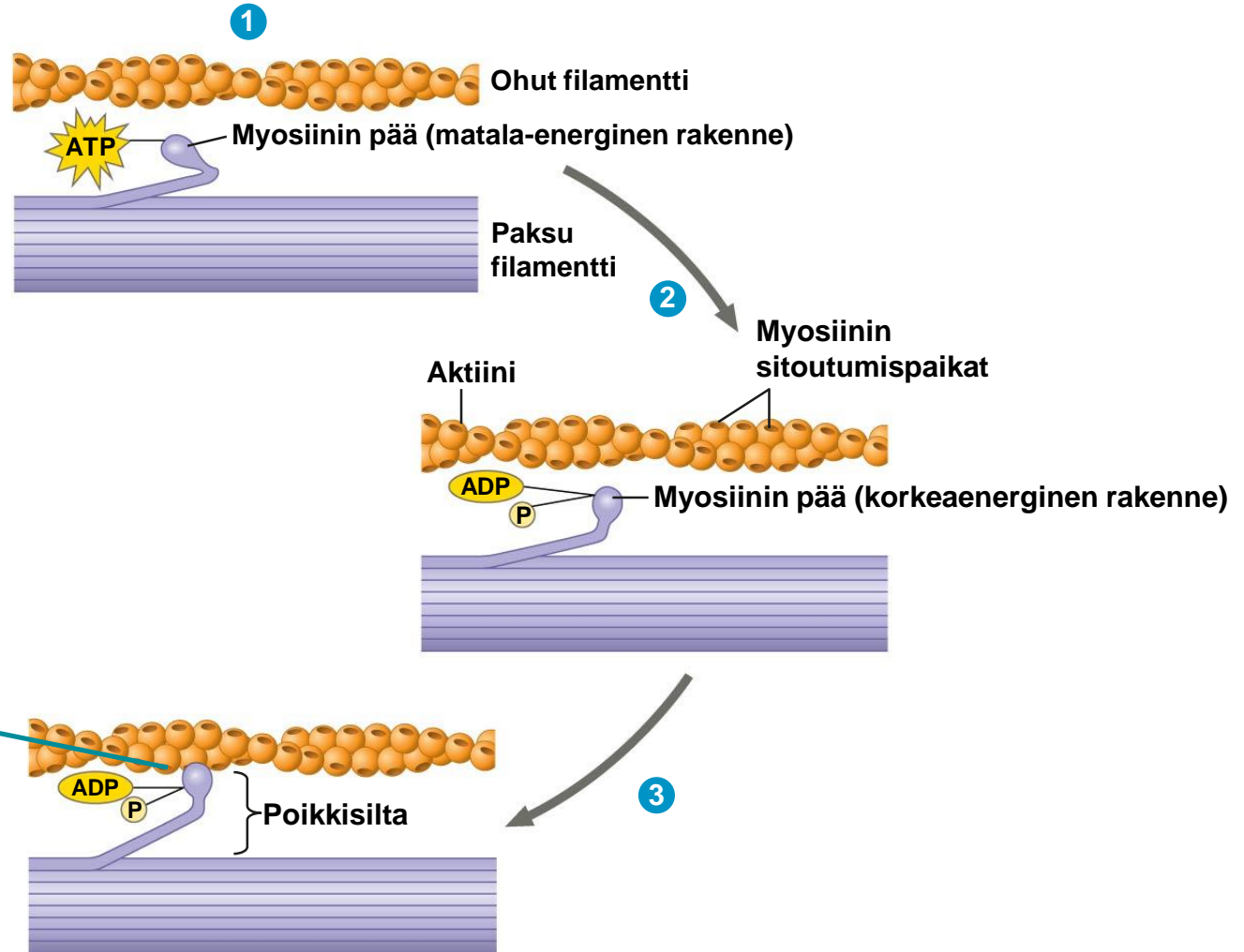
Supistumisen säätely



ATP on kiinni myosiinin nupissa, jolloin proteiinilla on matalaenerginen rakenne

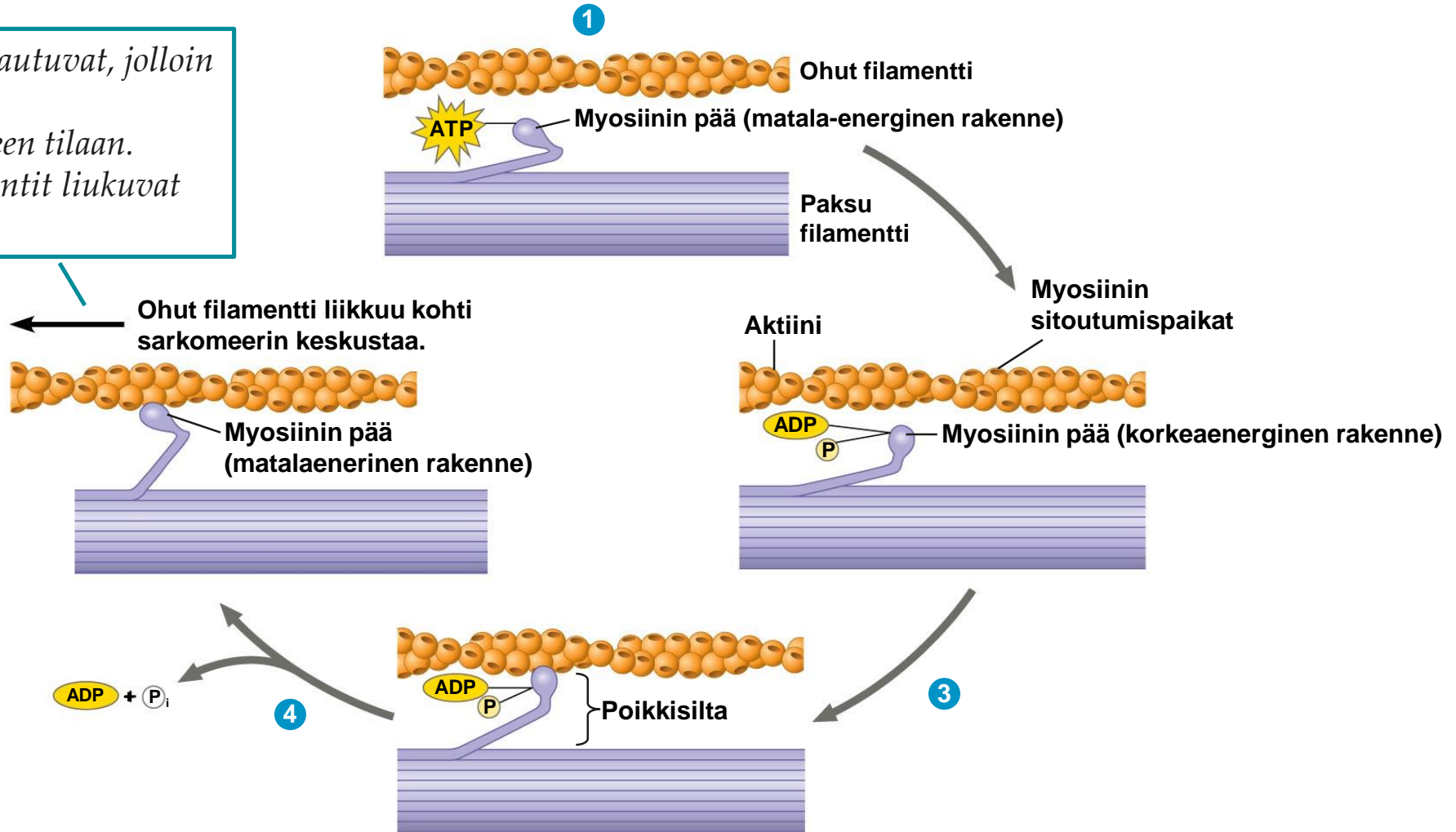


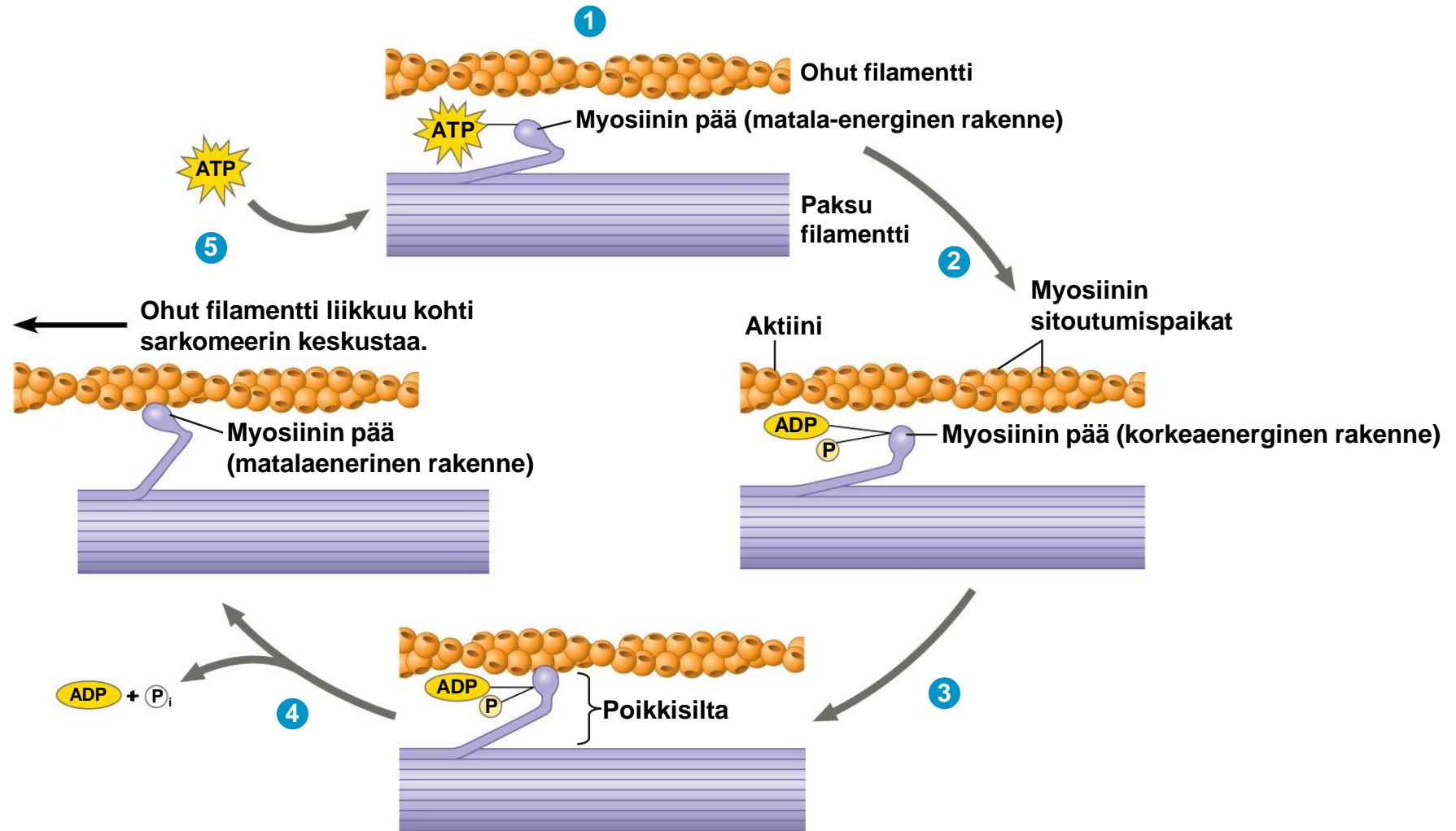
ATP hajoaa myosiini-ATPaasin toimesta, minkä vuoksi myosiini voi vaihtaa rakennetta korkeampienergiseksi.



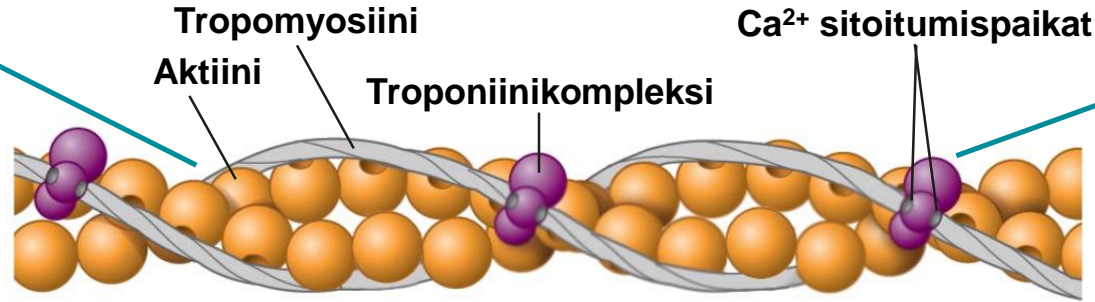
Kääntyneenä myosiini tarttuu aktiinissa esiin tulleeseen myosiinin sitoutumispaikkaan, jolloin muodostuu vahva poikkisilta.

ADP ja P_i vapautuvat, jolloin myosiini palaa matalaenergiseen tilaan. Samalla filamentit liukuvat limittäin.



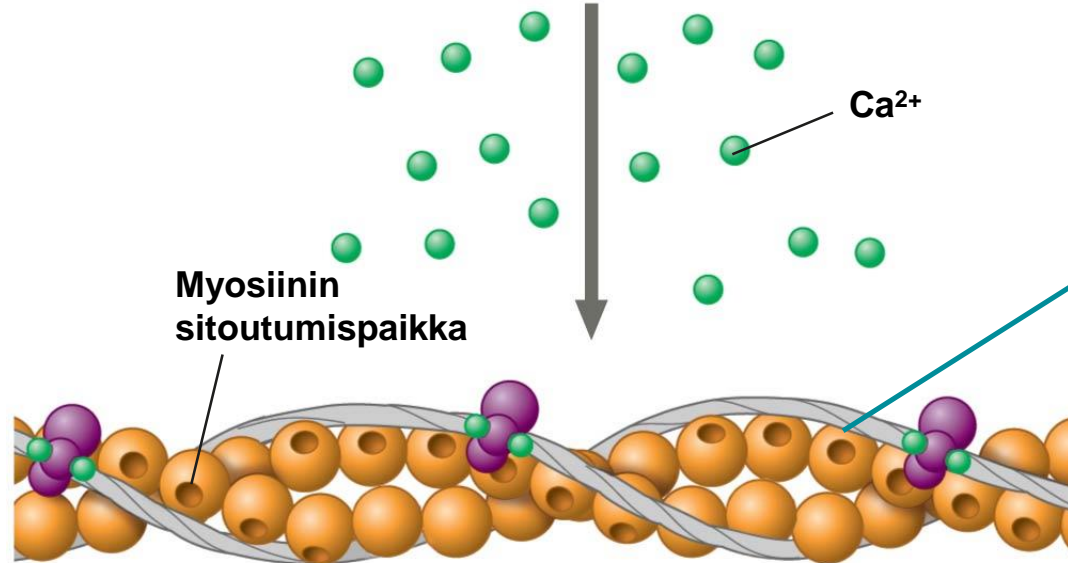


