

1 SVALOVÁ TKÁŇ

se vyznačuje schopností se smršťovat. Rozlišuje se:

- a) svalovina hladká
- b) svalovina kosterní
- c) svalovina srdeční

1.1 Svalovina hladká

Vyskytuje se především ve stěnách dutých orgánů a tvoří ji vřetenovité svalové buňky. **Hladkosvalová buňka, myocyt – myocytus nonstriatus**, je dlouhá 20 – 200 μm , široká 5-10 μm . Ve středu buňky je jedno protáhlé jádro s tupými konci ($d = 10\text{-}25 \mu\text{m}$), na obou jaderných pólech tvoří buněčná cytoplazma kuželovité oblasti bez filament, v nichž jsou nahloučeny buněčné organely (Golgiho komplexy, mitochondrie a rER). Na vnitřní straně buněčné membrány nebo i volně v cytoplasmě jsou oválné elektrondenzní struktury ($d = 1\text{-}5 \mu\text{m}$) z kontraktálního proteinu aktininu - denzní tělíska (area densa, dense body), která se podobají hemidesmosomům. Odpovídají Z pruhům, (telofragmě) a jsou to úponová místa pro kontraktální aktinová filamenta (12 i více aktinových filament obklopuje 1 myosinové filamentum, které se snad vytváří vždy při kontrakci a po smrštění zaniká). Nekontraktální desminová filamenta spojují denzní tělíska mezi sebou a upevňují je na buněčné membráně. Buňky obklopuje *lamina basalis*, která není vyvinuta v místech mezibuněčných elektrických synapsí, nazývané nexus. Činnost hladké svaloviny nepodléhá vůli jedince, podléhá autonomnímu nervovému systému.

1.2 Svalovina kosterní

Zvaná také žíhaná nebo příčně pruhovaná. Základní jednotkou je **svalové vlákno** (myocytus striatus). Je to vlastně soubuní (plasmodium nebo syncytium) se sty až tisíce jader. Má podobu válečku, dlouhého 1-4 cm a širokého 10-100 μm , na obou koncích zaobleného nebo rozvětveného. Jádra jsou uložena na periferii, seřazena paralelně s dlouhou osou vlákna. Jsou 8-10 μm dlouhá, mají eliptický tvar, 1-2 jáderka, obsahují málo chromatinu, v karyolemmě jsou četné zářezy.

Svalové vlákno je obaleno pružnou buněčnou membránou, zvanou sarkolemma. Cytoplazmu, zvanou zde sarkoplazma (z řec. sarx, sarkos = maso), převážně tvoří kontraktální vlákna - myofibrily, které procházejí celou délkou vlákna. Každá myofibrila, o síle 0,5-2 μm se skládá z četných myofilament. Při obarvení se jeví na myofibrilách žíhání, způsobené pravidelným střídáním silně zbarvených anizotropních A-segmentů a slaběji zbarvených izotropních I-segmentů.

A-segment tvoří myosinová filamenta, 1,5-2 μm dlouhá, která jsou uprostřed zesílena, což se jeví jako tmavší M-proužek (Mesofragma) (řec. fragma = zeď, plot). Po obou stranách M-proužku jsou světlejší úseky, nazývané H-zony (Hensenovy zony, zona lucida), které jsou tvořeny pouze myosinovými filamenti. Mezi jejich konce již zasahují z obou stran aktinová filamenta z I-segmentů a tyto úseky se jeví opět jako tmavěji zbarvené. I-segment tvoří paralelně probíhající aktinová filamenta a je umístěn vždy mezi dvěma A-segmenty. Uprostřed I-segmentu je úzký (0,1 μm), tmavý Z-pruh (Telophragma), který vzniká tím, že aktinová filamenta sousedících I-segmentů na koncích vidlicovitě větví a tyto větve se zasouvají mezi sebe (interdigitují). Interdigitace jsou uloženy v Z-matrix, složené z desminu, tropomyosinu a aktininu. Úsek mezi dvěma Z-pruhy se nazývá sarkomera. Sarkomeru, která je dlouhá asi 2-3 μm , považujeme za nejmenší kontraktální jednotku.

