

Svalová tkáň

2.slide

Slide prezentuje 3 typy svaloviny, ktorým sa bude prezentácia.

Základnými vlastnosťami sú dráždivosť (schopnosť odpovedať na nervový či humorálny podnet) a schopnosť kontrakcie ako prejav odpovede na podnet.

3.slide

Morfologickou jednotkou kosterní svaloviny je svalové vlákno variabilnej dĺžky (milimetre až centimetre). Od okolia ho oddeľuje cytoplazmatická membrána = sarkoléma. Tá vytvára invaginácie do hĺbky bunky nazývané T-tubuly. Je obklopená modifikovanou lamina basalis. Vnútri sa nachádza sarkoplazma (=cytoplazma) s viacerými typickými komponentami (viz ďalej). Čo si však všimneme aj na preparátoch je to, že svalové vlákno je mnohjadernou bunkou.

4.slide

Na slide vidíme vymenované významné komponenty v sarkoplazme - ich zastúpenie sa líši v rámci rôznych typov svalových vlákien.

1. **Mitochondrie** – produkcia ATP nutnej na svalovú kontrakciu, enzýmy pre využitie mastných kyselín či ketolátok ako zdroja energie.
2. **Sarkoplazmatické retikulum** – intracelulárna zásobáreň kalcia. V kosterej svalovine sú 2 SER okolo konca T-tubulu – tvoria **triády**
3. **Glykogén** – zásoba glykogénu je veľmi dôležitá pre rýchly energetický zdroj pre kontrakciu
4. **Myoglobín** – zásoba O₂ ako podmienka pre aeróbnny metabolizmus
5. **Myofibrily – modifikovaný cytoskelet** esenciálny pre mechanickú kontrakciu
6. **Enzýmy glykolýzy** – dôležité pre využitie glukózy ako zdroja energie anaeróbne alebo aeróbne
7. **Kreatínfosfát** – predstavuje okamžitý zdroj ATP, ktorý sa vyčerpáva počas prvých pár sekúnd svalovej kontrakcie a po jej skončení musí byť regenerovaný.

7.slide

Prvým typom myofilament sú myozínové vlákna. Molekula obsahuje 2 ľahké a 2 ťažké reťazce. Svojím tvarom pripomína golfovú palicu. Na C-konci začína nasádová časť (tyč), ktorá pokračuje krčkom a hlavicom. Hlavica obsahuje väzobné miesto pre ATP, rovnako ako väzobné miesto k aktínu. Súčasne má hlavica schopnosť ATP štiepiť, čím sa myozínu pripisuje vlastnosť **molekulového motoru**.

8.slide

Zástupcom tenkých filament je aktín. Monoméry aktínu majú globulárny tvar, pričom sú navzájom pospájané do fibrilárneho vlákna tvaru dvoušroubovice. Túto konformáciu stabilizuje molekula tropomyozínu, ktorá má teda štruktúrnu funkciu. K tropomyozínu sa následne viaže regulačný **troponínový komplex**, ktorý má veľký význam pre kontraktilnú schopnosť. Skladá sa z:

Troponínu C – dokáže na seba viazať vápnik

Troponínu I – inhibuje väzbu medzi aktínom a myozínu

Troponínu T – viaže troponínový komplex na tropomyozín

9.slide

Okrem myofilament sú pre svalovú bunku veľmi významné aj ďalšie proteíny:

1. **Titin** – jeden z najväčších proteínov nášho tela (vysoká molekulová hmotnosť, rodina giant proteínov), ktorý spája myozínovú molekulu so Z líniou (viz ďalej). Je veľmi významný pre udržiavanie kludovej dĺžky sarkoméru (veľmi dôležitý efekt aj v srdci)
2. **Nebulin** – jeho význam rastie pri regulácii prudkých zmien dĺžky sarkoméru (funkcia „**molekulového pravítka**“) – viaže sa od Z línie k tropomyozínu.
3. **Dystrofin** – podieľa sa na funkčnom spojení sarkoméru so sarkolémou. Jeho mutácie (X viazané recesívne ochorenie, ťažšia Duchennova a miernejšia Beckerova svalová dystrofia) vyvolávajú postupné ochabovanie svalstva vo veľmi mladom veku a jeho svalové vlákna sa nahrádzajú väzivom, čo môže byť fatálne v prípade dýchacích svalov.

11.slide

V rámci sarkoméry pozorujeme niektoré význačné časti .