Tropomyosiini peittää poikkisillan muodostukseen tarvittavat kohdat



Myosiinin sitoutumispaikka peitetty

Troponiini-C toimii Ca²⁺ reseptorina. Supistumista säädellään lyhytkestoisella kalsiumpitoisuuden nousulla (Ca transientti)

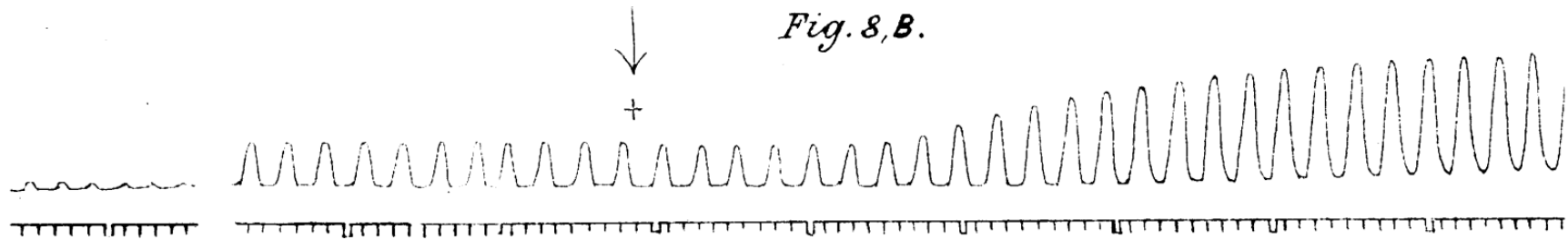


Myosiinin sitoutumispaikka esillä

Troponiini-C siirtää tropomyosiinin pois myosiinin sitoutumispaikkojen tieltä.

Kalsiumin merkitys luustolihasille ei ole ihan uusi havainto

Shows the effect of 3·5 c. c. of calcium chloride solution. The calcium chloride was added at the arrow.



Ringer J. Physiol 1883

Kiitos!



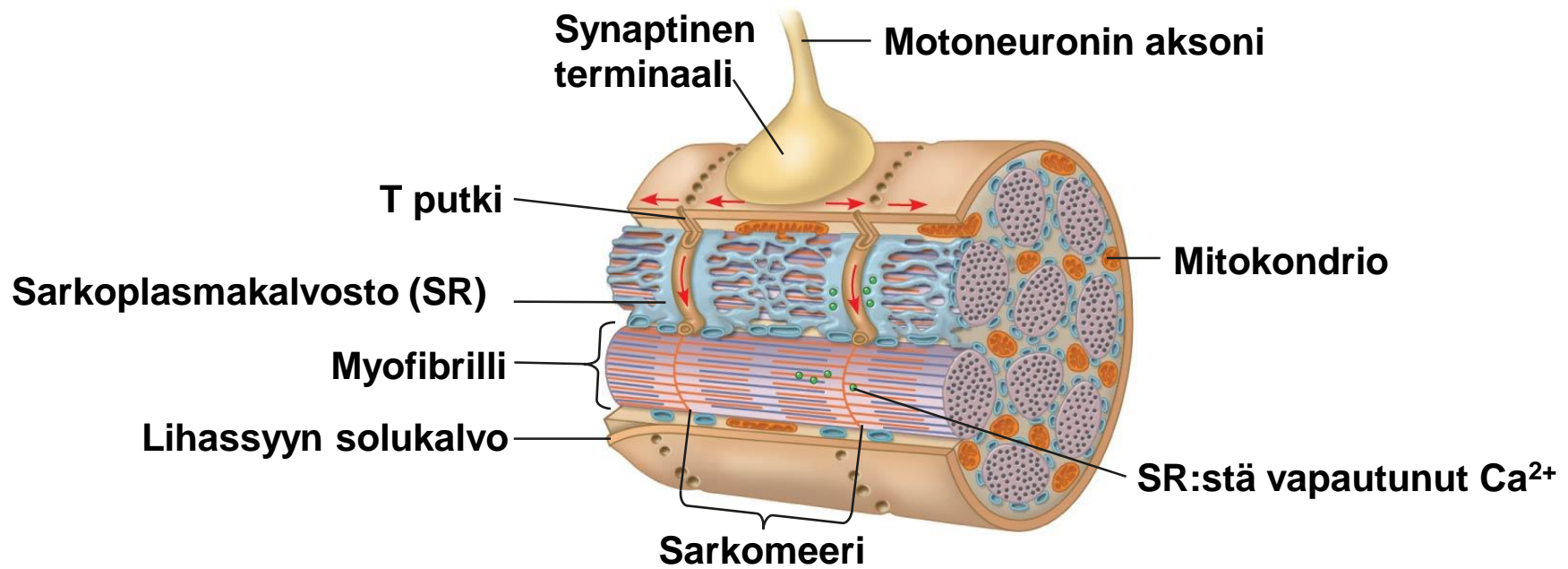
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