V sarkomeře se střídají zony a proužky zrcadlově k M-pruhu: ZIAH-M-HAIZ.

L- systém

Každá myofibrila je opředena bohatou sítí kanálků hladkého endoplazmatického retikula (sER) - sarkoplazmatického retikula - které označujeme jako **L-systém**. Soustava trubic je samostatná pro každý A-segment a I-segment, všechny kanálky na hranici mezi segmenty ústí do prstencovité terminální cisterny. Při kontrakci myofibril proudí jonty Ca ven z retikula, při uvolnění kontrakce se jonty Ca vracejí dovnitř. Dvě sousední terminální cisterny L-systémů se nedotýkají, poněvadž se mezi ně vsouvají vychlípeniny buněčné membrány ve formě trubiček, které obsahují mimobuněčnou tekutinu a které řadíme k **T-systému**.

T-systém

Na hranici mezi A- a I-segmenty, jsou etážovitě umístěny trubičky T-systému, které obkružují všechny myofibrily a jsou vzájemně síťovitě spojeny. Slouží vedení vzruchů, které se šíří membránami rychleji

než cytoplazmou. Jejich vzájemné propojení umožňuje to, že se všechny myofibrily, povrchové i hlouběji uložené, smršťují současně.

Při kontrakci se vsouvají aktinová filamenta mezi myozinová. Mění se přitom vzor žíhání: zužuje se I-segment a H-zona a rozšiřuje se tmavší úsek A-segmentů (zasouváním aktinových filament mezi myosinová). Délka A-segmentu jako celku se však nemění. Po kontrakci se aktinová filamenta vracejí zpět a vrací se také vzor žíhání.

Při kontrakci dochází také ke spotřebě energie, kterou dodává ATP a množství mitochondrií, kromě toho jsou nutné i jonty Ca^+ .

Neformovaná sarkoplazma se vyskytuje v mnohem menším množství než myofibrily. Vyskytuje se hlavně v blízkosti jader (tedy na periferii), jsou v ní Golgiho komplexy, mitochondrie, rER i volné ribosomy. Mitochondrie jsou také v řadách mezi myofibrilami. Plazma obsahuje také glykogenová zrna (zásoba energie) a myoglobin (zásobník O_2), který působí červenou barvu svalu.

Rozlišujeme červená a bílá svalová vlákna, jejich rozmístění je geneticky určeno.

Bílá vlákna mají větší průměr, více myofibril, méně mitochondrií, myoglobinu a sarkoplasmy. Smršťují se rychleji, dříve se také unaví.

Červená vlákna mají menší průměr, méně myofibril, více mitochondrií, myoglobinu a sarkoplasmy. Smršťují se pomaleji, ale později se unaví.

Regenerace žíhané svaloviny je velmi omezená. Nesmí být poškozena bazální lamina a defekt nesmí být velký.

Žíhané svaly podléhají vůli jedince, každé svalové vlákno má motorickou ploténku a senzitivní svalové vřetenko.

1.3 Svalovina srdeční

Tvoří svalovou vrstvu - myokard srdečních předsíní a komor u obratlovců. Je to zvláštní svalová tkáň, která se vyskytuje pouze v srdci. **Svalové srdeční vlákno (buňka) – myocytus cardiacus** má jedno jádro uprostřed buňky jako hladká svalová buňka, má však žíhání, L- systémy a T- systémy jako žíhaná svalovina.

Svalová srdeční vlákna

jsou kratší, mají délku 100-150 μm a šířku 10-30 μm . Jádro je asi 12 μm dlouhé, má zaoblený oválný nebo čokovitý tvar, v jaderné membráně jsou nápadné póry. Při obou jaderných pólech se vytvářejí kuželovité oblasti, kde jsou nahloučeny orgány, podobně jako u hladkosvalových buněk: Golgiho komplexy, mitochondrie, ER, ribozómy, glykogenová granula a lipidové kapénky. Velikost i počet mitochondrií je větší než v žíhané svalovině. Tu a tam se vyskytují dvoujaderné buňky. Myofibrily odpovídají stavbu i funkci myofibrilám v žíhaných svalech, zde ale je myofibril méně a mezi nimi leží v řadách mitochondrie a četná glykogenová granula. Žíhání je hustší, sarkomera měří asi 2 μm .