- a) V prvom rade musíme pozorovať štruktúry na upevnenie aktínu a myozínu . Aktín sa upína v mieste **Z-línie (telofragma)** , myozín v mieste **M-línie (mesofragma)**
- b) Následne popíšeme prúžky , kde sa budú nachádzať **len aktín (I proužek)** , **len myozín (H zóna)** a následne , kde sa budú prekrývať aktín a myozín (**A proužek** – ráta sa doň aj H zóna)
- c) Nasleduje otázka , ako sa budú tieto štruktúry meniť počas kontrakcie? **Sarkoméra sa skrakuje , dĺžka myofibríl sa nemení, skrakuje sa I proužek a H zóna a naopak A proužek zostáva zachovaný .**

12.slide

Na motorickej ploténke (špeciálny typ chemickej synapsie) pozorujeme spojenie medzi α -motoneurónom (jeho synaptickým terminálom) a sarkolémou . Tá je sprehýbaná do rôznych invaginácií – tzv. **subneurálny aparát** (dokážeme zvýšiť počet receptorov na acetylcholín) . Celá ploténka je obalená okolitými Schwannovými bunkami. Po aktivácii nervovým signálom sa aktivuje exocytóza váčkov s acetylcholínom a jeho naviazanie na receptory vyvoláva vstup Na^+ do bunky (vznik ploténkového potenciálu). Ak do svalového vlákna vstúpi dostatok Na^+ vzniká akčný potenciál , ktorý sa šíri ďalej do bunky.

13.slide

Akčný potenciál sa šíri po sarkoléme ďalej . Keďže T-tubuly sú invaginácie sarkolémy , akčný potenciál sa pomocou nich šíri do hĺbky sarkoplazmy. T-tubulus vytvára s okolitými sarkoplazmatickými retikulami tzv. triády. Na sarkoléme AP podráždi DHPR (dihydropyridínový receptor) ,ktorý je sprážený s RYR (ryanodínový receptor) na membráne sarkoplazmatického retikula. Aktivácia tohoto receptora podmieni vyliatie vápnika do cytosolu .

14.slide

Zvýšená hladina vápnika sa naviaže na troponín C . Táto väzba podmieni konformačnú zmenu troponín-tropomyozínového komplexu a troponín I , ktorý predtým bránil väzbe aktínu s myozínom , už nedokáže tomuto spojeniu zabrániť. Myozín s naviazaným ADP a energiou z hydrolýzy ATP sa viaže k aktínu .

15.slide

Na ukončenie kontrakcie treba prítomnosť ATP – jednak nám pomáha spätnému prečerpaniu vápnika do sarkoplazmatického retikula (väzba na kalsekvestrín) a ATP podmieňuje odlúčenie inak veľmi pevnej väzby aktín-myozín (konformácia s naviazaným ADP sa nazýva **cross-bridge**). V prípade nedostatku ATP (napríklad po smrti) je teda jasné , že sú vlákna aktínu a myozínu na seba pevne naviazané a množstvo vápnika v cytosole je vysoké – stav posmrtnej stuhlosti – **rigor mortis** .

17.slide

Interkalárne disky predstavujú mechanicko-funkčné spojenie medzi jednotlivými kardiomyocytmi. Mechanickú stránku reprezentujú dezmozómy a fascia adherens , funkčnú stránku gap junctions. Gap junctions sú základom pre synchronne kontrakcie srdečného svalu (umožňujú rýchly prestup kladných iónov z bunky do bunky).

18.slide

V myokarde pozorujeme 2 základné typy kardiomyocytov:

- a) **Pracovné** – ich základnou funkciou je schopnosť kontrakcie , obsahujú početné myofibrily a mitochondrie , výrazné priečne pruhovanie . V kardiomyocytoch predsieni sa sekretuje atriálny natriuretický peptid.
- b) **Prevodné** – bunky prevodného systému srdečného , obsahujú oveľa menej myofibríl . Ich hlavnou funkciou je generovanie a prevod akčného potenciálu zo sinoatriálneho uzlu až k bunkám pracovných kardiomyocytov predsieni a komôr.

Vzhľadom na to , že kardiomyocyty obsahujú menšie množstvo sarkoplazmatického retikula , na kontrakciu je nutný aj vápnik z extracelulárneho prostredia. Vznik akčného potenciálu otvára pomalé vápnikové kanály na plazmatickej membráne .Vyliatie vápnika do cytosolu má za následok jeho

naviazanie na RYR2 receptory na sarkoplazmatickom retikule, čo podmieni ďalšie zvýšenie hladiny cytosolického vápnika.

19.slide

Hladká svalovina sa kontrahuje nielen na nervový stimulus , ale aj ako odpoveď na mechanickú záťaž či naviazanie hormónu alebo inej regulačnej molekuly (NO).

Namiesto troponínového komplexu pozorujeme komplex kalmodulín – funkcia TnC , kaldesmon – funkcia Tnl a kalponín – funkcia TnT . Tropomyozín sa tu vyskytuje.

20.slide

Na kontrakciu hladkej svaloviny je esenciálny vstup vápniku z extracelulárneho prostredia (mechanizmy , ktoré podmienia jeho vstup viz. predošlý slide) . Následná väzba vápniku na regulačný proteín kalmodulin podmieni:

- a) **Aktiváciu kinázy ľahkého reťazca myozínu** – tá fosforyluje ľahký reťazec molekuly myozínu , čo je podmienkou kontrakcie hladkej svaloviny
- b) **Zmena konformácie kaldesmónu** – ten bráni väzbe aktínu na myozín , po tejto zmene môže nastať toto naviazanie .

Ukončenie kontrakcie nastáva po znížení množstva vápnika v bunke (musíme ho z cytosolu prečerpať preč) a aj prostredníctvom fosfatázy ľahkého reťazca myozínu.