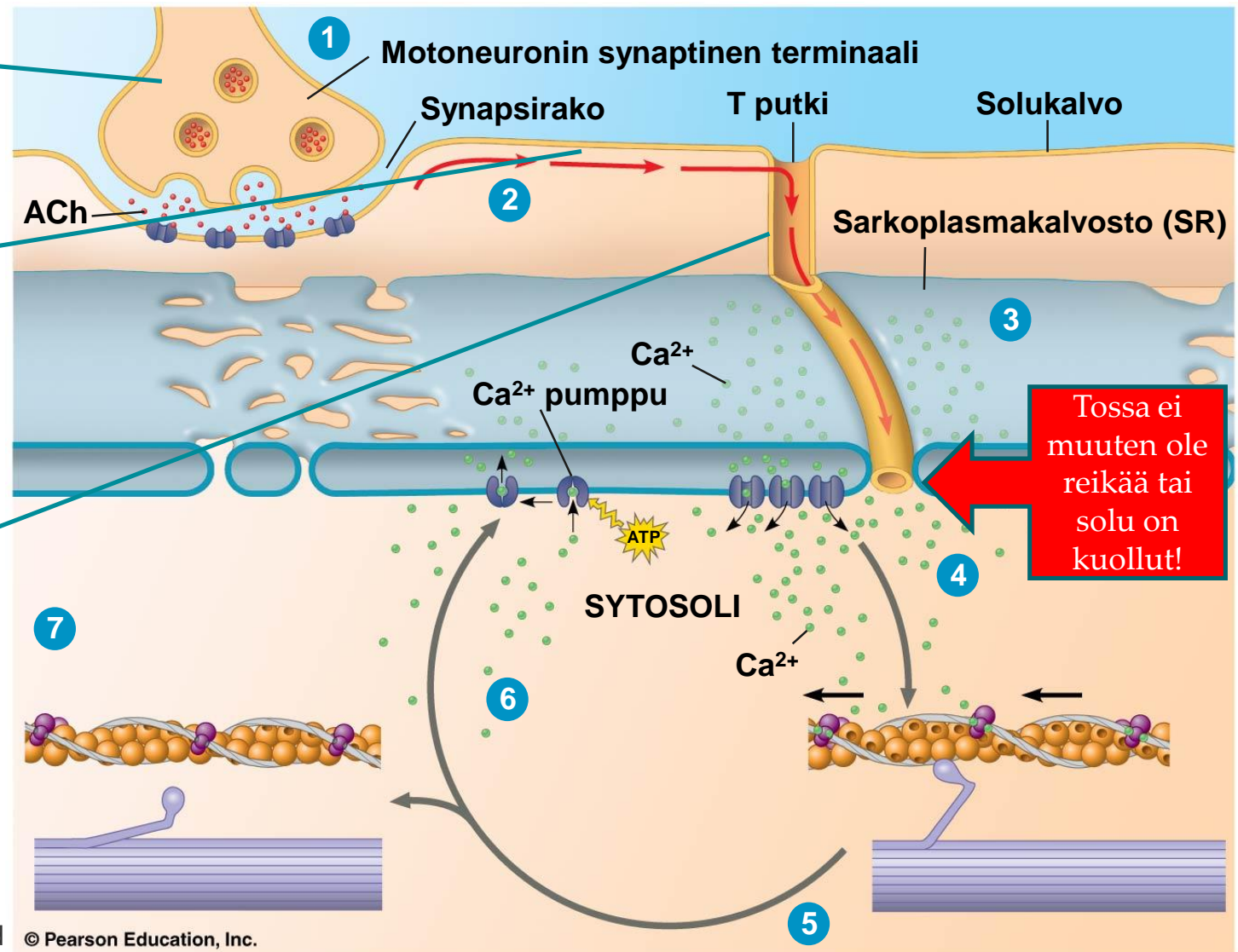
Ärsytys-supistuskytkentä



Motoneuroni erittää asetyyli-
kolinia, jonka reseptori
luustolihasolussa on
epäselektiivinen ionikanava.

Ach reseptorien aiheuttama
natriumvirtaus depolarisoi
solukalvon, jolloin
jänniteherkät Na_v kanavat
avautuvat, mikä aiheuttaa
laukaisee aktiopotentialin.

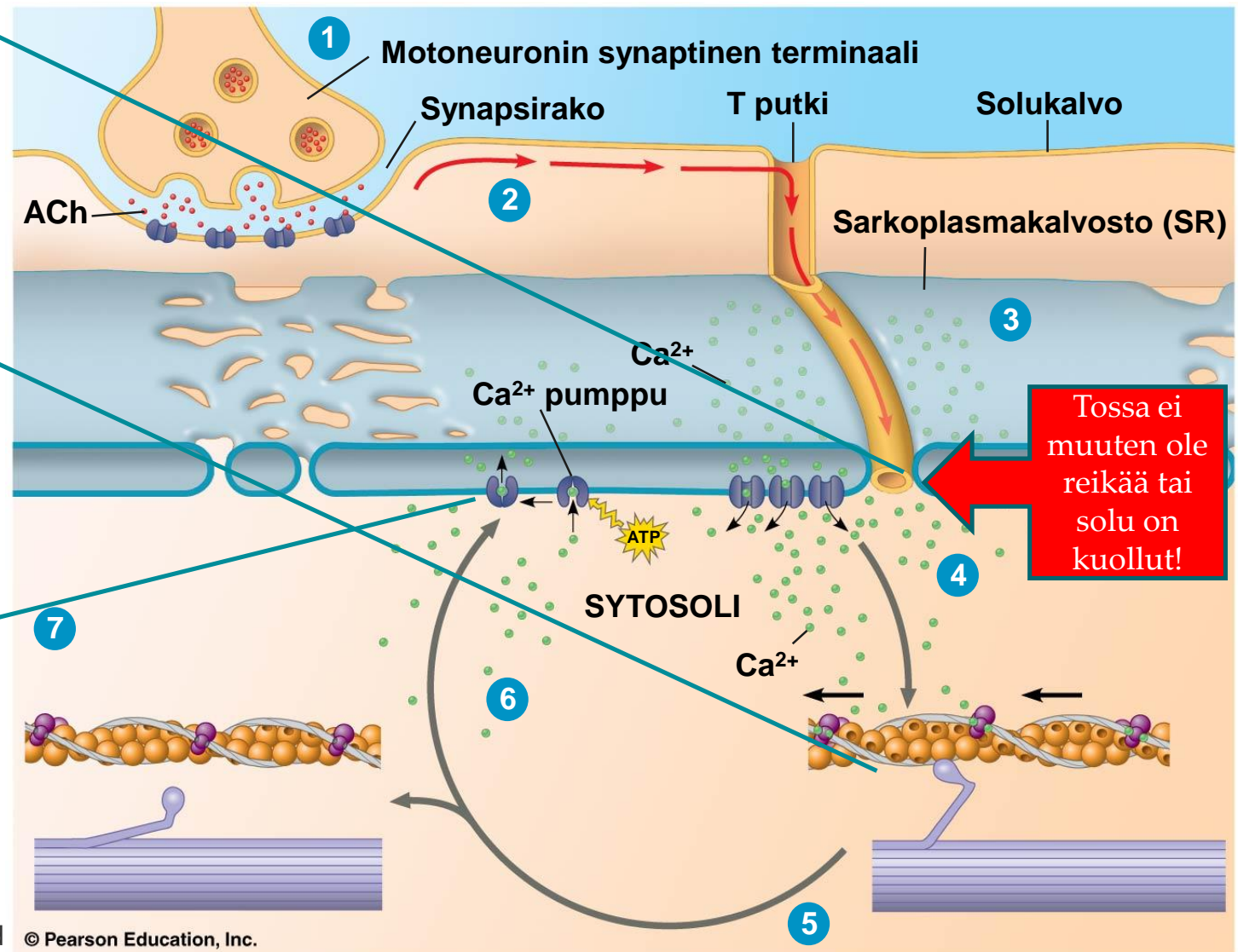
Depolarisaatio etenee
solukalvon syvennyksiin (T-
putkiin), jolloin se aistitaan
syvemmillä solussa.



T-putkissa on jännitesenso-reita (kalsiumkanavia), jotka ovat suorassa yhteydessä sarkoplasmakalvoston kal-siumkanaviin. Tällöin SR:stä vapautetaan kalsiumia.

Vapautunut kalsium säätelee aktiinin ja myosiinin välistä reaktiota, jolloin lihas supistuu

SR:n kalsiumpumppu kerää kalsiumia takaisin varastoihin, jolloin lihassupistumisesta saadaan väliaikainen.