Úprava T- a L- systémů

se také poněkud liší. Trubičky T-systému jsou širší (100-200 nm), obsahují výstelku s lemem z glykosaminoglykanu, což je považováno za pokračování *lamina basalis* a jsou vyvinuty vždy ve výši Z-pruhů. Mezi trubičkami T-systému leží vždy pouze jeden L-systém. Trubičky L-systému jsou užší, nejsou tak pravidelně uspořádány a terminální cisterny nejsou vyvinuty. Konce trubiček se váčkovitě rozšiřují a místy se dotýkají trubiček T-systému.

Srdeční svalové buňky se rozvětvují a oddělují pod ostrým úhlem, takže vytvářejí svalovou síť. V místech větvení jsou velmi často lesklé, světlolomné, intenzivně se barvící terčíky, kolem 1 μm silné, zvané interkalární disky – **disci intercalares** (intercalaris = vložený, vsunutý), typické pro srdeční svalovinu. Ve stadiu smrštění jsou jednolomné, v relaxovaném stadiu dvojlomné a jsou to mezibuněčné hranice, ležící zpravidla v místě Z- pruhu. Probíhají napříč svalovým vláknem, asi uprostřed mezi dvěma jádry, ne přímo, ale schodovitě lomeně. Mezibuněčné prostory jsou široké 20-30 nm, obsahují glykogenovou tmelovou substanci, v příčně probíhajících úsecích nacházíme v obou sousedních buňkách zahuštěnou cytoplazmu s aktinovými filamenti, tj. desmozomy. Podélně probíhající úseky jsou upraveny jako nexy se šterbinami 2 nm, které umožňují rychlý převod vzruchů mezi buňkami.

Srdeční sval má vlastní **dráždivý (tzv. převodní) systém**, který udržuje nepřetržitou rytmickou srdeční činnost. Převodní systém nejsou nervové buňky, nýbrž zvláštním způsobem diferencované

buňky srdečního svalu. V sinoatriálním a atrioventrikulárním uzlu to jsou: a) nodální buňky (25 x 10 μm), z nichž vycházejí vzruchy, b) přechodné buňky, které umožňují převod vzruchu z nodálních buněk do c) Purkyňových buněk, které jsou dlouhé (100 x 50 μm) a rozvádějí vzruchy do dalších přechodných buněk, které již předávají vzruch srdečním svalovým buňkám. Purkyňovy buňky se vyznačují světlou cytoplazmou, jsou mezi sebou spojeny četnými interdigitacemi a nemají *lamina basalis*. Vytváří se až *lamina basalis*, společná pro svazek Purkyňových buněk, které konstituují Purkyňovo vlákno.

Myokard nemá regenerační schopnosti.

Stavební (histologické) a funkční rozdíly mezi hladkou, kosterní a srdeční svalovinou jsou přehledně uvedeny v přiložené tabulce.

Histologické a funkční rozdíly mezi typy svalové tkáně

Typ tkáně		Hladká svalovina	Kosterní svalovina	Srdeční svalovina
Znak				
Buňky	Tvar	vřetenovitý	válcovité svalové vlákno	rozvětvené trámečky
	Rozměry	délka 50-200 μm šíře 5-10 μm	10 - 120 μm 10 - 100 μm	50 - 150 μm 10 - 30 μm
Jádra	Počet v buňce	jedno	sta - tisíce	jedno
	Uložení	centrálně	periferně	centrálně
	Tvar	tyčinkovitý	eliptický	oválně kulatý
	Rozměry	délka 10 - 25 μm	8 - 10 μm	12 μm
Pruhování	ne	ano	ano	
T - tubuli	nejsou	tubuli v úrovni hranice mezi A a I úseku	tubuli v úrovni Z proužku	
L - tubuli	nejsou	jeden v každém A a I úseku, triády	jeden pro sarkomeru, diády	
Zvláštnosti	spojovací ploténky	satelitní buňky	disci intercalares	
Inervace	vegetativní systém	motorický systém	autonomní: vlastní tvorba a vedení impulsů, ovlivňování vegetativním systémem	
Přenos vzruchu	volná zakončení mezi buňkami, nexus	motorické ploténky	nexus mezi buňkami převodního systému i pracovními buňkami	
Regenerace	ano při námaze hypertrofie	u nižších obratlovců ano, jinak velmi omezená	ne při námaze hypertrofie	
Výskyt	svalová vrstva ve stěně dutých orgánů, mm. arrectores pilorum	aktivní složka pohybového aparátu (kosterní svaly)	srdce (myokard)	