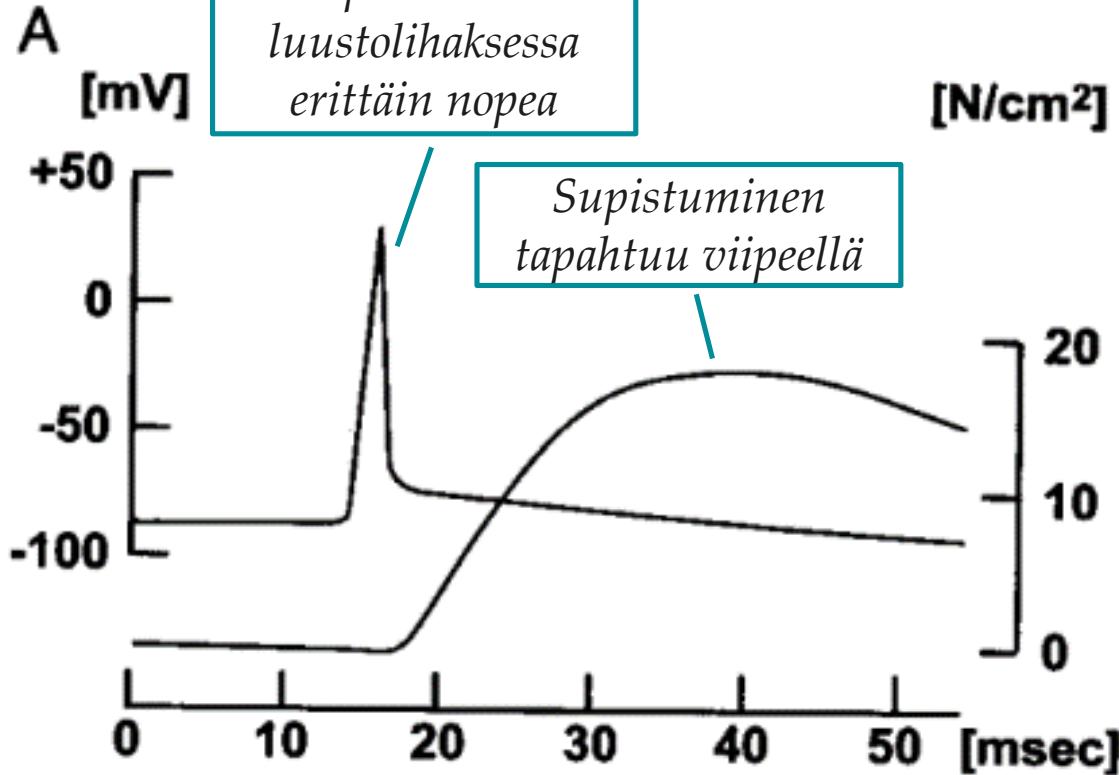


Tossa ei muuten ole reikää tai solu on kuollut!

Luustolihasen sähköinen säätely

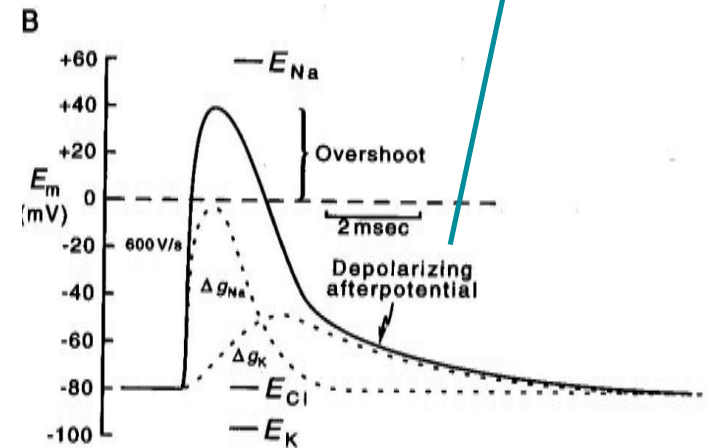
Aktiopotentiaali muistuttaa aksonin sähköistä säätelyä, ainoastaan Na_v ja K_v kanavat ehtivät reagoida

Aktiopotentiaali on luustolihasessa erittäin nopea



Supistuminen tapahtuu viipeellä

Kalvojännitteen on palaututtava lepopotentiaaliin ja Na_v kanavien palaututtava inaktivaatiosta, ennen kuin lihas on sähköisesti aktivoitavissa.

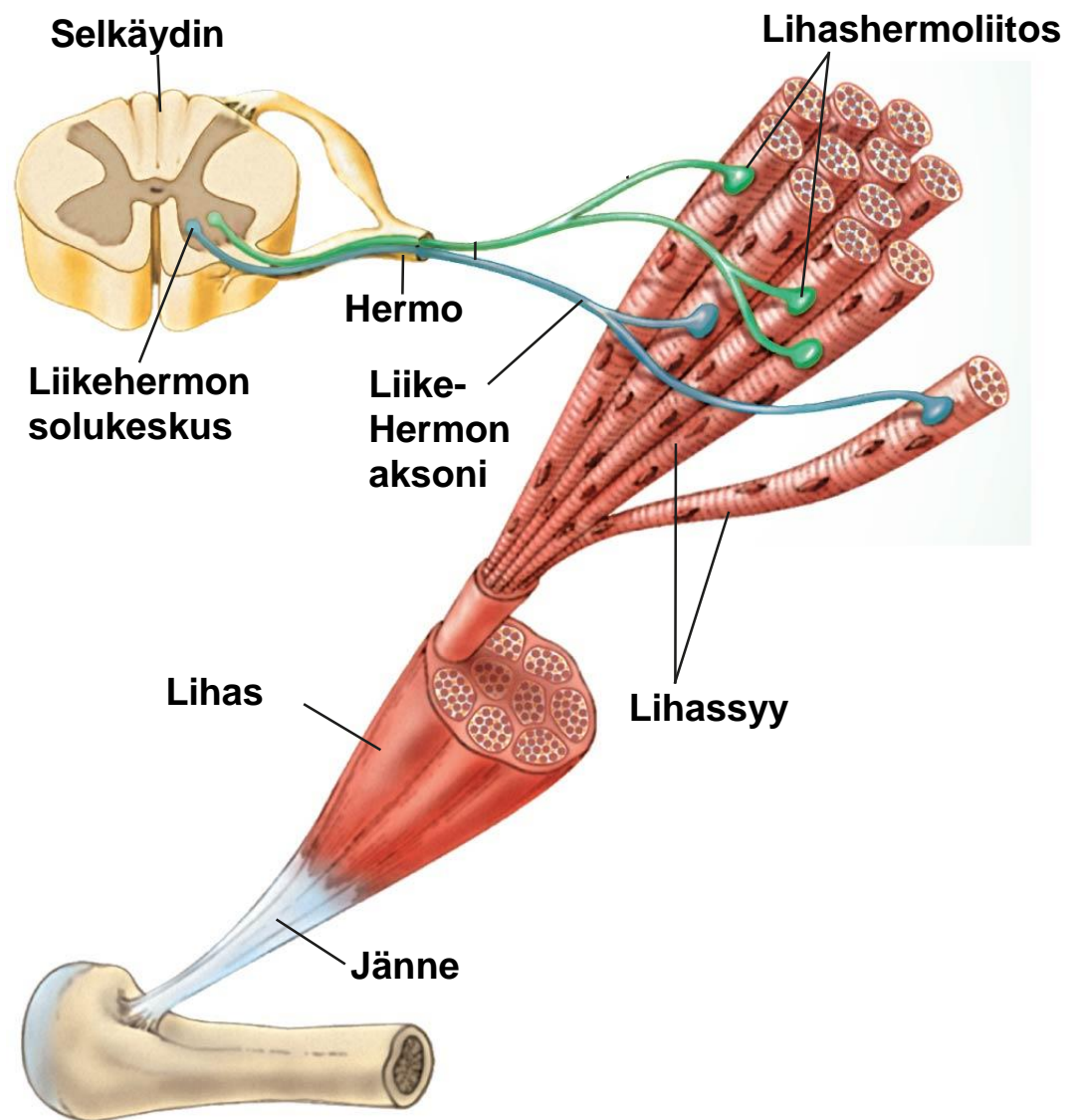


Hodkin & Horowicz J.Physiol 136: 17-18 (1957)

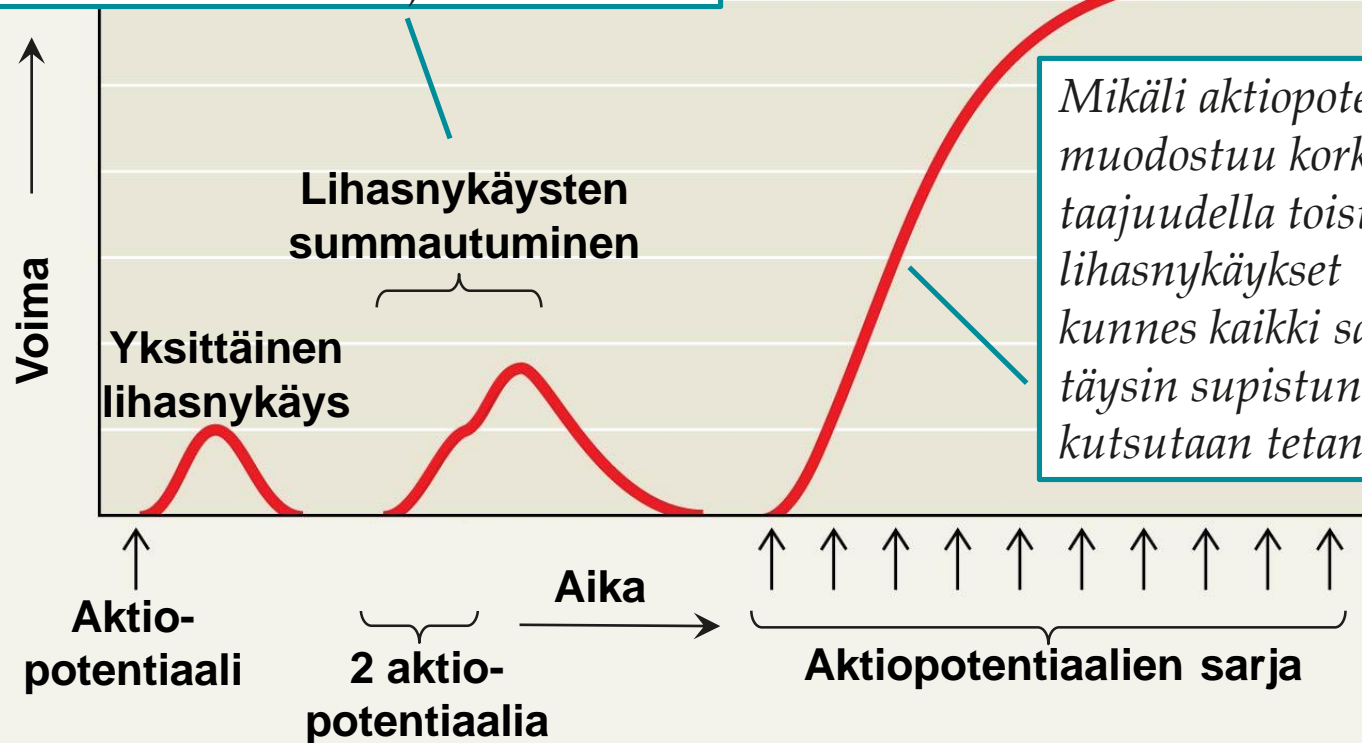
Motorinen yksikkö

Liikehermot säätelevät joko yksittäistä tai useaa luustolihassolua.

- *Muodostavat motorisen yksikön, joka aktivoituu yhtä aikaa.*
- *Säädeltävien lihassolujen määrä kuvaa liikkeen hienosäätöä.*
- *Kuhinkin lihassoluun tulee aksoneita vain yhdestä liikehermosta.*



Aktiopotentialiaali on niin lyhyt, että uusi sähköinen ärsytys otetaan vastaan ennen kuin kalsium on kerätty takaisin. Seurauksena on lihasnykäysten aiheuttaman voiman summautuminen,



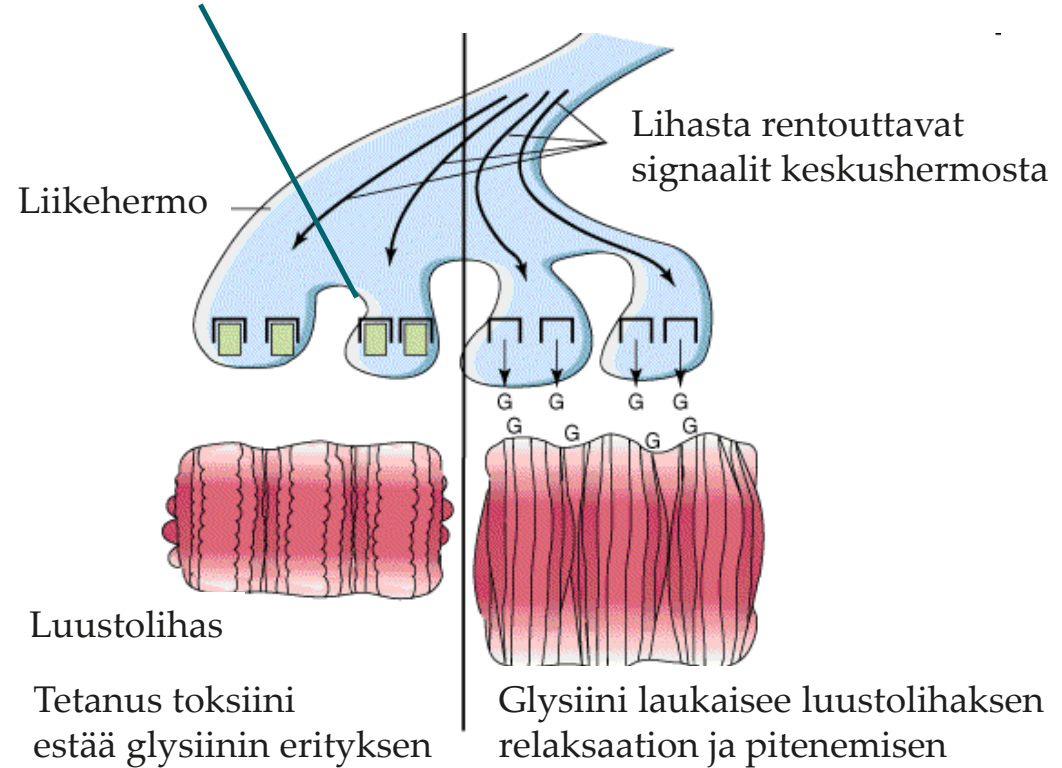
Mikäli aktiopotentiaaleja muodostuu korkealla taajuudella toistuvasti, lihasnykäykset summautuvat, kunnes kaikki sarkomeerit ovat täysin supistuneita. Tätä kutsutaan tetanukseksi.

Jäykkäkouristustauti

Myrkky estää inhibitoristen välittäjäaineiden (glysiini, gamma-aminovoihappo) vapautumisen synapseista



Maaperäbakteeri Clostridium tetani aiheuttaa jäykkäkouristustaudin, jossa lihakset supistuvat kouristuksenomaisesti



Kiitos!



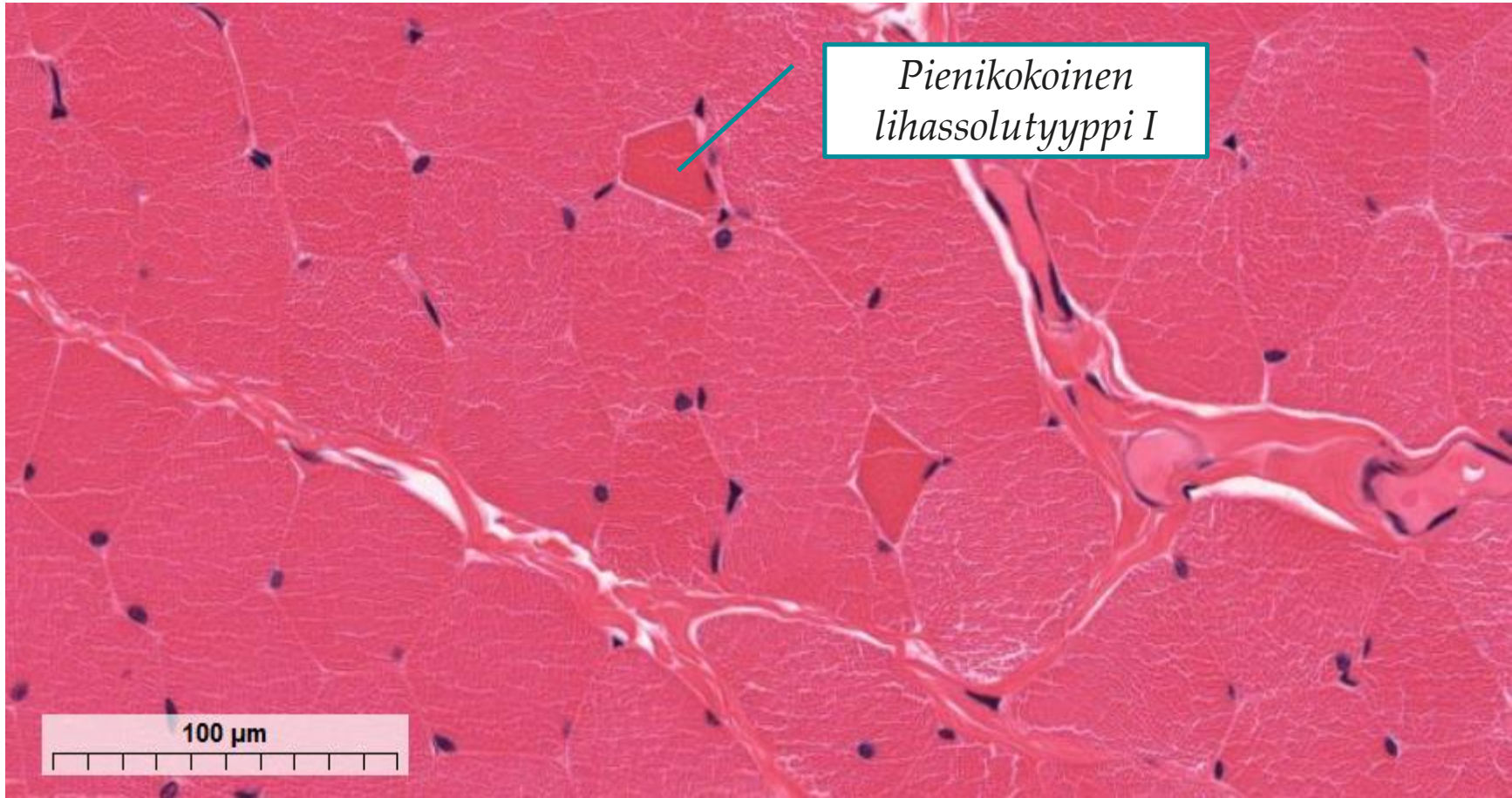
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Lihassolutyypit