2 NERVOVÁ TKÁŇ

se vyznačuje vzrušivostí, dráždivostí v přijmových orgánech - receptorech, je schopna nervové vzruchy zpracovat v centrech a přenést k výkonným zařízením - efektorům. Vzniká z části ektoblastu (neuroblastu) a rozděluje se na ústřední orgány (**CNS**) a periferní síť (**PNS**). Tvoří ji:

- 1) **neurocyty - neurony, gangliové buňky**, které se vyznačují vodivostí a dělí se jen v časných obdobích života a
- 2) **gliové buňky - gliocyty, neuroglie**, které zajišťují pro neurocyty oporu a výživu. Dělí se i u dospělých organismů.

2.1 Neurocyty

Tvar: kulatý, oválný, vřetenkovitý, jehlanovitý, polygonální. Jádru 5-25 µm, jádérko 2-7µm, perikaryon 10-100 µm.

Výběžky (nervová vlákna): Dendrity - dostředivé (aférentní) výběžky (1 - 10). **Neurit, axon** – vždy jen jeden odstředivý (eferentní) výběžek, dlouhý 1 m i více.

Podle počtu výběžků neurocyty dělíme na: **unipolární, bipolární, pseudounipolární, multipolární** (3-10 dendritů).

Synapse: spojení mezi dvěma neurony (neuronová teorie):

a) elektrické - u nižších obratlovců, jsou nepolarizované, fungují v obou směrech, dvě membrány bez transmiteru (nexus).

b) chemické - polarizované, fungují v jednom směru, vždy s transmitery

1. periferní:

- a) receptorické - mezi tkání a aférentními vlákny (smyslové orgány, svalová a šlachová vřetenka),
- b) efektorické - mezi efektorními vlákny a cílovým orgánem (neuro-muskulární, -glandulární, -humorální).

2. centrální:

synapse mezi neurony (axosomatické, axodendritické, axoaxonální, somatodendritické, ojediněle dendrodendritické).

Transmitery: acetylcholin, serotonin, dopamin, glycin, histamin, kyselina asparagová, glutaminová, neuropeptidy (asi 40), hormony (asi 30). V jednom neuronu může být i více transmiterů.

2.2 Gliocyty, neuroglie

a) **astrocyty** - výživa sacharidy,

b) **oligodendrocyty** - satelitní buňky, jsou v řadách mezi axony v CNS, syntetizují myelin - bílou hmotu,

c) **mezogleie** – je z mezodermy, leží kolem kapilár, fagocytují, migrují,

d) **ependymové buňky** - vylučují liquor cerebrosppinalis,

e) **Schwannovy buňky** – leží na axonech v PNS, syntetizují bílou hmotu (jako oligodendrocyty v CNS).

V autonomních nervech se často vyskytují nervová vlákna, krytá jen Schwannovými buňkami, bez myelinové pochvy. Poněvadž mají šedou barvu, nazývají se šedá nebo také nahá vlákna.

Počet neurocytů (u člověka 12-15 miliard v kůře mozkové) **nekoreluje s výkonností**, zvířata mají údajně i více neurocytů. Zdá se, že mnohem významnější je poměr neurocytů ke gliocytům (zásobování neurocytů):

Poměr neurocytů a gliocytů: savci 1:1, lidoopi 1:2, člověk 1:4-5, (Einstein 1:7).