*Pienikokoinen
lihassolutyyppe I*

100 µm

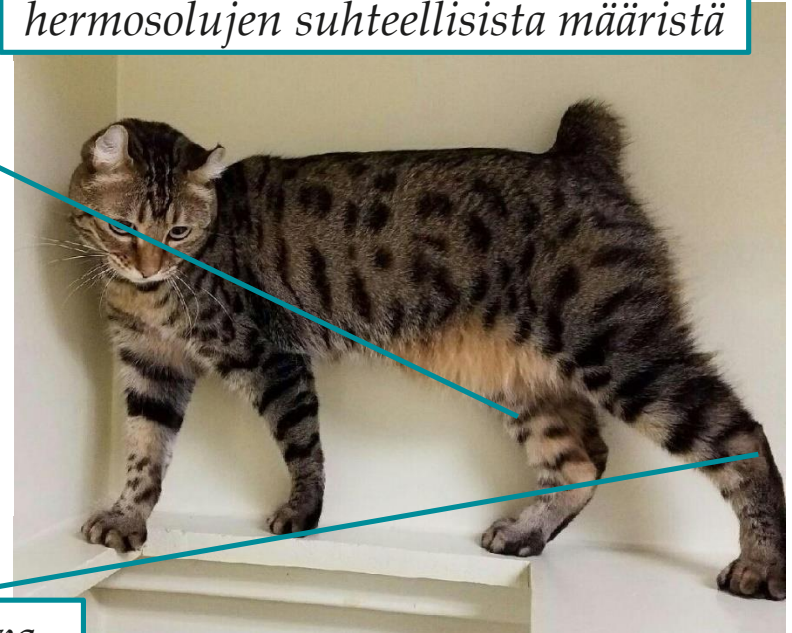
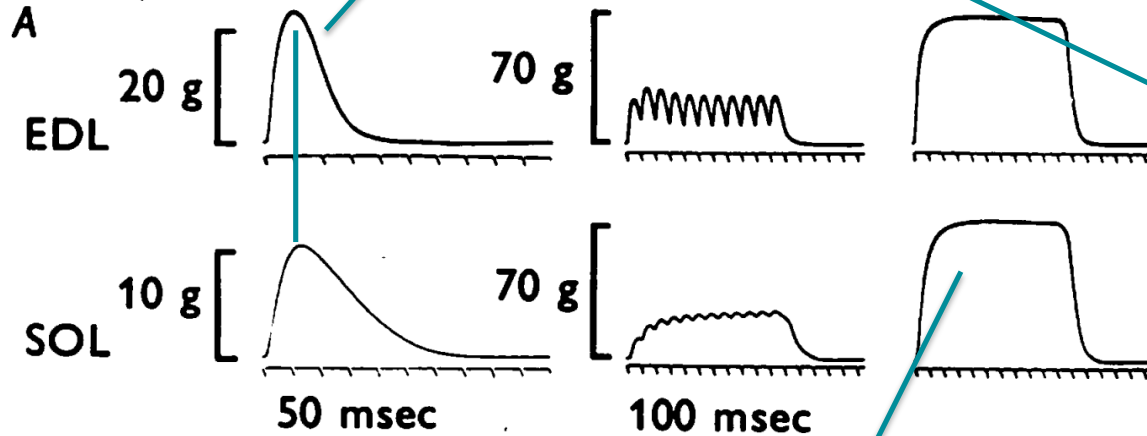
Luustolihasolujen tyypit

	<i>I-tyyppi: hidas oksidatiivinen</i>	<i>IIA-tyyppi: nopea oksidatiivinen</i>	<i>IIX ja IIB-tyyppi: nopea glykolyyttinen</i>
<i>nopeus</i>	<i>hidas</i>	<i>nopea</i>	<i>nopea</i>
<i>Myosiinin ATPaasin aktiivisuus</i>	<i>hidas</i>	<i>nopea</i>	<i>nopea</i>
<i>ATP:n lähde</i>	<i>mitokondrio</i>	<i>mitokondrio</i>	<i>glykolyysi</i>
<i>Mitokondrioiden määrä</i>	<i>paljon</i>	<i>paljon</i>	<i>vähän</i>
<i>Hiussuonten määrä</i>	<i>suuri</i>	<i>suuri</i>	<i>vähäinen</i>
<i>Myoglobiinin määrä</i>	<i>paljon</i>	<i>paljon</i>	<i>vähän</i>
<i>Solun koko</i>	<i>pieni</i>	<i>keskikokoinen</i>	<i>suuri</i>
<i>väsyminen</i>	<i>hidas</i>	<i>Ei hidas, ei nopea</i>	<i>nopea</i>

Luustolihakset voivat olla nopeita tai hitaita

*Varpaiden pitkä ojentajalihas
(Extensor digitorus longus) on nopea*

*Lihaksen nopeus riippuu siinä
olevien nopeiden ja hitaiden
hermosolujen suhteellisista määristä*

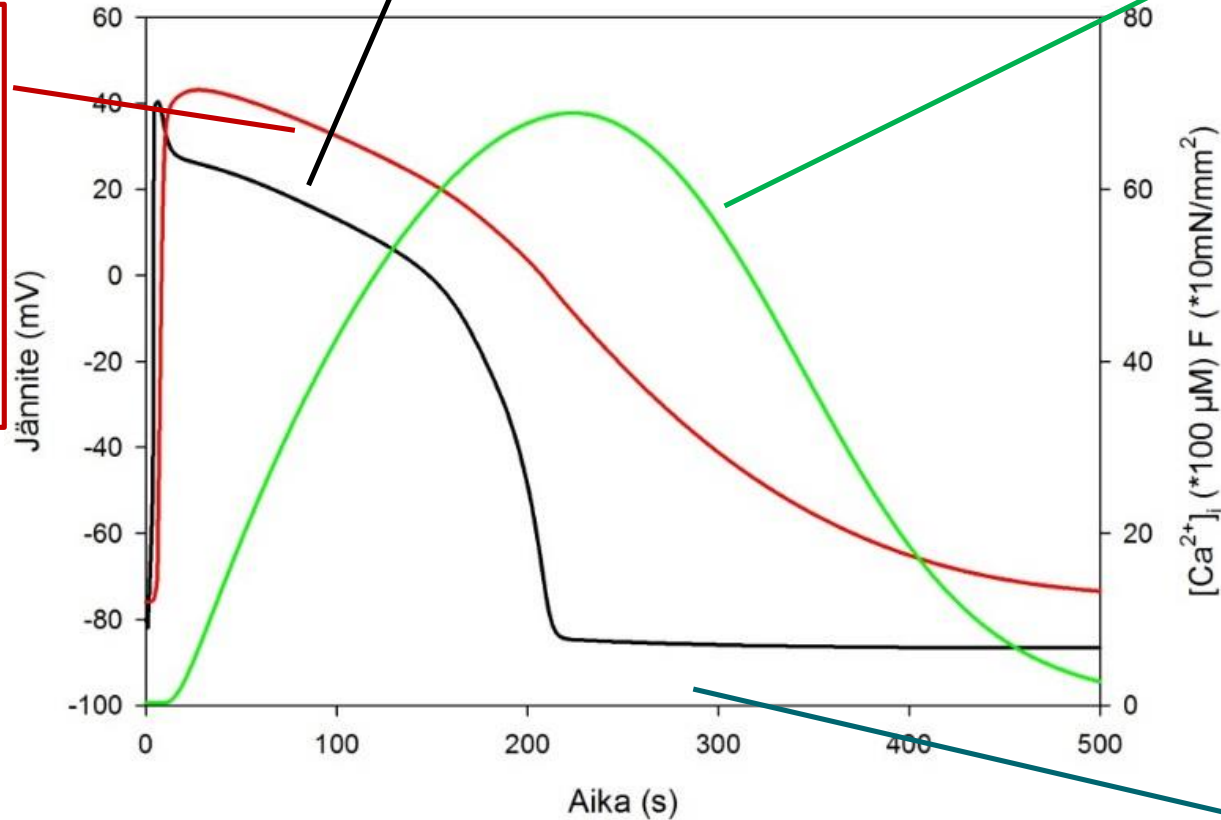


*Kolmipäinen pohjelihas (Soleus) on melko hitaasti supistuva.
Se kykenee synnyttämään suuren tetanisen voiman.*

Sydänlihas

Kalsium ehtii kasvaa aktiopotentiaalin aikana, jolloin sitä voidaan säädellä myös solukalvon kalsiumreiteillä

Sydänlihaksen ärsytys-supistuskytkennälle säätelylle on tyypillistä pitkä aktiopotentiaali



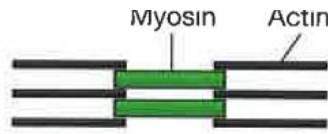
Pitkä aktiopotentiaalin vuoksi supistuminen tapahtuu samaan aikaan, jolloin supistumiset eivät summaudu (sydän ei joudu tetanukseen)

Sydänsolut ovat kiinni toisissaan kytkelyvyillä, jolloin aktiopotentiaali tahditettua koko kudoksessa samanaikaiseksi.

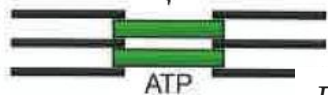
Sileä lihas supistuu eri mekanismilla

POIKKIJUOVAINEN LIHAS

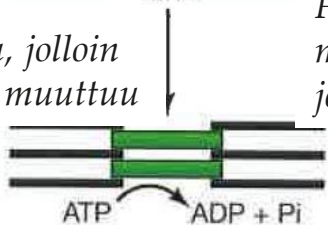
Ca^{2+} sitoutuu troponiiniC:hen,
jolloin myosiinin sitoutumispaikka paljastuu



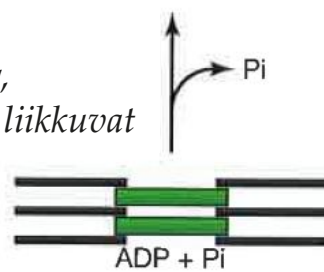
Aktiini sitoutuu myosiiniin



ATP hydrolysoituu, jolloin
myosiinin rakenne muuttuu

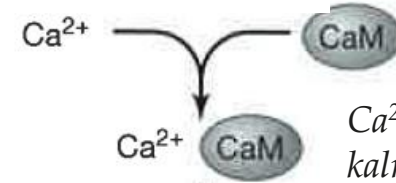


Fosfaatti irtoaa,
myosiini kääntyy,
jolloin filamentit liikkuvat



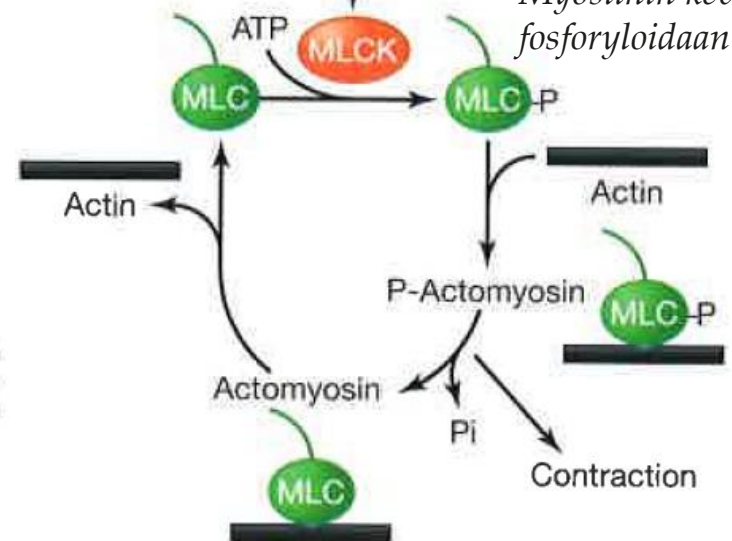
Myosiini sitoutuu aktiiniin

SILEÄ LIHAS



Ca^{2+} sitoutuu
kalmoduliiniin

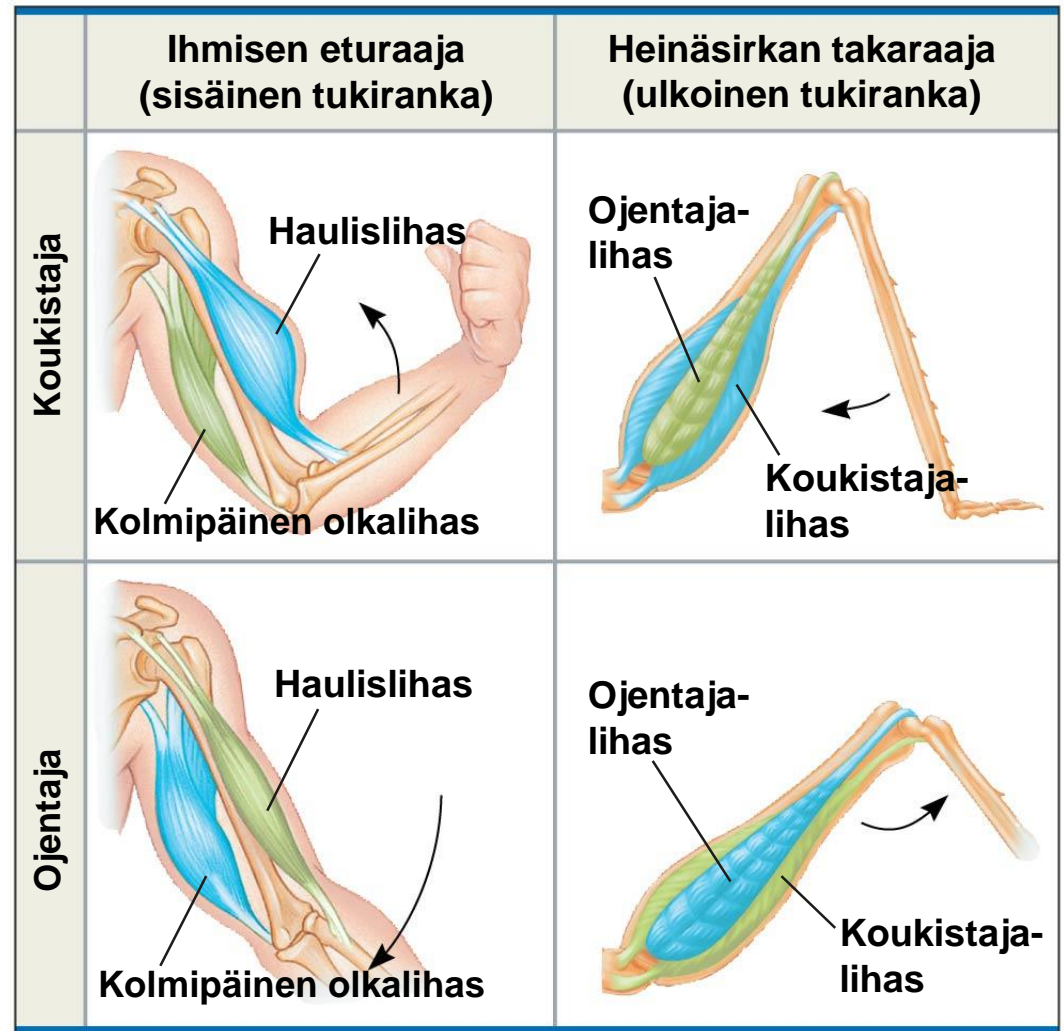
Myosiinin kevyt ketju
fosforyloidaan



Lihaskset ja liike

Lihakset toimivat vastapareina, jolloin haulislihaksen supistuu samalla kun olkaluun toisella puolella oleva kolmipäinen olkalihas relaksoituu

- *Vastaavasti kättä ojentaessa haulislihas on relaksoitunut ja sen venyminen toimii vastavoimana hidastaen ojentajalihaksen supistumista.*
- *Lihasparrit toimivat myös ulkoisen tukirangan omaavilla hyönteisillä*



■ Supistuva lihas

■ Relaksoitunut lihas

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Tukiranka

Tukirangan muodot



Hydrostaattinen
tukiranka (ei
kovia osia)



Eksoskeleton
(ulkoinen
tukiranka)



Endoskeleton
(sisäinen
tukiranka)

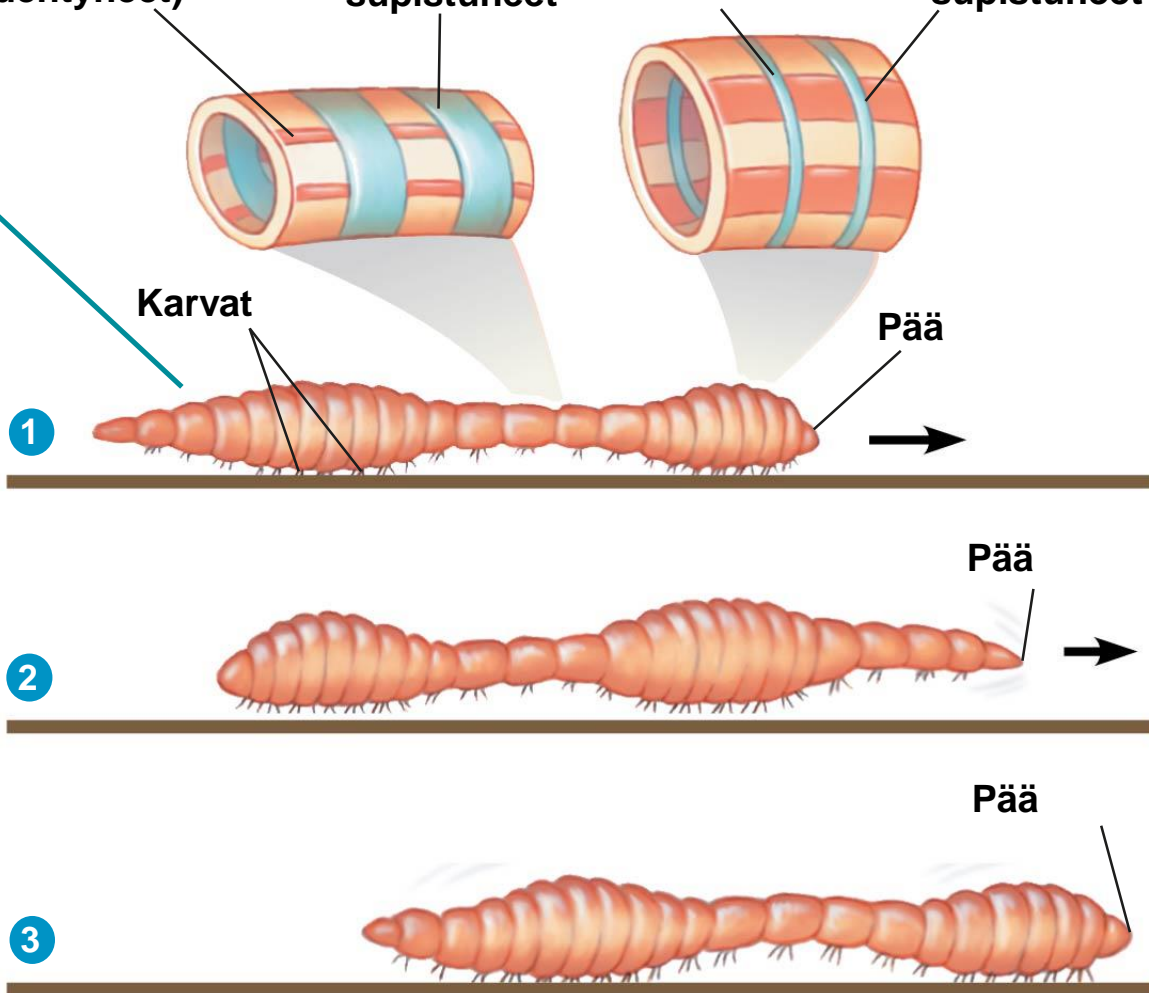
*Hydrostaattinen tukiranka
aiheutuu nesteen paineesta
ruumiissa*

*Nivelmadot muuttavat
painetta jaksottaisesti
edetessään*

**Pitkittäiset lihakset
relaksoituneet
(pidentyneet)**

**Rengaslihakset
supistuneet**

**Rengaslihakset relaksoituneet
Pitkittäiset lihakset
supistuneet**

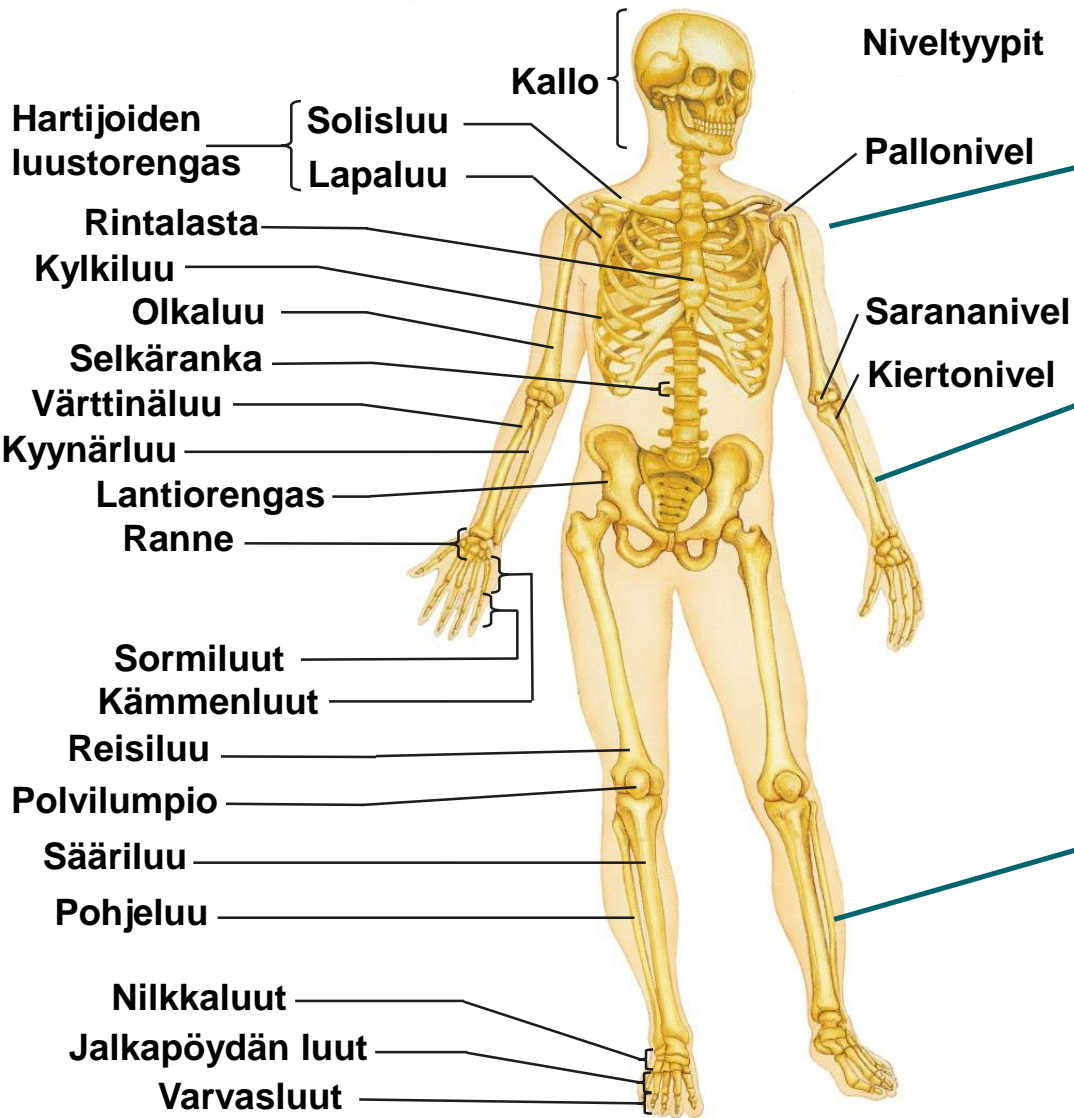


Ulkoinen tukiranka

Ulkoinen tukiranka on tuttu hyönteisistä ja hämähäkkieläimistä.

- *Tukiranka muodostaa kovan kuoren eläimen ympärille.*
- *Tukirangassa on oltava nivelkohtia, joiden avulla raajoja voidaan liikuttaa.*



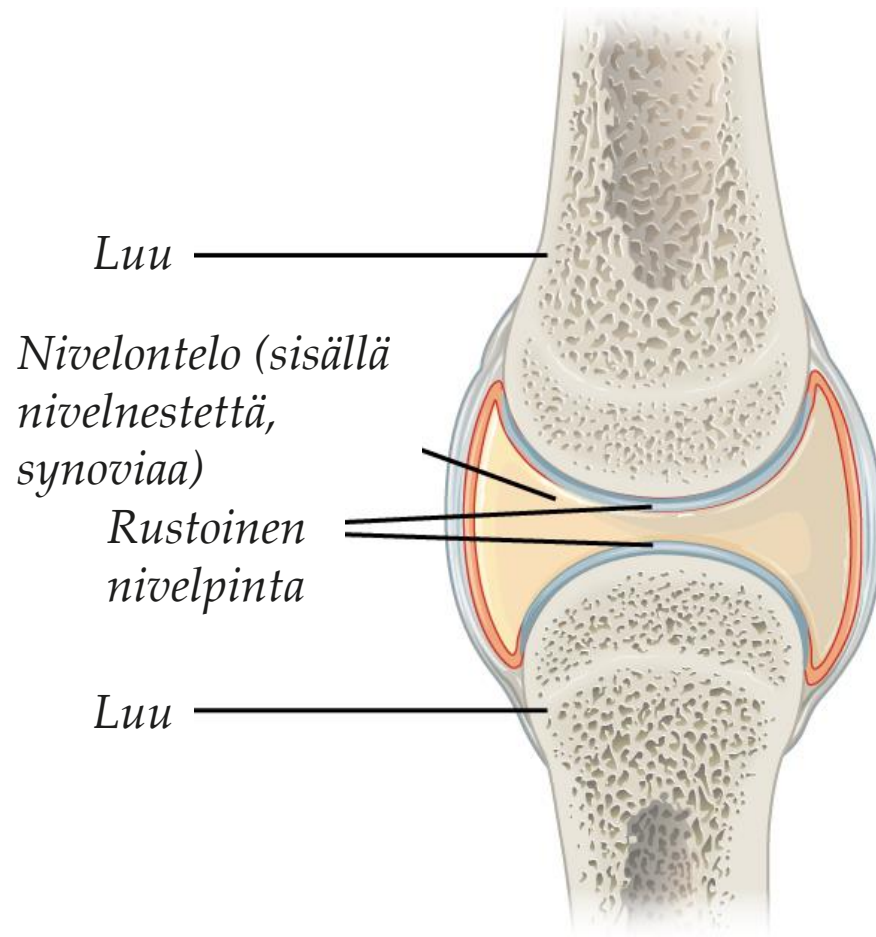


Sisäinen tukiranka koostuu kovista osista, jotka ovat pehmeiden kudosten sisällä

Nisäkkään luuranko sisältää yli 200 luuta, joista osa on yhteen liittyneitä ja toiset yhdistetty nivelillä

Nisäkäillä ja linnulla raajojen koko ja sijainti on oleellinen kuvaamaan eläimen massaa

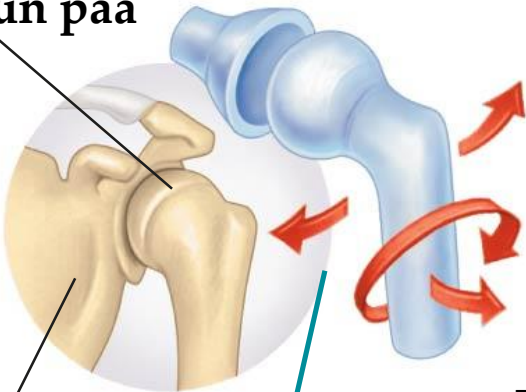
Nivel



Niveltyypit

PALLONIVEL

Olkaluun pää

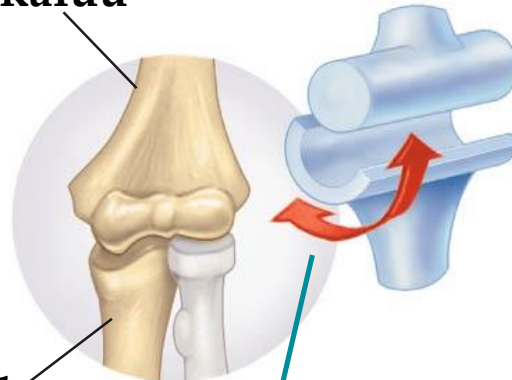


Lapaluu

Kolmiakselinen nivel, joka sallii liikkeet kaikissa suunnissa.

SARANANIVEL

Olkaluu

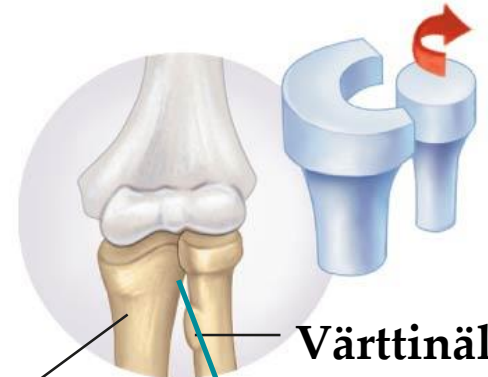


Kyynärluu

Yksiakselinen nivel, jossa luun lieriömäinen niveltappi kiertyy toisen luun syvennyksessä.

KIERTONIVEL

Värttinäluu



Kyynärluu

Nivel, joka sallii kiertoliikkeen yhdessä tasossa.

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi