Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra veterinárních disciplín (FAPPZ)

Kosterní sval, jeho funkční poruchy a možnosti terapie

Bakalářská práce

Kristýna Flenderová
Chov koní

prof. Ing. Mgr. Markéta Sedmíková, Ph.D.

© 2026 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kosterní sval, jeho funkční poruchy a možnosti terapie" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

Prohlašuji, že jsem nástroje AI využila v souladu s vnitřními předpisy univerzity a principy akademické integrity a etiky.

V Praze dne 25. dubna 2026 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Mgr. Markétě Sedmíkové, Ph.D. za její ochotu, trpělivé vedení, věnovaný čas, vstřícný přístup a cenné připomínky, které mi byly při zpracování této bakalářské práce velkou oporou.

Velké poděkování patří také mému manželovi a celé rodině za velkou podporu a povzbuzení po celou dobu studia i při zpracování této práce.

Kosterní sval, jeho funkční poruchy a možnosti terapie

Souhrn

Bakalářská práce se věnuje funkčním poruchám kosterního svalu u zvířat a možnostem jejich terapie, se zvláštním zaměřením na koně. Jejím cílem bylo shrnout poznatky o stavbě a funkci kosterního svalu, o mechanismech vedoucích ke vzniku jeho poruch a o možnostech jejich diagnostiky, terapie a rehabilitace v klinické veterinární praxi. Současně práce klade důraz na význam mezioborového přístupu, který propojuje anatomii, patologii, fyzioterapii a praktický management zvířete.

V teoretické části je popsána stavba kosterního svalu, typy svalových vláken, princip svalové kontrakce, energetický metabolismus a adaptační mechanismy na zátěž. Pozornost byla věnována také nervosvalové regulaci, regeneraci svalové tkáně a přehledu strukturálních i funkčních poruch kosterního svalu, jejich příčin, klinických projevů a dopadu na pohybový aparát.

Práce dále shrnuje specifika poruch svalového aparátu u psa, skotu a zejména u koně. U koní jsou jako klinicky významné zdůrazněny především metabolické myopatie, zejména rekurentní námahová rabdomyolýza a polysacharidová svalová myopatie, které výrazně ovlivňují toleranci zátěže, trénink i rehabilitační plán. Samostatná část je věnována diagnostice, která zahrnuje klinické vyšetření, palpaci, ultrasonografii, laboratorní a biochemické ukazatele, elektromyografii, magnetickou rezonanci a svalovou biopsii.

V části zaměřené na terapii a rehabilitaci práce ukázala, že léčba svalových poruch musí být komplexní a individuálně přizpůsobená. Shrnuty byly možnosti farmakologické léčby, fyzioterapie, aktivní pohybové terapie, fyzikálních metod, nutriční podpory i regenerativní medicíny. Dále je rozebrána rehabilitace koní s funkčními poruchami kosterního svalu. Práce dospěla k závěru, že funkční poruchy kosterního svalu představují komplexní problém, který vyžaduje propojení diagnostiky, terapie, prevence a mezioborové spolupráce.

Klíčová slova: kosterní sval, dysfunkce, rehabilitace koní, fyzioterapie, myopatie

Skeletal Muscle, its Functional Disorders, and Therapy Options

Summary

This bachelor's thesis examines functional disorders of skeletal muscle in animals and treatment options, with a particular focus on horses. Its aim was to summarize knowledge regarding the structure and function of skeletal muscle, the mechanisms leading to the development of its disorders, and the possibilities for their diagnosis, treatment, and rehabilitation in clinical veterinary practice. At the same time, the thesis emphasizes the importance of an interdisciplinary approach that integrates anatomy, pathology, physical therapy, and practical animal management.

The theoretical section describes the structure of skeletal muscle, types of muscle fibers, the principle of muscle contraction, energy metabolism, and adaptation mechanisms to exercise. Attention was also given to neuromuscular regulation, muscle tissue regeneration, and an overview of structural and functional disorders of skeletal muscle, their causes, clinical manifestations, and impact on the musculoskeletal system.

The paper further summarizes the specific characteristics of musculoskeletal disorders in dogs, cattle, and, in particular, horses. In horses, metabolic myopathies are highlighted as clinically significant, particularly recurrent exercise-induced rhabdomyolysis and polysaccharide myopathy, which significantly affect exercise tolerance, training, and rehabilitation plans. A separate section is devoted to diagnosis, which includes clinical examination, palpation, ultrasonography, laboratory and biochemical indicators, electromyography, magnetic resonance imaging, and muscle biopsy.

In the section focused on therapy and rehabilitation, the study demonstrated that the treatment of muscle disorders must be comprehensive and individually tailored. The possibilities of pharmacological treatment, physical therapy, active exercise therapy, physical methods, nutritional support, and regenerative medicine were summarized. Furthermore, the rehabilitation of horses with skeletal muscle dysfunction is discussed. The study concluded that skeletal muscle dysfunction represents a complex problem that requires the integration of diagnosis, therapy, prevention, and interdisciplinary collaboration.

Keywords: skeletal muscle, dysfunction, equine rehabilitation, physical therapy, myopathy

Obsah

1 Úvod 7

2 Cíl práce 9

3 Literární rešerše 10

3.1 Svalová soustava, kosterní sval a jeho funkce 10

3.2 Klasifikace a patofyziologické souvislosti funkčních poruch kosterního svalu 15

3.3 Diagnostika funkčních poruch kosterního svalu 25

3.4 Možnosti terapie a rehabilitace funkčních poruch kosterního svalu 28

3.5 Rehabilitace koní s funkčními poruchami kosterního svalu 33

4 Závěr 37

5 Seznam použité literatury 39

6 Seznam použitých zkratek a symbolů 43

1 Úvod

Kosterní sval patří mezi nejvýznamnější tkáně v těle živočichů. Zajišťuje nejen samotný pohyb, ale také udržení správného postoje, podílí se na termoregulaci a má důležitou úlohu i v celkovém metabolismu organismu. U savců tvoří svalová hmota významnou část tělesné hmotnosti a její dobrý stav je proto zásadní pro zachování fyzické kondice, koordinace pohybů i vnitřní rovnováhy organismu. Základní principy fungování kosterního svalu jsou navíc u různých druhů velmi podobné. Člověk i zvířata, zejména pracovně či sportovně využívaní koně a psi, sdílejí obdobné mechanismy svalové kontrakce, tvorby energie i přizpůsobení organismu fyzické zátěži.

Na mikroskopické úrovni má kosterní sval velmi složitou stavbu. Je tvořen mnohojadernými svalovými vlákny, uvnitř kterých se nachází kontraktilní aparát uspořádaný do sarkomer, tedy základních funkčních jednotek svalového stahu. Samotná kontrakce vzniká na základě přesně řízené spolupráce aktinu a myozinu. Aby sval mohl správně pracovat, musí být zachován plynulý nervosvalový přenos, dostatek energetických zdrojů i stabilní vnitřní prostředí. Velmi důležitou roli přitom hraje vápník (Ca^{2+}) a jeho intracelulární koncentrace.

Svalová činnost má vysoké nároky na energii, proto organismus využívá několik způsobů, jak obnovovat adenosintrifosfát (ATP), který je pro svalovou práci nezbytný. Při krátkodobé a intenzivní zátěži se více uplatňuje fosfagenový systém (ATP-PCr) a anaerobní glykolýza. Naopak v klidu a při déle trvající vytrvalostní práci převažuje aerobní oxidace. To, jaký energetický systém bude v dané situaci převládat, závisí na charakteru zátěže i na zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, která se mezi sebou liší zejména metabolickou kapacitou a odolností vůči únavě.

Kromě samotné schopnosti svalu se stáhnout je pro správnou funkci pohybového aparátu důležitý také svalový tonus, tedy trvalé mírné napětí svalů. Tento stav je udržován reflexní činností proprioceptorů a řízen centrální nervovou soustavou. Fyziologický tonus je nezbytný pro stabilitu kloubů, správné držení těla i koordinovaný pohyb. Změny svalového tonu často patří mezi první známky poruch nervosvalového systému a mohou proto sloužit jako důležitý ukazatel vznikající dysfunkce.

Kosterní svaly jsou vzhledem ke široké škále svých funkcí v organismu náchylné k celé řadě poruch. Jejich příčina bývá často způsobena více faktory a může souviset s mechanickým poškozením, metabolickými poruchami, neurologickými deficity i geneticky podmíněnými změnami kontraktilních proteinů. Poruchy se obvykle projevují svalovou slabostí, bolestivostí nebo atrofií a mohou výrazně ovlivnit kvalitu života zvířete. U sportovních nebo pracovních zvířat, kde je kladen důraz vedle produkce i na výkon, navíc představují tyto poruchy v důsledku i významný ekonomický problém.

Funkční poruchy kosterního svalu představují významný problém, který může negativně ovlivnit pohyblivost, výkonnost i celkový zdravotní stav zvířete. Vzhledem k jejich častému výskytu a často vícefaktorovému původu je důležité zaměřit se nejen na jejich rozpoznání a diagnostiku, ale také na možnosti prevence a následné rehabilitace.

Významnou výhodou při studiu svalových poruch je skutečnost, že patofyziologické procesy u lidí a zvířat jsou si v mnoha ohledech velmi podobné. Díky tomu je možné řadu poznatků z humánní medicíny přenést a využít také ve veterinární praxi. Moderní veterinární rehabilitace dnes stále častěji vychází z principů humánní fyzioterapie a sportovní medicíny a přizpůsobuje je specifickým potřebám zvířecích pacientů. Tato bakalářská práce se proto zaměřila na shrnutí současných poznatků o stavbě a funkci kosterního svalu a na možnosti využití těchto znalostí ke správné diagnostice a vhodné terapii svalových poruch v klinické veterinární praxi.

2 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce bylo shrnout současné poznatky o funkčních poruchách kosterního svalu.

Pozornost byla věnována především příčinám, vnějším projevům, diagnostice a možnostem terapeutického ovlivnění svalových dysfunkcí, včetně mechanismů vedoucích k jejich vzniku, a také faktorům, které lze ovlivnit vhodným způsobem chovu, tréninku či zátěže a správně zvolenými rehabilitačními postupy.

Práce si zároveň kladla za cíl podpořit mezioborový přístup propojující poznatky z anatomie, patologie a fyzioterapie. Právě toto propojení je důležité pro lepší porozumění svalovým poruchám a zároveň představuje důležitý krok ke zlepšení zdravotního stavu, výkonnosti i welfare zvířat v moderním chovu a sportu.

3 Literární rešerše

3.1 Svalová soustava, kosterní sval a jeho funkce

Svalová soustava tvoří aktivní část pohybového aparátu. Je složena ze svalů a jejich pomocných struktur. Samotný pohybový aparát patří mezi základní orgánové soustavy těla a zahrnuje svaly, šlachy, chrupavky, vazy, pojivové tkáně i nervy. Svalová hmota přitom tvoří přibližně 40 % celkové tělesné hmotnosti. Svaly jsou pro organismus nezastupitelné, protože umožňují pohyb, podílejí se na udržení postoje, pomáhají při dýchání, chrání vnitřní orgány a zároveň slouží jako místo ukládání minerálů, tuků a sacharidů ve formě glykogenu. Významnou roli mají také při tvorbě tělesného tepla, pohybu látek v organismu a podpoře oběhového systému (Denoix, 2019).

Z hlediska stavby a funkce rozlišujeme tři základní typy svalové tkáně: kosterní, srdeční a hladkou svalovinu. Každý z těchto typů má v organismu své specifické postavení a funkci. Vzhledem k zaměření této práce byla další pozornost věnována především kosterní svalovině.

Struktura a funkce kosterního svalu

Kosterní svalovina tvoří největší část svalové hmoty v těle zvířete a je pro ni typické příčné pruhování. Její svalová vlákna nejsou rozvětvená a na rozdíl od srdeční svaloviny neobsahují interkalární disky. Každé jednotlivé vlákno je proto aktivováno samostatným nervovým impulsem (Čihák, 2011).

Základní funkcí kosterního svalu je schopnost zkrácení, tedy kontrakce, ke které dochází při nervově zprostředkované stimulaci vápníkem. Díky tomu svaly umožňují pohyb těla (lokomoci) a zároveň pomáhají udržovat polohu jeho jednotlivých částí (posturu).

Z pohledu fyzioterapeuta je důležité mít na paměti, že účinek kosterního svalu se v důsledku funkčního spojení často projevuje i ve vzdálenosti od místa jeho anatomického uložení. To znamená, že síla vznikající při kontrakci se může přenášet na jinou část těla. Aby byl pohyb možný, je sval jedním koncem připojen k méně pohyblivé části skeletu a druhým koncem, přímo nebo prostřednictvím šlachy, ke kosti pohyblivější. V této souvislosti rozlišujeme odstup a úpon svalu. Při kontrakci se odstup a úpon přibližují, čímž vzniká pohyb mezi dvěma kostmi nebo mezi jednotlivými částmi těla (Čihák, 2011).

Podle funkce lze jednotlivé svaly rozdělit také podle typu pohybu, který vykonávají. Rozlišujeme ohýbače neboli flexory, natahovače neboli extenzory, přitahovače neboli adduktory a odtahovače neboli abduktory.

Pro úplnost je vhodné zmínit i kosterní svalovinu tvořící svěrače neboli sfinktery. Tyto svaly mají kruhovité uspořádání a uzavírají tělní otvory. Pro tuto práci však nejsou stěžejní.

Organizace kosterního svalu

Kosterní sval je složitě uspořádaný orgán, jehož funkce závisí nejen na samotných svalových vláknech, ale i na vazivových strukturách, které je obklopují a propojují. Celý sval je na povrchu kryt pevnou vazivovou vrstvou označovanou jako *epimysium.* Tato vrstva dále přechází do *perimysia*, které rozděluje sval do jednotlivých snopců. Každé svalové vlákno je pak obklopeno nejjemnější vrstvou vaziva, *endomysiem.* Tato intramuskulární pojivová tkáň (IMCT) vytváří souvislou trojrozměrnou síť, která pomáhá udržovat strukturální celistvost svalu a zároveň umožňuje přenos kontrakční síly mezi sousedními vlákny a snopci ještě předtím, než se síla soustředí do šlachy (Peña-Amaro, 2021).

Pro mechaniku pohybu je důležitý i způsob, jakým sval navazuje na své pomocné struktury. Úpon bývá nejčastěji tvořen šlachou, jejíž kolagenní vlákna typu I plynule přecházejí do periostu a následně do kompaktní kostní tkáně (Čihák, 2011). Pokud je potřeba rozložit tah na větší plochu, nachází se místo šlachy aponeuróza, tedy plochý a široký vazivový list (Reece, 2011). Významnou součástí svalového systému je také fascie. Hluboká fascie obaluje svalové skupiny, umožňuje jejich vzájemný pohyb vůči okolním strukturám a zároveň vytváří funkční propojení mezi většími oblastmi těla, například v rámci celé končetiny (Peña- Amaro, 2021).

Součástí svalové organizace jsou i proprioceptivní smyslové receptory, především svalová vřeténka. Ta reagují na změnu délky svalu a sledují jeho protažení. Centrální nervové soustavě tak poskytují důležitou zpětnou vazbu, která je nezbytná pro koordinaci pohybu i udržení stability postoje (Schiaffino a Reggiani, 2011).

Mikroskopická struktura kosterního svalu

Základní stavební jednotkou kosterního svalu je svalové vlákno, tedy mnohojaderná buňka kosterní svaloviny. Jeho vnitřek vyplňují myofibrily, které jsou uspořádány do pravidelně se opakujících úseků. Toto uspořádání dává kosterní svalovině typický příčně pruhovaný vzhled.

Základními opakujícími se úseky myofibril jsou sarkomery. Každá sarkomera je ohraničena Z - liniemi, do nichž jsou ukotvena tenká aktinová filamenta. Ve střední části sarkomery se nacházejí tlustá myozinová filamenta. Pravidelné uspořádání těchto struktur vytváří střídání světlého I - pásu, v němž převažují aktinová filamenta, a tmavého A - pásu, který odpovídá úseku s myozinovými filamenty a v jehož okrajových částech se aktin a myozin překrývají. Právě toto uspořádání je podkladem charakteristického příčně pruhovaného vzhledu kosterní svaloviny v mikroskopu (Schiaffino a Reggiani, 2011).

Kromě aktinu a myozinu je pro zachování uspořádání sarkomery důležitý také titin. Tento protein probíhá od Z - linie k M - linii a má zásadní význam pro stabilitu i pasivní pružnost svalového vlákna. Zároveň pomáhá udržovat správnou polohu myozinových filament uvnitř sarkomery (Linke, 2018).

Typy svalových vláken

Svalová vlákna v kosterním svalu nejsou jednotná. Liší se schopnostmi kontrakce i metabolickými vlastnostmi, což souvisí především s typem variant myozinu, které obsahují. Díky této různorodosti mohou některé svaly lépe zajišťovat dlouhodobou posturální stabilitu, zatímco jiné jsou přizpůsobené pro rychlou a silnou kontrakci.

Základní dělení rozlišuje dva hlavní typy svalových vláken.

Vlákna typu I

(pomalá, oxidativní) obsahují větší množství myoglobinu a mají vysokou hustotu mitochondrií. Jejich metabolismus je převážně aerobní, a proto jsou velmi odolná vůči únavě. Typicky se uplatňují v posturálních svalech a u zvířat využívaných pro vytrvalostní výkon.

Vlákna typu II

(rychlá, glykolytická) jsou naopak uzpůsobena pro rychlý a silný svalový stah. Mají menší krevní zásobení a ve větší míře využívají anaerobní zdroje energie. V rámci této skupiny rozlišujeme zejména vlákna typu IIA, která mají kombinované oxidativně-glykolytické vlastnosti, a vlákna typu IIX, případně u některých druhů IIB, která se vyznačují rychlou, ale snadněji unavitelnou kontrakcí (Schiaffino a Reggiani, 2011).

Zastoupení jednotlivých typů vláken v konkrétním svalu je ovlivněno genetickou dispozicí, plemennou příslušností i funkcí daného svalu. Do určité míry se však může měnit v závislosti na věku, tréninku a celkovém managementu zvířete (Reece, 2011).

Kontrakce a metabolismus kosterního svalu

Ke kontrakci kosterního svalu dochází v důsledku přesně koordinovaného procesu, na němž se podílí nervový podnět, změny iontového prostředí i spotřeba energie. Sval se stahuje v reakci na elektrické impulzy přicházející z centrálního nervového systému. Tyto impulzy se šíří po motorických neuronech, které vstupují do svalu spolu s cévami a dále se větví až k jednotlivým svalovým vláknům. Přenos signálu z motorického neuronu na svalové vlákno probíhá v nervosvalové ploténce, tedy ve specializovaném chemickém spojení mezi nervem a svalem.

Po příchodu nervového impulzu se z nervového zakončení uvolňuje acetylcholin, který se váže na nikotinové receptory v oblasti motorické koncové ploténky. Tato vazba otevírá iontové kanály, umožní vstup sodíkových iontů do svalového vlákna a depolarizaci jeho membrány. Vzniklý akční potenciál se následně šíří po buněčné membráně (sarkolemě) a prostřednictvím T-tubulů do nitra svalového vlákna, kde vyvolá uvolnění vápenatých iontů ze sarkoplazmatického retikula. Tyto ionty jsou nezbytné pro zahájení kontrakce (Denoix, 2019).

Vápník se váže na troponin, konkrétně na podjednotku TnC, a tím vyvolá změnu regulačních proteinů na tenkém filamentu. Následně se posune tropomyozin, který odkryje vazebná místa na aktinu pro myozin. Myozinové hlavice se pak mohou navázat na aktin a vytvořit křížové můstky. Jejich opakované navazování a uvolňování, poháněné hydrolýzou ATP, umožňuje posun tenkých filament podél filament tlustých. Výsledkem je zkrácení sarkomery, a tím

i celého svalu. Délka samotných filament se přitom nemění, mění se pouze jejich vzájemná poloha. Tento princip je znám jako teorie posuvných filament (Sweeney a Hammers, 2018).

Na buněčné úrovni je pro tuto činnost nezbytné dostatečné množství ATP. Ten slouží nejen jako zdroj energie pro samotnou kontrakci, ale i pro odpojení myozinové hlavice od aktinu a pro činnost iontových pump, které obnovují původní iontové poměry po dokončení kontrakce. Kosterní sval proto musí ATP neustále resyntetizovat prostřednictvím několika energetických systémů. Při krátkodobé a intenzivní zátěži se více uplatňuje fosfagenový systém a anaerobní glykolýza, zatímco při déle trvající a méně intenzivní činnosti převažuje aerobní metabolismus. Schopnost svalu využívat jednotlivé zdroje energie souvisí také s typem svalových vláken a mírou jejich metabolické specializace.

Síla vznikající uvnitř sarkomery se dále přenáší prostřednictvím cytoskeletu a spojovacích proteinů na buněčný povrch a odtud přes dystrofin-glykoproteinový komplex a integriny do extracelulární matrix, šlachy a kosti. Neporušenost těchto struktur je zásadní jak pro účinný přenos síly, tak pro ochranu svalových vláken před mechanickým poškozením (Sweeney a Hammers, 2018).

Adaptace svalu na zátěž

Kosterní sval je vysoce plastická tkáň, která dokáže reagovat na změny mechanického zatížení, metabolických nároků i nervové aktivace. Adaptace na zátěž představuje soubor změn, které vedou ke zlepšení funkčních vlastností svalu, zvýšení jeho odolnosti vůči únavě a lepšímu zvládání opakované práce. Tyto procesy jsou důležité nejen pro růst výkonnosti, ale také pro prevenci svalových poruch. Z terapeutického hlediska je tato schopnost významná i v rehabilitaci po poškození svalové tkáně (Hoppeler a Flück, 2003).

Strukturální adaptace svalových vláken

Jedním z hlavních projevů adaptace svalu na zátěž je hypertrofie svalových vláken. Ta vzniká v důsledku zvýšené syntézy kontraktilních proteinů, především aktinu a myozinu. Je typická zejména pro silové či odporové zatížení a projevuje se zvětšením průřezu svalových vláken, zvláště vláken typu II. Na buněčné úrovni se na tomto procesu významně podílí aktivace signální dráhy PI3K/Akt/mTOR, která podporuje proteosyntézu a současně omezuje proteolytické procesy (Bodine a kol., 2001).

Vedle hypertrofie může docházet také ke změnám v uspořádání sarkomer. V závislosti na charakteru zatížení se mohou sarkomery přidávat paralelně nebo v sérii. Excentrická zátěž je spojována zejména s jejich přidáváním v sérii, což může zvýšit schopnost svalu pracovat ve větším rozsahu délky a snížit riziko poškození při protažení (Lieber a Fridén, 2000).

Tyto změny mají významný vliv na funkční odolnost svalu i na prevenci svalových lézí a kontraktur.

Metabolické adaptace a energetická efektivita

Opakovaná zátěž vede také k výrazným změnám v energetickém metabolismu svalové tkáně. Při vytrvalostním zatížení dochází ke zvýšení počtu a objemu mitochondrií, vyšší aktivitě oxidačních enzymů a zlepšení schopnosti oxidovat mastné kyseliny. Tento proces, označovaný jako mitochondriální biogeneze, souvisí především s působením transkripčního koaktivátoru PGC-1α *(peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha)*, který reguluje expresi genů odpovědných za oxidační metabolismus (Holloszy a Booth, 1976; Baar a kol., 2002).

Zároveň se zlepšuje kapilární zásobení svalu. Vyšší kapilární hustota umožňuje účinnější přívod kyslíku a živin i rychlejší odvod metabolitů. Tím se snižuje riziko lokální hypoxie při zátěži a omezuje se vznik svalové únavy. Tento typ adaptace je zvlášť významný u svalů dlouhodobě vystavených submaximálnímu zatížení, například u sportovních koní (Saltin a Rowell, 1980).

V kontextu rehabilitace dysfunkčního svalstva lze této vlastnosti využít k postupnému zvyšování tolerance tkáně na zátěž.

Adaptace typů svalových vláken

Součástí adaptační odpovědi svalu jsou také změny ve funkčním profilu jednotlivých svalových vláken. Přestože je základní typové složení svalu z velké části geneticky podmíněno, opakovaná zátěž může vést k posunům mezi jednotlivými subtypy, zejména mezi vlákny typu IIx a IIa. Vytrvalostní zatížení podporuje posun k oxidativnějšímu fenotypu, zatímco silový trénink zvyšuje schopnost rychlých vláken produkovat sílu (Pette a Staron, 2000). Tyto změny se následně promítají do funkčních vlastností svalu, například do rychlosti kontrakce, odolnosti vůči únavě a regenerační kapacity.

Pochopení těchto změn je důležité zejména pro dlouhodobé plánování zátěže, tréninku a rehabilitačních postupů u koní s opakovanými svalovými problémy.

Nervosvalové adaptace

Kromě změn ve struktuře a metabolismu dochází při pravidelné zátěži také k adaptacím na úrovni nervosvalové regulace. Zlepšuje se synchronizace motorických jednotek, účinnost jejich aktivace i hospodárnost svalové práce. Tyto změny jsou výrazné zejména v počátečních fázích tréninku a významně přispívají ke zlepšení koordinace pohybu a stability kloubů (Enoka a Duchateau, 2017). Lepší nervosvalová kontrola má zároveň preventivní význam, protože napomáhá rovnoměrnějšímu rozložení zatížení mezi jednotlivé svalové skupiny a snižuje riziko lokálního přetížení.

Tyto poznatky mají přímé využití v terapii, kdy umožňují lépe cílit na obnovu koordinace, stability a správné svalové souhry.

Regenerace a adaptační rovnováha

Adaptace svalu na zátěž úzce souvisí s regenerací, která probíhá mezi jednotlivými zátěžovými jednotkami. Významnou roli v tomto procesu mají satelitní buňky, které se aktivují v reakci na mikrotraumata vznikající při zátěži a podílejí se na opravě a remodelaci svalových vláken. Pokud je však zátěž příliš vysoká nebo regenerace nedostatečná, může dojít k narušení této rovnováhy a následně ke vzniku chronických svalových poruch (Yin a kol., 2013).

Pro dlouhodobé zachování správné funkce svalu je proto zásadní vhodné dávkování zátěže, dostatek odpočinku a cílená rehabilitační péče. Tyto principy mají zvláštní význam zejména u sportovních a pracovních koní, u nichž je kvalita svalové adaptace jedním z důležitých faktorů výkonnosti i welfare.

Tyto poznatky zároveň tvoří širší východisko pro rozvoj moderních regeneračních přístupů, včetně využívaných metod, jimž se věnujeme dále v následujícím textu.

3.2 Klasifikace a patofyziologické souvislosti funkčních poruch kosterního svalu

Klasifikace a typologie svalových poruch

Funkční poruchy kosterní svaloviny tvoří širokou skupinu patologických stavů, které mohou vznikat v důsledku strukturálního poškození svalových vláken, poruch metabolismu nebo narušení nervosvalové regulace. Pro správnou diagnostiku, léčbu i prevenci je důležité tyto poruchy systematicky dělit podle příčiny, průběhu a klinických projevů. V souladu s klasifikací, kterou uvádí Valberg (2018), toto členění usnadňuje porozumění jejich vzniku a zároveň napomáhá výběru vhodného terapeutického postupu v humánní i veterinární medicíně.

Strukturální onemocnění a poškození svalu

Myopatie

Myopatie zahrnují rozsáhlou a různorodou skupinu onemocnění, která postihují přímo kosterní svalovou tkáň a narušují její kontrakční, metabolickou nebo regenerační funkci. Jejich podstatou je, že patologický proces vzniká přímo ve svalovém vlákně, nikoli druhotně v důsledku postižení nervového systému nebo šlachového aparátu (McGowan a kol., 2019). Klinicky se nejčastěji projevují svalovou slabostí, sníženou tolerancí zátěže, rychlejším nástupem únavy a někdy také bolestivostí nebo svalovými křečemi. Myopatie bývají spojeny s poruchami svalové struktury, metabolismu nebo iontových mechanismů a některé formy mohou být provázeny i rabdomyolýzou.

Z patofyziologického hlediska mohou myopatie souviset s poruchou kontraktilního aparátu, dysfunkcí sarkoplazmatického retikula a regulace iontů Ca^{2+}, poruchou mitochondriální funkce nebo defekty energetického metabolismu. Důsledkem těchto změn je snížená schopnost svalu vytvářet mechanickou sílu a obvykle i porucha převodu vzruchu na svalovou kontrakci (Valberg, 2018). Často se přidává také strukturální poškození svalových vláken a snížená regenerační schopnost.

Z etiologického hlediska se myopatie dělí na primární, tedy geneticky podmíněné, a sekundární, kam řadíme například poruchy metabolické, endokrinní, toxické, nutriční nebo zánětlivé. Toto dělení má zásadní význam pro diagnostiku i volbu léčby a používá se v humánní i veterinární medicíně.

Svalové dystrofie

Svalové dystrofie představují specifickou skupinu geneticky podmíněných myopatií, které se vyznačují postupným a nevratným poškozováním kosterní svaloviny. Hlavním mechanismem je porucha strukturálních proteinů svalového vlákna, které zajišťují mechanickou stabilitu buněčné membrány při kontrakci. Nejčastěji jde o defekt dystrofinu, klíčového proteinu dystrofin-glykoproteinového komplexu.

Pokud dystrofin chybí nebo je funkčně porušen, dochází k destabilizaci sarkolemy, zvýšení propustnosti buněčné membrány a následnému vstupu Ca^{2+} do svalového vlákna. To spouští další patologické děje, například aktivaci proteáz, mitochondriální dysfunkci a opakované cykly nekrózy s nedostatečnou regenerací (Valberg, 2018). Výsledkem je postupné nahrazování svalové tkáně vazivem a tukem, což vede k trvalému poklesu svalové síly a funkce.

Klinicky se svalové dystrofie projevují progresivní svalovou slabostí, poruchou pohybu a zhoršenou posturální stabilitou. Prognóza závisí na konkrétním typu dystrofie a rychlosti její progrese.

Zánětlivé myopatie

Zánětlivé myopatie představují skupinu získaných svalových onemocnění, jejichž společným znakem je přítomnost zánětu ve svalové tkáni. Patří sem zejména idiopatické zánětlivé myopatie, souhrnně označované jako myositidy. Tyto poruchy se obvykle projevují svalovou slabostí, bolestivostí a někdy také systémovými příznaky.

Z patofyziologického hlediska je pro ně typická infiltrace svalové tkáně imunitními buňkami, zvýšená produkce prozánětlivých mediátorů a následné poškozování svalových vláken.

V klinické praxi se rozlišují různé formy, například dermatomyozitida, imunitně zprostředkovaná nekrotizující myopatie nebo myozitida s inkluzními tělísky. Jak uvádí McGowan a kol. (2019), přesné určení typu zánětlivé myopatie je důležité pro diagnostiku, prognózu i volbu léčby.

Atrofie svalů

Atrofie kosterního svalu je stav, při kterém dochází ke zmenšení svalové hmoty v důsledku zmenšení velikosti svalových vláken, nikoli jejich počtu. Může vznikat při zachovaném nervovém zásobení jako atrofie z nečinnosti nebo jako následek poruchy nervového přenosu, tedy neurogenní atrofie. Jde o proces, který může mít zpočátku adaptivní charakter, při delším trvání je však jednoznačně patologický.

Na buněčné úrovni je atrofie spojena se sníženou syntézou kontraktilních proteinů a zvýšenou aktivací proteolytických systémů. Současně klesá hustota mitochondrií, zhoršuje se oxidační

kapacita svalu a snižuje se jeho energetická efektivita (Clayton a Hobbs, 2017b). Tyto změny vedou k poklesu svalové síly a nižší odolnosti vůči zátěži.

Klinicky se atrofie projevuje svalovou slabostí, zhoršenou koordinací pohybu a rychlejším nástupem únavy. Při dlouhodobém trvání přispívá k poruchám držení těla, nestabilitě kloubů a vzniku kompenzačních pohybových vzorců, které mohou dále zvyšovat riziko sekundárního poškození dalších struktur (Dyson a kol., 2018). Ve veterinární medicíně má svalová atrofie významný dopad na výkonnost, průběh rehabilitace i dlouhodobý welfare zvířat, zejména u sportovních koní.

Rabdomyolýza

Rabdomyolýza je akutní rozpad svalových vláken, při kterém se intracelulární proteiny, zejména myoglobin a kreatinkináza, uvolňují do krevního oběhu. U koní se nejčastěji vyskytuje v souvislosti s námahovými myopatiemi, zejména s námahovou rabdomyolýzou (*recurrent exertional rhabdomyolysis* – RER) nebo polysacharidovou myopatií (*polysaccharide storage myopathy* – PSSM). Valberg (2018) zdůrazňuje, že zatímco u RER hraje roli porucha intracelulární regulace vápníku, u PSSM jde o defekt v metabolismu glykogenu. V obou případech se jedná o závažný stav, který vyžaduje rychlou diagnostiku a cílený management.

Traumatická poškození svalu

Traumatická poškození svalu tvoří samostatnou skupinu strukturálních lézí vznikajících v důsledku přímého nebo nepřímého mechanického poškození. Patří sem především svalové natažení, kontuze a lacerace, případně částečné nebo úplné ruptury svalových vláken. Tato poranění se liší mechanismem vzniku, rozsahem poškození i funkčním dopadem.

Z klinického hlediska se projevují bolestivostí, omezením pohybu, poklesem svalové síly a podle rozsahu poranění také otokem nebo hematomem. Jejich význam spočívá nejen v akutním omezení funkce, ale i v riziku neúplného zhojení, vzniku fibrotické tkáně a následné poruše svalové souhry. Podle Walkera a kol. (2020) je z hlediska rehabilitace důležité správné rozpoznání typu a závažnosti poranění, protože to ovlivňuje volbu zátěže i načasování návratu k pohybu.

Fibrotická přestavba svalu

Chronické svalové poruchy nebo nedokonale zhojená svalová poranění mohou vést k fibrotické přestavbě svalové tkáně, při níž je funkční sval postupně nahrazován nefunkčním vazivem. Tento proces omezuje elasticitu, kontraktilitu i regenerační schopnost svalu a významně zhoršuje funkční výsledek léčby i rehabilitace (Haussler, 2019). Fibrotická remodelace je proto chápána spíše jako důsledek chronického poškození a neúplné regenerace než jako samostatná primární myopatie.

Vybrané funkční poruchy a syndromické projevy

Pro přehlednost je vhodné od strukturálních poruch odlišit také vybrané funkční poruchy a syndromické projevy, které tvoří samostatnou klinicky významnou skupinu. Liší se nejen svým patofyziologickým základem, ale také klinickým významem a terapeutickým přístupem.

Kontraktury

Kontraktury představují trvalé zkrácení svalové, šlachové nebo fasciální struktury, které omezuje pasivní i aktivní rozsah pohybu v příslušném kloubu. Na rozdíl od akutní svalové ztuhlosti jde o stav spojený se strukturální přestavbou tkáně, nikoli pouze o přechodné zvýšení svalového tonu. Nejčastěji vznikají po dlouhodobé imobilizaci, při chronické bolesti, neurologických lézích nebo po opakovaném svalovém poškození, kdy dochází k nadměrnému ukládání kolagenu a poklesu elasticity svalových vláken i pojivové tkáně (Lieber a Ward, 2011).

Na vzniku kontraktur se podílí vazivová přestavba svalové tkáně, zvýšená aktivita fibroblastů i změny v uspořádání extracelulární matrix. Dochází ke zkrácení sarkomer v sérii, zhoršení mechanických vlastností svalu a snížení jeho schopnosti reagovat na mechanické zatížení. Pokud nejsou kontraktury včas rozpoznány a léčeny, mohou být tyto změny nevratné (Williams a Goldspink, 1984).

Klinicky se kontraktury projevují omezením hybnosti, změnami posturální stability a bolestivostí při pasivním protažení. U koní mají v rehabilitační praxi významný dopad na biomechaniku pohybu, protože vedou ke kompenzačnímu přetěžování dalších svalových skupin a zhoršují prognózu návratu k plné funkčnosti. V prevenci je proto zásadní včasná mobilizace, cílená fyzioterapie a správný management zátěže (Haussler, 2019).

Spazmy

Svalové spazmy a křeče jsou náhlé, mimovolní a často bolestivé stahy svalových vláken, které vznikají v důsledku zvýšené nervosvalové dráždivosti. Na rozdíl od kontraktur jde o funkční poruchu bez trvalé strukturální přestavby tkáně, a bývá proto obvykle vratná. Spazmy mohou být místní i celkové a často se objevují v souvislosti s fyzickou zátěží, únavou nebo metabolickou nerovnováhou (Miller a kol., 2021).

Z hlediska příčin bývají spojovány především s poruchami iontové rovnováhy, zejména vápníku, hořčíku a draslíku, dále s dehydratací, nedostatečným prokrvením a poruchami nervosvalového přenosu. Důležitou roli hraje také zvýšená aktivita alfa-motoneuronů a snížená tlumivá funkce Golgiho šlachových tělísek, což vede k nadměrné reflexní aktivaci svalových vláken (Schwellnus a kol., 2018).

U koní se svalové spazmy často objevují při nadměrné zátěži, nedostatečné regeneraci nebo v souvislosti s metabolickými myopatiemi, jako je například RER. Klinicky se projevují ztuhlostí, bolestivostí svalů, omezením pohybu a někdy i výraznou neochotou k práci. Přestože bývají přechodné, jejich opakovaný výskyt může upozorňovat na hlubší poruchu svalového metabolismu nebo nevhodně nastavený tréninkový režim (McGowan a kol., 2019).

Myofasciální bolestivý syndrom

Myofasciální bolestivý syndrom je spojen s přítomností bolestivých spoušťových bodů ve svalové a fasciální tkáni, které mohou vyvolávat místní i přenesenou bolest. Vzniká nejčastěji v důsledku chronického přetížení, nevhodné biomechaniky pohybu nebo dlouhodobé svalové nevyváženosti. Projevuje se bolestivostí, zvýšeným svalovým napětím, omezením pohybu a poruchou svalové souhry. V rehabilitaci koní jde o významný, ale často přehlížený problém (Simons a kol., 1999).

Po vymezení hlavních strukturálních a funkčních poruch je dále vhodné zaměřit se na příčiny a mechanismy jejich vzniku.

Etiologie a patogeneze funkčních poruch kosterního svalu

Příčiny funkčních poruch kosterního svalu jsou různorodé a na jejich vzniku se zpravidla podílí více faktorů najednou. Jde o kombinaci vnějších i vnitřních vlivů, které mohou narušit strukturu svalové tkáně, její metabolickou rovnováhu nebo nervosvalovou regulaci. Mechanismus vzniku těchto poruch proto probíhá na několika úrovních zároveň, od molekulárních a buněčných změn až po poruchy celkové biomechaniky pohybu. Právě proto bývá často obtížné přesně určit příčinu poruchy a zvolit vhodný terapeutický postup (Powers a Howley, 2016).

Mechanické příčiny

Mechanické přetížení patří mezi nejčastější příčiny funkčních poruch kosterní svaloviny, zejména u sportovních a pracovních zvířat. Akutní poškození může vzniknout při náhlé excentrické kontrakci, nadměrném natažení svalu nebo v důsledku přímého úrazu. Na mikroskopické úrovni dochází k narušení struktury sarkomer, poškození cytoskeletu a buněčných membrán, což vede ke zvýšené propustnosti sarkolemy a vstupu Ca^{2+} do svalového vlákna (Lieber a Fridén, 2000).

Chronické mechanické přetěžování souvisí s hromaděním mikrotraumat, která nejsou dostatečně vyrovnávána regeneračními procesy. Opakované poškozování vede k přetrvávajícímu zánětu, aktivaci fibroblastů a postupné fibrotizaci svalové tkáně. Tím se snižuje pružnost svalu i jeho schopnost přizpůsobit se zátěži, což zvyšuje riziko vzniku kontraktur a dalších druhotných poruch pohybového aparátu (Lieber a Fridén, 2000).

Metabolické poruchy

Metabolické příčiny zahrnují poruchy energetického metabolismu, iontové i acidobazické rovnováhy. Pokud není dostatečně dostupné ATP, porušená resyntéza kreatinfosfátu nebo nefungují správně mitochondrie, snižuje se schopnost svalu se stahovat a dochází k rychlejšímu nástupu únavy. Negativní vliv má i hromadění metabolitů, například vodíkových iontů a anorganického fosfátu, které narušují vazbu vápníku na troponin a snižují citlivost kontraktilního aparátu svalu (Fitts, 2008).

Významnou roli hrají také poruchy minerální rovnováhy, především nedostatek hořčíku, vápníku a draslíku, které zvyšují nervosvalovou dráždivost a podporují vznik svalových křečí.

U koní se metabolické mechanismy výrazně podílejí na vzniku některých myopatií, například RER a PSSM, které souvisejí s poruchami regulace vápníku a s nadměrným ukládáním glykogenu ve svalových vláknech (McGowan a kol., 2019; Valberg, 2018).

Neurologické příčiny

Neurologické poruchy, které vedou ke svalové dysfunkci, mohou postihovat centrální i periferní nervový systém. Poškození periferních nervů nebo motorických neuronů vede k poruše nervosvalového přenosu a ke snížení aktivace svalových vláken. Dlouhodobé přerušení nervového zásobení pak způsobuje rychlý rozvoj atrofie, úbytek kontraktilních proteinů a pokles oxidační kapacity svalu (Enoka a Duchateau, 2017).

Na úrovni centrální nervové soustavy mohou poruchy koordinace motorických jednotek, změny reflexní regulace nebo porucha hlubokého čití vést k neúčelnému zapojení svalových skupin. Výsledkem bývá svalová nerovnováha, zvýšené mechanické zatížení některých svalů a vznik druhotných poruch pohybového aparátu. Tyto mechanismy jsou klinicky významné zejména u chronických neurologických onemocnění a u stavů spojených s bolestí, kdy dochází k ochrannému omezení svalové aktivity (Proske a Gandevia, 2012).

Infekční a toxické příčiny

Infekční onemocnění svalové tkáně, tedy myositidy, mohou být způsobena bakteriemi, viry, parazity nebo jejich toxiny. Jejich vznik zahrnuje přímé poškození svalových vláken patogenem, působení toxinů a zároveň i imunitně zprostředkovanou zánětlivou odpověď. Výsledkem bývá odumírání svalových vláken, otok, bolestivost a ztráta svalové funkce. U hospodářských zvířat mají význam hlavně bakteriální a parazitární infekce, které mohou vést i k závažným celkovým komplikacím (Puls, 1994).

Toxické myopatie vznikají po působení exogenních toxinů, některých léčiv nebo rostlinných jedů, které narušují buněčný metabolismus nebo poškozují svalovou membránu. Některé toxiny ovlivňují funkci mitochondrií, jiné zasahují do činnosti iontových kanálů nebo kontraktilních proteinů. Klinicky se toxické myopatie projevují akutní svalovou slabostí, bolestí a v těžkých případech i rabdomyolýzou (Dalakas, 2015).

Souvislosti vzniku a rozvoje svalových poruch

Ve většině klinických případů nepůsobí jednotlivé příčiny izolovaně, ale vzájemně se ovlivňují a kombinují. Nevhodně nastavený trénink může například vyvolat mechanické přetížení, které se při současné metabolické nerovnováze a nedostatečné regeneraci rozvine v chronickou svalovou dysfunkci. Právě porozumění těmto souvislostem je důležité pro správně nastavenou prevenci, cílenou terapii i rehabilitaci, zejména ve sportovní veterinární medicíně (Haussler, 2019).

Primární patologické mechanismy navíc často vedou i ke druhotným kompenzačním změnám, které mohou měnit klinický obraz onemocnění a způsobovat přetížení dalších struktur.

Kompenzační mechanismy a řetězení poruch

Při klinické diagnostice je důležité odlišit místo, kde se bolest nebo svalové napětí projeví, od skutečné primární příčiny. Lokální svalová dysfunkce, například ve formě zvýšeného napětí nebo spazmu, totiž často nepředstavuje hlavní problém, ale druhotnou kompenzační reakci. K tomu dochází tehdy, když některá primární svalová skupina nefunguje správně, například v důsledku úrazu, neurologického útlumu nebo bolestivé reakce, a její funkci začnou přebírat jiné svaly.

Tento jev, označovaný jako synergistická dominance, vede k chronickému přetěžování náhradních svalových skupin, které na takový typ zatížení nejsou anatomicky ani metabolicky dobře přizpůsobené. Klinické příznaky se pak mohou objevovat v oblastech, které byly původně zdravé, ale jsou dlouhodobě přetěžované, zatímco skutečná primární léze zůstává méně nápadná nebo klinicky skrytá (Clayton, 2013).

Pohybový aparát zvířete je proto třeba chápat jako propojený systém myofasciálních a kinetických řetězců, v němž se porucha jedné části často promítá i do vzdálenějších segmentů. Typickým příkladem je primární kulhání pánevní končetiny, které vede k asymetrickému zapojení svalstva trupu a následně k přetížení svalových skupin krku a plece na opačné straně těla (Hellsten a kol., 2024). Pokud je léčba zaměřena pouze na místo, kde se příznaky právě projevují, bývají recidivy časté. Diagnostický přístup by proto měl respektovat principy tahově tlakové rovnováhy neboli tensegrity a snažit se zachytit celý řetězec patologických změn (Haussler, 2019).

Klinické projevy a dopady na pohybový aparát

Funkční poruchy kosterního svalu se mohou projevovat širokou škálou příznaků. Jejich charakter i závažnost závisí na příčině, rozsahu postižení a délce trvání problému. Tyto projevy se netýkají pouze samotné svalové tkáně, ale často se zároveň promítají také do funkce šlach, kloubů a celkové koordinace pohybu. Včasné rozpoznání těchto změn je zásadní pro správnou diagnostiku, prevenci chronických následků i účinnou rehabilitaci (Powers a Howley, 2016).

Senzorimotorické a metabolické symptomy

Svalová slabost patří mezi nejčastější a klinicky nejvýznamnější projevy funkčních poruch kosterní svaloviny. Jde o sníženou schopnost svalu vyvinout odpovídající sílu při volní nebo reflexní kontrakci. Slabost může vznikat v důsledku poruchy kontraktilního aparátu, nedostatečné aktivace motorických jednotek, energetického nedostatku nebo strukturálního poškození svalových vláken. V klinické praxi bývá často spojena s rychlejším nástupem únavy, která souvisí se sníženou odolností svalu vůči zátěži (Enoka a Duchateau, 2017).

Svalová únava je složitý jev, na kterém se podílejí periferní i centrální mechanismy. Na periferní úrovni hraje roli vyčerpání energetických zásob, hromadění metabolitů, porucha rovnováhy vápníku a snížená citlivost kontraktilních proteinů. Centrální složka únavy souvisí se sníženou aktivací motorických neuronů a s ochrannými mechanismy centrální nervové soustavy. U koní se svalová slabost a únava často projevují sníženou ochotou k práci, poklesem

výkonnosti a neschopností udržet požadovanou kvalitu pohybu při delší zátěži (McGowan a kol., 2019).

Častým příznakem akutních i chronických svalových poruch je také bolestivost. Může být vyvolána zánětlivou reakcí, nedostatečným prokrvením, mikrotraumaty nebo metabolickou nerovnováhou. Aktivace receptorů bolesti ve svalové tkáni vede k reflexnímu zvýšení svalového tonu, což dále zhoršuje místní prokrvení a podporuje vznik začarovaného kruhu mezi bolestí a svalovým napětím (Proske a Gandevia, 2012). Tento mechanismus vede k dalšímu hromadění látek vyvolávajících bolest a k prohlubování tkáňové acidózy, čímž se svalová dysfunkce dále upevňuje.

Změny svalového napětí se mohou projevit buď jako hypertonie, tedy zvýšené klidové napětí svalu, nebo jako hypotonie, při níž je oslabená stabilizační funkce svalu. Hypertonie bývá nejčastěji spojena s bolestí, ochrannými reflexy a poruchou nervosvalové regulace. Hypotonie se naopak objevuje hlavně u chronických myopatií, atrofie při poruše nervového přenosu nebo některých neurologických lézí. Klinicky se tyto stavy projevují ztuhlostí, omezením rozsahu pohybu a ztrátou přirozené elasticity svalové i fasciální tkáně (Sherrington, 2013).

Změny pohybu a posturální stability

Poruchy kosterní svaloviny se výrazně promítají do změn pohybového stereotypu i posturální stability. Narušená funkce jednotlivých svalových skupin vede k asymetrickému zatížení končetin, změně délky kroku i k poruchám rytmu a koordinace pohybu. U koní se tyto dysfunkce mohou projevit nepravidelným chodem, zkrácením kraniální fáze kroku, tedy před svislou osou končetiny, ztrátou elasticity pohybu nebo neschopností správně zapojit hřbetní svalstvo do lokomoce (Clayton a Hobbs, 2017a).

Dlouhodobé svalové dysbalance narušují rovnováhu mezi agonisty a antagonisty, což negativně ovlivňuje stabilitu kloubů a zvyšuje mechanické zatížení pasivních struktur pohybového aparátu. Změny posturálního uspořádání mohou zahrnovat poruchy držení páteře, změny osového zatížení končetin i fixaci kompenzačních pohybových vzorců. Tyto adaptace sice krátkodobě umožňují zachovat schopnost pohybu, z dlouhodobého hlediska však urychlují rozvoj druhotných poruch pohybového aparátu (Dyson a kol., 2018).

Reciproční biomechanická interakce s kopytním aparátem

V praxi se ukazuje, že stav kopytního pouzdra může mít v diagnostice a rehabilitaci koně zvláštní význam, protože změny jeho morfologie mohou odrážet dlouhodobé biomechanické dysbalance a zároveň se na jejich vzniku podílet.

Při hodnocení funkčních poruch svalového aparátu koně je proto vhodné zohlednit také stav kopytního pouzdra. Důležitým, ale často opomíjeným důsledkem chronických svalových a posturálních poruch jsou změny jeho tvaru. Dlouhodobě nesprávné osové zatížení prstu, vyvolané proximální svalovou bolestí nebo spazmem, vede k nerovnoměrnému rozložení tlaku na kopytní stěnu. To může postupně vyústit ve vnitřně-zevní nerovnováhu, deformaci kopytní stěny, například tvorbu tzv. „sukně“, tedy nesymetrického rozšíření kopyta, a změnu úhlu kopytní kosti vůči podložce (O’Grady, 2013).

Myofasciální řetězce, které propojují svalové skupiny od hlavy až po distální části končetin, vysvětlují, jak se například chronické svalové napětí v oblasti krku nebo hřbetu může promítat až do úrovně kopytního pouzdra, kde v důsledku nerovnoměrné stimulace dochází k asymetrickému růstu nebo naopak k nerovnoměrnému opotřebení rohoviny (Elbrønd a Schultz, 2021).

Vztah mezi kopytem a proximálními svalovými skupinami je obousměrný. Stejně jako mohou proximální poruchy ovlivnit kopyto, může být i nevhodná morfologie kopytního pouzdra primární příčinou svalového přetížení. Narušení mediolaterální nebo kraniokaudální rovnováhy, například při konfiguraci kopyta s dlouhou špicí a nízkými patkami, ale i při asymetrii mezi pravým a levým kopytem (*high-low syndrome)*, výrazně mění orientaci kopytní kosti vůči podložce a následně i úhlové postavení kloubů prstu a celé končetiny. Tato biomechanická změna může vést k nadměrné kompenzační aktivitě svalových skupin pletence hrudní končetiny, trupu i pánevní končetiny a celé pánevní oblasti. Tyto svalové skupiny se následně podílejí na stabilizaci narušeného posturálního uspořádání a vyrovnávání změněných pákových poměrů končetiny (Moleman a kol., 2006; van Heel a kol., 2005).

Chronické přetěžování těchto svalových skupin pak vede k rozvoji myofasciální bolesti a dalším funkčním omezením. Klinicky se může stav jevit jako ortopedický problém v proximálních částech těla, i když skutečná příčina leží v distálním segmentu končetiny (Wigger a kol., 2015).

Sekundární strukturální změny a chronické následky

Chronické funkční poruchy kosterního svalu často vedou k druhotným strukturálním změnám v dalších částech pohybového aparátu. Přetěžování šlach a vazů v důsledku svalové nerovnováhy zvyšuje riziko onemocnění šlach, postižení úponových oblastí a dalších mikrotraumat. Současně dochází ke změnám kloubní biomechaniky, které mohou časem přispět ke vzniku degenerativních kloubních onemocnění (Lieber, 2017).

Také v samotné svalové tkáni může dlouhodobé přetížení nebo nedostatečná regenerace vést k fibrotické přestavbě, poklesu elasticity a zhoršení kontraktilní schopnosti. Tyto změny významně snižují účinnost rehabilitačních postupů a prodlužují dobu návratu k plné funkčnosti.

Právě proto je v klinické praxi zásadní včasné rozpoznání svalových poruch a komplexní přístup, který zahrnuje cílenou terapii, úpravu zátěže i preventivní fyzioterapeutická opatření, zejména u sportovních koní (Haussler, 2019).

Popsané projevy se mezi jednotlivými druhy zvířat liší v závislosti na anatomii, způsobu využití i metabolických vlastnostech svaloviny.

Specifika poruch svalového aparátu u vybraných druhů zvířat

Funkční poruchy kosterní svaloviny se u jednotlivých druhů zvířat výrazně liší. Důvodem jsou rozdíly ve stavbě těla, převládajícím typu svalových vláken, metabolických nárocích i způsobu využití daného druhu. Zatímco u některých zvířat je důležitější vytrvalost a úsporné energetické hospodaření, například u skotu, u jiných převažují požadavky na rychlost a výbušnou sílu, což je typické pro sportovní psy a koně. Tyto rozdíly se promítají nejen do klinického obrazu, ale

také do diagnostiky, léčby a prevence. Zohlednění druhových i plemenných specifik je proto zásadní pro úspěšnou terapii i rehabilitaci.

Funkční poruchy u psa

U psů se svalové poruchy vyskytují jak ve formě primárních geneticky podmíněných onemocnění, tak druhotně v souvislosti s neurologickými nebo ortopedickými poruchami. Významnou, i když méně častou skupinu tvoří svalové dystrofie, zejména formy spojené s poruchou dystrofinu, například Duchenneova muskulární dystrofie u zlatých retrívrů. Tyto poruchy mají velký význam i pro humánní medicínu, protože představují model obdobných onemocnění, která u člověka vedou k postupující svalové slabosti a atrofii (Walmsley a kol., 2018).

Mnohem častěji se však u psů setkáváme se získanými myopatiemi, které souvisejí s hormonálními poruchami, například s hypotyreózou nebo Cushingovým syndromem, případně s dlouhodobou imobilizací po úrazech. V rehabilitační praxi proto klademe velký důraz na udržení svalové hmoty, zejména u starších a neurologických pacientů, kde má cílená fyzioterapie zásadní význam v prevenci svalové atrofie (Millis a Levine, 2014).

Funkční poruchy u skotu

U skotu, který je typickým produkčním zvířetem, je svalový metabolismus přizpůsoben spíše dlouhodobé zátěži nižší intenzity a převažují zde pomalejší typy svalových vláken. Funkční poruchy svalů mají proto přímý dopad nejen na welfare, ale i na ekonomiku chovu. Typickým příkladem je nutriční myopatie, v literatuře někdy označovaná také jako nutriční svalová dystrofie telat. Vzniká při deficitu selenu a vitaminu E a vede k akutní degeneraci svalových vláken a v těžkých případech může končit úhynem (Puls, 1994).

Další poruchy bývají spojeny s infekcemi nebo traumatickým poškozením, například při porodu nebo dlouhodobém ulehnutí. Terapie i prevence jsou zde zaměřeny hlavně na správnou výživu a odpovídající zoohygienické podmínky (Radostits a kol., 2007).

Specifika funkčních poruch u koně

Kůň představuje z hlediska svalové fyziologie velmi specifický druh s mimořádně vysokými nároky na správnou funkci pohybového aparátu. Jeho svalovina obsahuje vysoký podíl vláken typu II, tedy rychlých vláken, což umožňuje vysokou výkonnost, ale současně zvyšuje citlivost na metabolické výkyvy a hromadění laktátu (Schiaffino a Reggiani, 2011).

Mezi nejčastější specifické poruchy patří metabolické myopatie, zejména rekurentní námahová rabdomyolýza (RER) a polysacharidová svalová myopatie (PSSM), které výrazně ovlivňují toleranci zátěže, průběh tréninku i rehabilitační postupy (Valberg, 2018). Klinicky se mohou projevovat ztuhlostí, neochotou k pohybu, bolestivostí hřbetu a v akutních stavech i rozpadem svalových vláken. Pro koně je navíc typické, že i relativně malá svalová nerovnováha může vést k výraznému poklesu sportovní výkonnosti a k druhotnému poškození šlachového aparátu (McGowan a kol., 2019).

Plemenná specifika a predispozice u koní

Metabolické vlastnosti svaloviny se u koní mezi jednotlivými plemeny liší a úzce souvisejí s jejich využitím i šlechtěním na určitý typ výkonu. Porozumění těmto rozdílům je důležité jak pro trénink, tak pro prevenci a rehabilitaci.

U plnokrevných plemen byla při šlechtění dlouhodobě upřednostňována rychlost a vysokointenzivní výkon. Jejich svalovina proto obsahuje vyšší podíl rychlých glykolytických vláken typu IIx a IIa. Tento metabolický profil je činí náchylnějšími k RER, která bývá často spuštěna kombinací stresu a vysokých dávek jadrného krmiva. Prevence proto vyžaduje pečlivé řízení zátěže a omezení stresových faktorů (Rivero a kol., 1993; Valberg, 2018).

U teplokrevných plemen, využívaných například v drezuře nebo parkuru, bývá poměr vláken typu I a IIa obvykle vyrovnanější. Tato plemena sice nebývají tak často postižena akutní rabdomyolýzou jako dostihoví koně, ale častěji se u nich objevují chronické svalové dysfunkce a mikrotraumata vznikající při opakované zátěži. V rehabilitaci je proto důraz kladen především na posturální stabilitu a symetrii pohybu (Haussler, 2019).

U chladnokrevných plemen a u Quarter Horse je častější genetická predispozice k PSSM typu 1, která souvisí s mutací v genu GYS1. U těchto koní dochází k nadměrnému ukládání abnormálního glykogenu, který sval nedokáže účinně využívat. Péče o tyto koně proto vyžaduje důsledná dietní opatření, zejména omezení cukrů a škrobů, zvýšený podíl tuků ve výživě a pravidelný, nikoli nárazový pohyb (Valberg a kol., 2013).

3.3 Diagnostika funkčních poruch kosterního svalu

Diagnostika funkčních poruch kosterní svaloviny je složitý proces, který často vyžaduje kombinaci klinického vyšetření, zobrazovacích metod a laboratorní analýzy. Protože příčiny svalových poruch bývají obvykle mnohostranné, je nutné hodnotit svalový aparát v souvislosti s celým pohybovým systémem a zároveň zohlednit i vlivy neurologické, metabolické a celkové. Správně zvolený diagnostický postup umožňuje nejen odhalit primární příčinu obtíží, ale také stanovit prognózu a navrhnout cílenou léčbu i rehabilitaci (McGowan a kol., 2019).

Klinické vyšetření a palpace

Základem diagnostiky je podrobné klinické vyšetření, které zahrnuje anamnézu, hodnocení postoje a posouzení pohybu zvířete v klidu i při zátěži. Důležitá je analýza pohybového stereotypu, symetrie osvalení, rozsahu pohybu v kloubech a celkové koordinace. U koní se sleduje zejména pružnost pohybu, zapojení hřbetního svalstva a reakce na zátěž v jednotlivých chodech (Dyson a kol., 2018). Součástí celkového posouzení u koně může být také hodnocení stavu kopytního pouzdra, které je úzce propojeno s funkcí pohybového aparátu.

Palpace svalové tkáně umožňuje posoudit svalové napětí, pružnost, bolestivost i přítomnost místních změn, jako jsou zatuhnutí, otoky nebo bolestivé body. Při vyšetření mohou být patrné také místní teplotní změny, protože zvýšená nebo snížená povrchová teplota často upozorňuje na oblast aktuálního problému. Zvýšené napětí a bolestivost mohou ukazovat na akutní přetížení nebo zánětlivý proces, zatímco snížené napětí a atrofie více odpovídají chronické

dysfunkci nebo neurologickému postižení. Palpační nález je důležitý také při sledování vývoje stavu během léčby a rehabilitace (Haussler, 2019).

Sonografie

Ultrasonografické vyšetření je šetrná, neinvazivní metoda, která umožňuje sledovat stav svalové tkáně v reálném čase. Pomáhá odhalit natržení nebo rupturu svalových vláken, krevní výrony, otok, změny spojené se zánětem i vazivovou přestavbu. V rehabilitaci je sonografie užitečná také proto, že umožňuje průběžně sledovat hojení a posoudit, jak zvolená léčba probíhá (Reef a kol., 2004).

Laboratorní a biochemické ukazatele

Laboratorní vyšetření se opírá především o sledování ukazatelů, které upozorňují na poškození svalů. Patří mezi ně zejména kreatinkináza (CK), aspartátaminotransferáza (AST), laktátdehydrogenáza (LDH) a myoglobin. Zvýšené hodnoty těchto ukazatelů obvykle znamenají, že došlo k poškození svalových vláken. Jejich hodnocení však vždy závisí i na tom, jak dlouho uplynulo od zátěže a jaký je celkový stav zvířete. Pokud je rozpad svaloviny výrazný, může se myoglobin objevit i v moči, která pak bývá tmavě zbarvená. U koní s podezřením na metabolické myopatie mají tyto ukazatele velký vypovídající význam (Valberg, 2018).

V praxi je velmi užitečné sledovat současně hodnoty CK a AST, protože jejich kombinace pomáhá lépe odhadnout, kdy ke svalovému poškození došlo. CK reaguje rychle a je citlivým ukazatelem akutního poškození svalových buněk, ale v krvi přetrvává jen krátce. AST se naopak zvyšuje pomaleji a její hodnota může zůstat zvýšená několik dní. U koní obvykle vrcholí přibližně 24 až 48 hodin po poškození svalu a zvýšená může být ještě 7 až 10 dní (Valberg, 2018).

Právě rozdílný průběh těchto dvou enzymů pomáhá rozlišit, zda poškození stále probíhá, nebo už odeznívá. Při akutním poškození bývají výrazně zvýšené CK i AST, což je typické například pro akutní epizodu rabdomyolýzy. Když se sval začíná hojit, může CK klesat nebo se vrátit do normy, zatímco AST zůstává ještě určitou dobu zvýšená. To ukazuje, že ke svalovému poškození došlo v předchozích dnech, ale aktivní rozpad svalových vláken už nepokračuje (McGowan a kol., 2019). U dlouhodobého poškození mohou být oba ukazatele zvýšené mírně, ale trvale.

Při hodnocení AST je však nutné myslet na to, že nejde o ukazatel typický pouze pro kosterní sval. Ve vyšší koncentraci se nachází také v játrech a v srdeční svalovině. Pokud je tedy zvýšená AST, ale CK zůstává v normě, je vhodné zvážit i možné postižení jater a případně doplnit další jaterní ukazatele, například gamaglutamyltransferázu (GGT) nebo sorbitoldehydrogenázu (SDH) (Dyson a kol., 2018). Správné vyhodnocení těchto výsledků je důležité nejen pro stanovení diagnózy, ale i pro rozhodnutí o další léčbě a o návratu zvířete do tréninku.

Při akutní rabdomyolýze může být výrazné zvýšení svalových enzymů doprovázeno také uvolněním velkého množství myoglobinu. Ten se rychle dostává přes ledviny do moči, která pak získává tmavě hnědou až kávovou barvu. Tento nález, označovaný jako myoglobinurie, je

důležitý nejen jako známka rozsáhlého poškození svalů, ale také jako varování před možným druhotným poškozením ledvin v důsledku působení myoglobinu (Valberg, 2018).

V praxi je sledování základních biochemických ukazatelů svalového poškození u koní dobře využitelné i mimo klinické prostředí, protože odběr krve lze provést ambulantně v terénu a vzorky následně laboratorně zpracovat. Metoda je běžně dostupná a při správné indikaci nepředstavuje výrazně nákladný diagnostický postup. Největší význam má zejména u akutních stavů a při opakovaném sledování vývoje svalového poškození nebo návratu do zátěže.

Elektromyografie, magnetická rezonance a další zobrazovací metody

Elektromyografie (EMG) slouží k hodnocení elektrické aktivity svalů a umožňuje rozlišit svalové a nervové postižení. Jde o vysoce specializovanou metodu, která se ve veterinární praxi využívá hlavně na výzkumných a univerzitních pracovištích. Analýza spontánní abnormální aktivity, změn amplitudy nebo frekvence akčních potenciálů poskytuje podrobné informace o funkčním stavu motorických jednotek. V klinické praxi je EMG nejvíce přínosná při podezření na neurologickou příčinu svalové dysfunkce (Preston a Shapiro, 2013).

Magnetická rezonance (MRI) je velmi citlivá metoda pro zobrazení hlubokých svalových struktur, otoku, zánětu nebo zjizvení tkáně. Ve veterinární medicíně je však její širší využití omezeno nejen cenou a dostupností, ale také velikostí pacienta. U malých zvířat nebo u distálních částí končetin velkých zvířat může poskytnout velmi cenné informace, ale u proximálních svalových skupin, například v oblasti hřbetu nebo zádě dospělého koně či skotu, je její využití technicky i prakticky velmi obtížné. Tato omezení souvisejí s konstrukcí přístrojů, potřebou celkové anestezie, dostupností specializovaných pracovišť i celkovou logistickou náročností.

V takových případech ji často nahrazuje kvalitní ultrasonografie nebo scintigrafie. Doplňkově lze využít také počítačovou tomografii (CT) nebo termografii (Zubrod a kol., 2004).

Biopsie svalové tkáně

Svalová biopsie je invazivní, ale velmi přesná diagnostická metoda, při které je možné podrobně vyšetřit svalovou tkáň z hlediska buněčných, tkáňových i genetických změn. Využívá se především při podezření na dědičně podmíněná svalová onemocnění, svalové dystrofie nebo zánětlivá onemocnění svalů. Mikroskopické vyšetření může odhalit odumřelá i nově se obnovující svalová vlákna, přítomnost zánětlivých buněk, vazivové přestavby nebo neobvyklé ukládání glykogenu (Dubowitz a kol., 2013).

Interpretace biopsie však vyžaduje správný výběr vyšetřovaného svalu, šetrný odběr i zkušeného patologa, protože výsledek může být ovlivněn stadiem onemocnění i předchozí zátěží. V praxi se proto biopsie často kombinuje s genetickým testováním, například při diagnostice PSSM u koní (Valberg a kol., 2012).

Diferenciální diagnostika

Diferenciální diagnostika funkčních poruch kosterní svaloviny je zásadní pro odlišení svalových onemocnění od poruch nervového systému, ortopedických onemocnění nebo systémových metabolických poruch. Klinické projevy, jako je svalová slabost nebo změna chůze, mohou totiž napodobovat kulhání, neurologický deficit i ortopedickou lézi. Proto je nezbytný komplexní přístup, který propojí klinické vyšetření, zobrazovací metody i laboratorní analýzy (Dyson a kol., 2018).

Při diagnostickém uvažování je navíc nutné zohlednit i vliv tréninku, výživy, věku a celkového zdravotního stavu zvířete. Právě správně stanovená diagnóza je základem cílené terapie a zároveň snižuje riziko chronických změn a druhotných komplikací pohybového aparátu.

3.4 Možnosti terapie a rehabilitace funkčních poruch kosterního svalu

Volba terapeutického a rehabilitačního postupu musí vycházet ze znalosti anatomické stavby a funkce kosterního svalu i z porozumění mechanismům, které vedou ke vzniku jednotlivých poruch. Poznatky o organizaci svalové tkáně, přenosu síly, nervosvalové regulaci, metabolickém zajištění kontrakce a adaptační schopnosti svalu vysvětlují, proč se jednotlivé dysfunkce projevují odlišně a proč vyžadují rozdílný terapeutický přístup. Stejně tak fyzioterapeutické hodnocení svalového tonu, koordinace pohybu, kompenzačních mechanismů a řetězení poruch tvoří důležitý podklad pro správné nastavení léčby, rehabilitace i prevence recidiv. Úspěšná terapie však zároveň vyžaduje komplexní pohled na koně jako na celek a musí respektovat nejen biologickou podstatu poruchy, ale i reálné podmínky, v nichž bude rehabilitace probíhat.

Při volbě konkrétní terapie je proto třeba zohlednit aktuální stav tkáně, rozsah poškození i individuální schopnost organismu reagovat na zátěž a regenerovat. V praxi se ukazuje, že jednostranně zaměřené terapeutické postupy bývají nedostačující, protože řeší především vnější projevy, nikoli vlastní příčinu problému. Současný přístup proto vychází z multimodální terapie, která propojuje režimová opatření, farmakologickou léčbu, cílenou fyzioterapii, fyzikální terapii a nutriční podporu (Powers a Howley, 2016; Haussler, 2019).

V návaznosti na principy humánní rehabilitační medicíny je vhodné zdůraznit, že řada funkčních poruch pohybového aparátu úzce souvisí s řízením pohybu a nervosvalovou koordinací. Kolář a kol. (2009) upozorňují na význam posturální stabilizace a správného nastavení kloubních segmentů, tedy centrace, jako základního předpokladu úsporného a bezpečného pohybu. Ve veterinární medicíně je však nutné tyto koncepty přizpůsobit specifikům zvířecí anatomie i omezeným možnostem aktivní spolupráce pacienta. Přesto tvoří důležitý teoretický rámec moderní rehabilitace.

Farmakologická léčba

Farmakologická léčba je důležitá hlavně v akutní fázi svalového poškození, kdy je potřeba zmírnit bolest, omezit zánět a snížit zvýšené svalové napětí. Nejčastěji se používají nesteroidní

antiflogistika (NSAIDs), která tlumí bolest, otok i zánětlivou reakci. Při jejich delším podávání je ale nutná opatrnost, protože mohou nepříznivě působit na ledviny a trávicí trakt. Z hlediska rehabilitace je navíc důležité, že přílišné tlumení bolesti může vést k předčasnému zatěžování poškozené tkáně a tím ke zhoršení stavu nebo návratu obtíží (McGowan a kol., 2019).

V některých případech lze léčbu doplnit přípravky, které pomáhají snížit nadměrné svalové napětí. Jejich využití je ve veterinární medicíně omezenější, ale při krátkodobém podání mohou být spolu s fyzioterapií přínosné (Dalakas, 2015). Podpůrný význam může mít také léčba zaměřená na omezení oxidačního stresu, která může napomoci regeneraci svalové tkáně (Powers a Jackson, 2008).

Fyzioterapie a fyzikální metody

Fyzioterapie patří k základním součástem léčby funkčních poruch kosterního svalu. Jejím cílem není jen zmírnit potíže, ale také podpořit obnovu funkce svalové tkáně, upravit porušené pohybové návyky a omezit kompenzační mechanismy, které mohou přispívat k návratu obtíží. Rehabilitační plán by proto měl být vždy individuální a přizpůsobený příčině poruchy, fázi hojení i budoucímu využití zvířete (Haussler, 2019). Volba, načasování i rozsah rehabilitace by přitom měly vycházet z veterinárního vyšetření a z mezioborové spolupráce veterinárního lékaře s fyzioterapeutem.

Součástí tohoto přístupu nejsou pouze aktivní a pasivní cvičební postupy, ale také manuální terapie, techniky práce s měkkými tkáněmi a vybrané fyzikální metody. Tyto postupy pomáhají ovlivnit bolest, svalové napětí i stav tkáně a zároveň připravují organismus na následnou aktivní rehabilitaci.

Je vhodné nevnímat sval jako izolovanou strukturu, ale jako součást širších funkčních souvislostí. Kolář (2009) zohledňuje význam posturální stabilizace a správného nastavení kloubů jako předpokladu úsporného a bezpečného pohybu. Ve veterinární rehabilitaci, zejména u sportovních koní, se tyto principy uplatňují především při práci s axiálním systémem, tedy v oblasti hřbetu, krku a pánve. Důraz je přitom kladen na souhru hlubokých stabilizačních svalů s povrchovými svalovými skupinami.

Manuální techniky a mobilizace měkkých tkání

Manuální terapie a práce s měkkými tkáněmi mají v rehabilitaci funkčních poruch kosterního svalu důležité místo. Patří sem zejména masáže, myofasciální uvolnění, postizometrická relaxace, tedy uvolnění svalu po jeho předchozí izometrické aktivaci, a další postupy, jejichž cílem je snížit zvýšené svalové napětí, zlepšit místní prokrvení a obnovit volný pohyb jednotlivých tkáňových vrstev. Největší význam mají tyto techniky u bolestivých, ztuhlých nebo dlouhodobě přetěžovaných svalových skupin a často slouží jako příprava před aktivním cvičením.

Myofasciální techniky se uplatňují především tam, kde dochází k omezení pohyblivosti měkkých tkání v důsledku chronického přetížení nebo delší imobilizace. Uvolnění fascií pomáhá obnovit vzájemný pohyb jednotlivých vrstev tkáně, a tím i plynulost pohybu jako celku (Haussler, 2019).

Vzhledem k propojení fasciálního systému se účinek ošetření nemusí omezovat pouze na místo zásahu, ale může se promítnout i do vzdálenějších oblastí těla a ovlivnit celkové pohybové souvislosti. Nejčastěji se tyto postupy využívají v subakutní a chronické fázi, kdy připravují svalovou tkáň na postupné zatěžování a zároveň snižují riziko přetrvávání nevhodných pohybových vzorců.

Stretching je potřeba zařazovat citlivě a vždy s ohledem na aktuální stav svalu. Statické protahování může být přínosné při prevenci kontraktur a při obnově přirozené délky zkrácených struktur, v akutní fázi poškození však může naopak zhoršit drobná svalová poranění. U koní se v posledních letech stále více využívá dynamický stretching formou tzv. *baited stretches*, tedy protahování pomocí pamlsků. Tato metoda spojuje protažení s aktivní svalovou prací a zároveň podporuje stabilizaci těla (Clayton a Hobbs, 2017b).

Zásadní součástí rehabilitace je aktivní pohybová terapie, protože právě ta umožňuje znovu obnovit správnou koordinaci pohybu a měnit pohybové návyky dlouhodobě. U koní s funkčními poruchami hřbetu je důležitá zejména aktivace břišního svalstva a hlubokých stabilizačních svalů páteře, především *m. multifidus.* Tím se ulevuje přetěžovaným povrchovým svalům, zejména *m. longissimus dorsi.* Tento přístup přispívá ke zlepšení stability, zvyšuje odolnost pohybového aparátu vůči zátěži a snižuje riziko druhotných ortopedických potíží (Clayton a Hobbs, 2017a).

Fyzikální metody a hydroterapie

Fyzikální terapie má v rehabilitačním plánu převážně podpůrný význam. Hydroterapie, zejména chůze na vodním trenažéru, umožňuje zapojení svalů při současném odlehčení kloubů díky vztlaku vody. Odpor vody navíc podporuje propriocepci a zvyšuje nároky na svalovou práci, což pomáhá budovat svalovou hmotu bez výrazného rizika přetížení (Millis a Levine, 2014).

V praxi se u koní využívá také infračervená termoterapie, často ve formě solária. Ta může pomoci uvolnit povrchově uložené svalové skupiny, zlepšit místní prokrvení a zmírnit ztuhlost, zejména před manuálním ošetřením nebo před zařazením aktivního cvičení. Její význam je však především přípravný a podpůrný.

Další možností je laserová terapie, která se využívá hlavně ke zmírnění bolesti, ovlivnění zánětlivé reakce a podpoře buněčného metabolismu v místě léze. U měkkých tkání může usnadnit přechod k aktivní fázi rehabilitace, sama o sobě však nenahrazuje cílenou pohybovou terapii.

Podobně podpůrně se uplatňují i další fyzikální metody, například pulzní elektromagnetická pole (PEMF) nebo terapeutický ultrazvuk (Haussler, 2019).

Regenerace a výživa kosterního svalu

Regenerace svalové tkáně je důležitou součástí léčby i návratu zvířete do plné zátěže. O tom, jak úspěšně bude probíhat, nerozhoduje jen rozsah poškození, ale také to, zda jsou pro hojení vytvořeny vhodné podmínky. Významnou roli zde hrají satelitní buňky, tedy klidové kmenové buňky uložené mezi bazální laminou a sarkolemou svalového vlákna. Při mechanickém

poškození nebo metabolickém stresu se v místě léze podílejí na opravě poškozených vláken i na tvorbě nových svalových struktur. Tím přispívají k obnově kontraktilního aparátu i celistvosti svalu (Yin a kol., 2013).

Aby regenerace probíhala správně, je nutné zachovat rovnováhu mezi zánětlivou odpovědí, opravou tkáně a její následnou přestavbou. Pokud je regenerační schopnost svalu nedostatečná nebo je zátěž obnovena příliš brzy, může být funkční svalovina postupně nahrazována vazivem. Fibrotická přestavba svalu pak snižuje jeho pružnost i schopnost kontrakce a zhoršuje dlouhodobou prognózu návratu k plné výkonnosti.

Výživa je pro regeneraci svalové tkáně velmi důležitá. Po svalovém poškození i po intenzivní zátěži se zvyšuje potřeba aminokyselin, které organismus využívá k obnově svalových bílkovin. Zvláštní význam má leucin, protože podporuje jejich novotvorbu, a tím přispívá k opravě svalových vláken i k obnově svalové hmoty po poškození (Powers a Jackson, 2008). Ve veterinární praxi je proto důležité zajistit dostatečný přísun kvalitních bílkovin a vhodně načasovat jejich podání, zejména po výkonu nebo v průběhu rehabilitace.

Pro regeneraci svalu nejsou důležité jen bílkoviny, ale také vitamin E, selen a další látky s antioxidačním účinkem. Při svalové zátěži vznikají sloučeniny, které mohou poškozovat buněčné struktury a zpomalovat hojení. Vitamin E a selen proto pomáhají chránit svalovou tkáň a podporují stabilitu svalových vláken. Jejich nedostatek je spojován s vyšším rizikem nutričních myopatií i s pomalejším zotavením po námaze (McGowan a kol., 2019). Důležité je také udržovat v rovnováze hladinu elektrolytů, především dostatečný přísun hořčíku, draslíku a vápníku. Jejich ztráty potem mohou zvyšovat nervosvalovou dráždivost a podporovat vznik svalových křečí.

Zvláštní význam má výživa u koní s metabolickými myopatiemi, zejména u polysacharidové svalové myopatie (PSSM). U těchto zvířat dochází k abnormálnímu ukládání glykogenu, a proto je nutné omezit obsah nestrukturálních sacharidů, tedy škrobu a cukrů, v krmné dávce. Cílem je zmírnit vzestup hladiny cukru v krvi po krmení i následnou inzulinovou odpověď, která podporuje další ukládání glykogenu. Část energetické potřeby je pak kryta vyšším podílem rostlinných tuků, což podporuje větší využití mastných kyselin jako zdroje energie a přispívá ke stabilizaci svalového metabolismu. U těchto pacientů je proto správně nastavená dieta zásadní součástí léčby a významně snižuje riziko opakovaných epizod rabdomyolýzy (Valberg a kol., 2012).

Z pohledu rehabilitace není regenerace svalové tkáně jen samovolný biologický proces, ale děj, který lze výrazně ovlivnit vhodně vedenou zátěží, dostatečným časem na hojení a správně nastavenou výživou. Právě propojení těchto faktorů je důležité pro obnovu svalové funkce i pro prevenci chronických následků.

Moderní trendy – regenerativní medicína a buněčná terapie

V posledních letech se ve veterinární sportovní medicíně stále více prosazuje posun od tradičních terapií zaměřených hlavně na tlumení zánětu k metodám regenerativní medicíny. Jejich cílem není pouze zhojení poškozené tkáně za cenu vzniku vazivové jizvy, ale co největší obnova původní struktury a funkce svalových i šlachových vláken (Fortier a Smith, 2008).

V koňské medicíně je zatím nejvíce klinických dat k dispozici v oblasti léčby poranění šlach a vazů, ale tyto poznatky jsou významné i pro problematiku kosterní svaloviny. Šlachové i svalové léze totiž sdílejí řadu společných biologických mechanismů, například nekontrolovaný zánět, poruchu mikrocirkulace, nadměrnou tvorbu vaziva a riziko přechodu do chronického stavu.

Mezi základní metody regenerativní medicíny patří mezenchymální kmenové buňky (MSCs) a plazma bohatá na destičky (PRP). U kmenových buněk se dnes předpokládá, že nepůsobí tak, že by přímo nahrazovaly poškozenou tkáň, ale spíše tím, že podporují vhodné podmínky pro hojení. Pomáhají tlumit přetrvávající zánět, podporují tvorbu nových cév a omezují vazivovou přestavbu, takže usnadňují vlastní regeneraci svalové tkáně (Yin a kol., 2013). Přehledové práce zároveň ukazují, že jejich použití, zejména v kombinaci s PRP, může snížit riziko opakovaného poranění, což je u sportovních koní velmi důležité (Burk a kol., 2022).

PRP působí jako místní zdroj látek, které podporují hojení a ovlivňují průběh zánětlivé reakce. Pro správné obnovení funkce svalové tkáně totiž nestačí jen oprava samotných svalových vláken, ale je důležité i dobré cévní zásobení a vhodná přestavba okolní tkáně. Pokud je vazivová přestavba příliš výrazná, snižuje se pružnost tkáně a zvyšuje se riziko opakovaného poškození při zátěži. Přehledové studie naznačují, že PRP může podpořit hojení i usnadnit návrat k pracovní zátěži, i když porovnání jednotlivých výsledků ztěžují rozdíly v přípravě a dávkování (Giraldo a kol., 2021).

Dlouhodobá sledování místního podání mezenchymálních kmenových buněk, často v kombinaci s PRP, navíc ukazují, že tento postup je bezpečný a může být přínosný i u závažnějších poškození závěsného aparátu (Broeckx a kol., 2019). Z praktického hlediska to naznačuje, že by tyto metody mohly mít v budoucnu širší využití i u některých svalových poruch, zejména u chronických lézí a opakovaných mikrotraumat, kde samotný klidový režim a běžná rehabilitace nemusí stačit. Propojení řízené zátěže s biologickou podporou hojení tak patří k nejperspektivnějším směrům současné veterinární rehabilitace.

Porovnání přístupů v humánní a veterinární medicíně

Přestože jsou základní biologické principy svalové kontrakce, hojení a regenerace u savců podobné, mezi humánní a veterinární medicínou existují v terapii a rehabilitaci podstatné rozdíly. Vyplývají zejména z odlišné anatomie a způsobu pohybu, tedy z rozdílu mezi pohybem po dvou a po čtyřech končetinách, ale také z jiných biomechanických nároků a omezené možnosti aktivní spolupráce zvířecího pacienta.

V humánní rehabilitaci je zásadní aktivní účast pacienta a možnost vědomě korigovat pohybový vzorec. Přístupy, jako je dynamická nervosvalová stabilizace podle Koláře (2009), využívají zpětnou vazbu a dechové stereotypy k aktivaci hlubokého stabilizačního systému. Ve veterinární praxi takto cílená volní aktivace konkrétních svalových skupin možná není. Terapeut proto pracuje spíše s reflexními odpověďmi, naučeným chováním a mechanickými podněty, které vedou k požadované pohybové reakci. U koní se například aktivace axiálního systému, tedy oblasti hřbetu, krku a pánve, dosahuje nepřímo, pomocí specifických cvičení

v terénu, práce na kavaletách nebo taktilní stimulace, která podporuje reflexní vyklenutí hřbetu (Clayton a Hobbs, 2017a).

Rozdíly se projevují také v diagnostických možnostech a v ekonomické stránce léčby. Zatímco v humánní medicíně je magnetická rezonance běžnou součástí diagnostiky svalových lézí, ve veterinární medicíně velkých zvířat je její využití omezeno technickými možnostmi i vysokými náklady. U koní se proto diagnostika opírá více o kvalitní ultrasonografii a důkladné dynamické klinické vyšetření (Haussler, 2019). Rozhodování ve veterinární praxi navíc často ovlivňuje ekonomická hodnota zvířete a předpokládaná možnost návratu do sportovního využití. Ekonomické hledisko ovlivňuje volbu mezi pokročilými regenerativními metodami a konzervativní terapií.

Společným trendem obou oborů je v posledních letech rostoucí důraz na myofasciální souvislosti a na hodnocení pohybového aparátu v rámci funkčních řetězců. Podobně jako v humánní medicíně se i ve veterinární praxi postupně opouští izolovaný pohled na poškozený sval a více se sledují vztahy v celém pohybovém systému (Millis a Levine, 2014). Tento přístup je blízký i fyzioterapeutickému uvažování, které nevychází pouze z místa bolesti, ale z hodnocení držení těla, kvality pohybu a vzájemných souvislostí mezi jednotlivými částmi pohybového aparátu. Právě v tom spočívá jeden z nejdůležitějších průsečíků mezi humánní a veterinární rehabilitací.

Lze tedy říci, že humánní rehabilitace poskytuje veterinární medicíně důležitý teoretický i metodický základ, ale přímý přenos humánních postupů na zvířecí pacienty není bez znalosti druhové biomechaniky a etologie možný. Další rozvoj oboru proto směřuje k mezioborovému propojení poznatků, které umožní přesněji nastavit rehabilitační strategie u sportovních zvířat a současně respektovat jejich biologické limity (McGowan a kol., 2019).

Tyto principy se velmi výrazně uplatňují právě u koní, u nichž jsou svalové dysfunkce úzce spojeny s vysokými nároky na výkonnost, koordinaci pohybu a dlouhodobou zatížitelnost pohybového aparátu. Z pohledu fyzioterapie přitom kůň představuje specifického pacienta, u něhož je třeba propojit znalost biomechaniky, pohybových souvislostí i praktických možností rehabilitace v terénu. Z tohoto důvodu je vhodné zaměřit se podrobněji na specifika rehabilitace koní s funkčními poruchami kosterního svalu.

3.5 Rehabilitace koní s funkčními poruchami kosterního svalu

U koní má rehabilitace funkčních poruch kosterního svalu zvláštní význam, protože i poměrně malé narušení svalové funkce se může výrazně promítnout do kvality pohybu, výkonnosti i zatížení dalších částí pohybového aparátu. U sportovních koní jsou navíc na správnou funkci svalů kladeny mimořádně vysoké nároky, a proto bývá i zdánlivě mírná svalová dysfunkce klinicky významná.

Rehabilitace proto nemůže být chápána jen jako soubor jednotlivých technik, ale jako cíleně vedený proces, jehož úkolem je obnovit svalovou funkci, koordinaci pohybu a omezit riziko opakování potíží. Základním předpokladem je individuální přístup, který zohledňuje příčinu

poruchy, fázi hojení, metabolické a plemenné predispozice i budoucí využití konkrétního koně. Současně je nezbytná mezioborová spolupráce veterinárního lékaře, fyzioterapeuta, trenéra, výživáře a v řadě případů i kováře, protože právě propojení těchto pohledů umožňuje správně a efektivně nastavit rehabilitační plán, zátěž i následnou péči. Nevhodně vedený nebo příliš rychle zintenzivněný rehabilitační postup může naopak vést k dalšímu přetížení tkání, narušení adaptačních mechanismů a rozvoji chronických dysfunkcí (Haussler, 2019).

Fáze rehabilitace svalových poruch u koní

Rehabilitace obvykle probíhá v několika navazujících fázích, které se mohou částečně překrývat, ale každá z nich má své specifické cíle.

V akutní fázi je hlavním problémem bolest, zánětlivá reakce a výrazné omezení funkce svalu. Cílem je omezit rozsah poškození, zvládnout bolest a zabránit dalšímu přetížení. Vhodný je klidový režim doplněný o krátký a přesně kontrolovaný pohyb na ruce. Uplatňují se šetrné manuální a fyzikální postupy zaměřené na zmírnění otoku, bolesti a reflexně zvýšeného svalového napětí. Aktivní posilování v této fázi vhodné není.

Subakutní fáze se zaměřuje na podporu regenerace a obnovu pružnosti tkáně, zlepšení místního prokrvení a postupné zvětšování rozsahu pohybu. Vedle cíleného cvičení zde nacházejí místo také techniky práce s měkkými tkáněmi, manuální terapie a podpůrné fyzikální metody, které připravují sval na postupné zatěžování. Důraz je kladen především na symetrii pohybu, správné zapojení požadovaných svalových skupin a podpůrných struktur, aby docházelo k odstraňování kompenzačních vzorců vzniklých v důsledku úlevového držení těla.

V chronické fázi a při návratu do zátěže se pozornost přesouvá na postupné zvyšování odolnosti tkáně, svalové síly, vytrvalosti a koordinace. Kůň se v této etapě připravuje na návrat do konkrétního tréninkového nebo pracovního režimu. Klíčové je přitom průběžně sledovat, jak na zátěž reaguje, a předcházet jejímu postupnému hromadění, které by mohlo vést k opětovnému přetížení nebo návratu potíží (McGowan a kol., 2019).

Fyzioterapeutické principy v rehabilitaci

Z pohledu fyzioterapie je důležité nevnímat problém jen jako místní postižení svalu, ale jako poruchu, která se promítá do celého pohybového systému. Pohyb je třeba chápat jako řízenou motorickou činnost, při níž záleží nejen na síle jednotlivých svalů, ale i na jejich souhře, načasování a schopnosti stabilizovat tělo při zátěži. V tomto ohledu jsou přínosné i poznatky humánní rehabilitace, které zdůrazňují význam posturální stability a správného nastavení kloubů pro kvalitní a bezpečný pohyb (Kolář a kol., 2009).

V rehabilitaci koní se tyto principy promítají především do práce s hřbetem, krkem, pánví a navazujícími svalovými řetězci. Cílem není pouze uvolnit bolestivé místo, ale obnovit kvalitní koordinaci pohybu a správné zapojení stabilizačních i pohybových svalů. V praxi to znamená spojení manuálních technik, práce s měkkými tkáněmi, aktivního cvičení a vhodně zvolených fyzikálních metod. Manuální ošetření a práce s měkkými tkáněmi pomáhají upravit svalové napětí, snížit bolestivost, podpořit tok lymfy a prokrvení a zlepšit kvalitu tkáně. Aktivní cvičení na tyto postupy navazuje obnovou správných pohybových souvislostí.

U koní má zásadní význam zejména aktivace hřbetního a břišního svalstva, koordinace pánevních končetin a schopnost správně přenášet těžiště. Důležitou součástí rehabilitačních programů je proto práce ze země, cvičení na kavaletách, využití různých povrchů, balanční cvičení nebo práce na podložkách, které podporují kontrolovanou aktivaci posturálních svalů bez zatížení jezdcem.

V praxi bývá důležitou součástí rehabilitace také řízené cvičení, které fyzioterapeut zadává jako soubor konkrétních úkolů pro navazující práci s koněm. Úspěch těchto postupů přitom závisí na dobré součinnosti s trenérem nebo majitelem, protože právě pravidelná a správně vedená práce rozhoduje o tom, jak se terapeutický plán promítne do běžného pohybu koně. (Clayton a Hobbs, 2017a).

Vliv metabolických a plemenných predispozic na rehabilitaci

Rehabilitační plán musí vždy respektovat také metabolický profil a plemenné zvláštnosti konkrétního koně. U jedinců se sklonem k metabolickým myopatiím, například k RER nebo PSSM, je mnohem vhodnější nastavit pravidelnou zátěž nízké až střední intenzity, která podporuje aerobní metabolismus. Výraznější nepravidelnost v tréninku nebo náhlé zvýšení intenzity zejména u těchto koní významně zvyšují riziko opakování potíží (Valberg, 2018).

U teplokrevných sportovních plemen bývá rehabilitace častěji zaměřena na nápravu dlouhodobých svalových dysbalancí, které vznikají při jednostranné zátěži, nevhodně vedeném tréninku nebo technických chybách při práci s koněm. Také zde je proto důležité propojit vlastní fyzioterapii s úpravou tréninkového režimu, managementu a způsobu zatěžování.

Rehabilitační přístup u vybraných poruch

Rehabilitace po epizodě námahové rabdomyolýzy (RER)

Bezprostředně po akutní atace je nejdůležitější stabilizovat metabolický stav a zabránit dalšímu poškození svalové tkáně. Klidový režim je vhodný pouze krátkodobě, protože delší nečinnost podporuje rozvoj atrofie a zhoršuje schopnost svalu znovu se přizpůsobit zátěži. V subakutní fázi je základem pravidelná chůze na ruce nebo pod sedlem s důrazem na klidný, uvolněný pohyb. Vhodným doplněním mohou být šetrné manuální techniky a podpůrné fyzikální metody, které pomáhají uvolnit zvýšené svalové napětí a usnadnit přechod k aktivní práci. Zátěž je nutné zvyšovat velmi pozvolna a vždy sledovat, zda se znovu neobjevuje ztuhlost nebo bolestivost svalů (McGowan a kol., 2019). Dlouhodobý úspěch přitom závisí také na důsledném dodržování dietních opatření.

Rehabilitace svalové atrofie

Obnova svalové hmoty je dlouhodobý proces, který vyžaduje pravidelnou a postupně rostoucí mechanickou stimulaci. Základem je aktivní pohybová terapie, která podporuje obnovu svalové tkáně i postupný návrat funkce. Manuální terapie a práce s měkkými tkáněmi zde mají především podpůrný význam, protože pomáhají zlepšit stav tkáně a připravit sval na aktivní zatížení. Velký důraz se klade na posílení hlubokých stabilizačních svalů páteře a břišního svalstva, protože právě tyto struktury jsou pro stabilitu trupu zásadní. Nezbytnou součástí léčby

je také odpovídající výživa s dostatečným přísunem kvalitních bílkovin a aminokyselin (Haussler, 2019).

Řešení chronického svalového přetížení

U chronického přetížení nestačí ošetřit pouze bolestivé nebo hypertonní svaly. Důležité je změnit celý pohybový stereotyp a obnovit funkční rovnováhu mezi přetíženými a oslabenými svalovými skupinami. V praxi se proto kombinuje manuální ošetření, práce s měkkými tkáněmi a aktivní cvičení. Podpůrně lze využít také fyzikální metody, například termoterapii nebo laser, které mohou zmírnit bolestivost a zlepšit toleranci následného cvičení. Vlastní rehabilitace se pak opírá především o korektní práci na kavaletách, správné ohýbání, přechody mezi chody a další postupy, které podporují zapojení zadních končetin a aktivní práci hřbetu (Clayton a Hobbs, 2017b).

Cílem je nejen snížit aktuální přetížení, ale především změnit způsob, jakým kůň své tělo při pohybu používá. Tento přístup je důležitý i u koní s myofasciální bolestivostí, kde bývá problém udržován nejen místním přetížením, ale i poruchou celkové svalové souhry.

4 Závěr

Kosterní sval je vysoce specializovaná a zároveň velmi přizpůsobivá tkáň, jejíž správná funkce je zásadní pro fyziologický chod pohybového aparátu u člověka i u hospodářských a zájmových zvířat. Tato bakalářská práce je zaměřená na problematiku kosterní svaloviny z hlediska její anatomie a fyziologie, její nejčastější funkční poruchy a možnosti jejich terapie a rehabilitace, a to zejména s ohledem na biomechanická a metabolická specifika koní.

Z provedené literární rešerše vyplynulo, že funkční poruchy kosterního svalu mají multifaktoriální původ. Na jejich vzniku se podílejí mechanické, metabolické, neurologické i infekční vlivy, které se v praxi často navzájem kombinují. Tyto poruchy se nejčastěji projevují svalovou slabostí, bolestivostí a změnami pohybových stereotypů. Práce zároveň ukázala, že svalové dysfunkce nelze chápat jen jako izolovaný problém jedné konkrétní oblasti. Ve skutečnosti jde často o komplexní poruchu, která ovlivňuje celý pohybový aparát prostřednictvím myofasciálních řetězců a fenoménu synergistické dominance. Pokud nejsou tyto dysbalance včas rozpoznány a řešeny, vedou postupně i k druhotným změnám ve šlachách a kloubech. O to důležitější je včasná diagnostika a správná interpretace klinických příznaků.

Největší diagnostickou výpovědní hodnotu má kombinace klinického vyšetření, palpace, zobrazovacích metod a laboratorních ukazatelů. Za zvlášť důležité lze považovat biochemické vyšetření svalových enzymů, především CK a AST, ve spojení s ultrasonografickým hodnocením svalové tkáně. Právě tento komplexní přístup umožňuje nejen odhalit primární lézi a odlišit akutní poškození od chronické fibrotické přestavby, ale také průběžně sledovat hojení a efekt rehabilitačního procesu.

Moderní léčba svalových dysfunkcí musí být multidisciplinární a vždy individuálně přizpůsobená konkrétnímu pacientovi. Zatímco farmakologická léčba má zásadní význam především v akutní fázi poškození, dlouhodobé obnovení svalové funkce závisí hlavně na cílené fyzioterapii, správně vedené regeneraci a odpovídající nutriční podpoře. Jako velmi perspektivní se ukazuje také přenos principů posturální stability a dynamické nervosvalové koordinace z humánní rehabilitace. I když je u zvířat omezená možnost aktivní spolupráce, práce s reflexními odpověďmi a řízeným pohybem umožňuje účinně ovlivnit remodelaci tkáně, aktivaci satelitních buněk i obnovu správných pohybových vzorců.

Úspěšné řešení funkčních poruch kosterního svalu vyžaduje mezioborovou spolupráci veterinárního lékaře, fyzioterapeuta, trenéra, výživáře a v některých případech i kováře, protože teprve propojení těchto pohledů umožňuje správně nastavit diagnostiku, léčbu, rehabilitaci i následný management zvířete.

Důležitou součástí současného přístupu ke svalovým poruchám je také regenerativní medicína. Využití mezenchymálních kmenových buněk a plazmy bohaté na krevní destičky se jeví jako slibná možnost zejména u chronických lézí, kde může podpora hojení přispět k obnově kvalitnější svalové tkáně a omezit nadměrnou vazivovou přestavbu.

Nicméně pro zachování zdraví, výkonnosti i welfare zvířat má stále nezastupitelnou úlohu prevence. Správně nastavený trénink, respektování plemenných a metabolických predispozic

a včasné zařazení fyzioterapeutických postupů mohou výrazně snížit riziko opakovaného vzniku funkčních poruch kosterního svalu, včetně metabolických myopatií typických pro koně.

Problematika funkčních poruch kosterního svalu je dynamicky se rozvíjející oblast, která vyžaduje průběžné propojení nových vědeckých poznatků s klinickou praxí. Budoucí výzkum by se měl zaměřit především na ověřování účinnosti konkrétních rehabilitačních metod a na tvorbu standardizovaných terapeutických postupů s důrazem na vnímání svalové soustavy jako propojeného a dynamického celku. Její dobrý stav je totiž jedním z hlavních předpokladů dlouhodobé výkonnosti i dobré kvality života zvířat.

5 Seznam použité literatury

Monografie a učebnice

ČIHÁK, Radomír. Anatomie 1. 3. uprav. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8.

DENOIX, Jean-Marie. Essentials of Clinical Anatomy of the Equine Locomotor System. Boca Raton: CRC Press, 2019. ISBN 978-1-4987-5441-5.

DUBOWITZ, Victor, Caroline A. SEWRY a Anders OLDFORS. Muscle Biopsy: A Practical Approach. 4. vyd. Oxford: Saunders, 2013. ISBN 978-0-7020-4305-5.

KOLÁŘ, Pavel a kol., Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

LIEBER, Richard L. Skeletal muscle structure, function, and plasticity. 4. vyd. Baltimore: Wolters Kluwer, 2017. ISBN 9781496383396.

MILLIS, Darryl a David LEVINE. Canine Rehabilitation and Physical Therapy. 2. vyd. Philadelphia: Elsevier, 2014. ISBN 978-1-4377-0309-2.

POWERS, Scott K. a Edward T. HOWLEY. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. 9. vyd. New York: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 978-0-07-352353-8.

PRESTON, David C. a Barbara E. SHAPIRO. Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic Correlations. 3. vyd. London: Elsevier Saunders, 2013. ISBN 9781455726721.

PULS, Robert. Mineral levels in animal health: diagnostic data. 2. vyd. Clearbrook, British Columbia: Sherpa International, 1994. ISBN 0969342110.

RADOSTITS, Otto M. a kol. Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10. vyd. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. ISBN 9780702027772.

REECE, William O. Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals. 4. vyd. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 978-0-8138-1451-3.

SHERRINGTON, Charles S. The Integrative Action of the Nervous System. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. ISBN 9781108003124.

SIMONS, David G., Janet G. TRAVELL a Lois S. SIMONS. Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. Volume 1, Upper half of body. 2. vyd. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999. ISBN 0-683-08363-5.

VALBERG, Stephanie J. Muscle Conditions Affecting Performance. In: REED, Stephen M., Warwick M. BAYLY a Debra C. SELLON, ed. Equine Internal Medicine. 4. vyd. St. Louis: Elsevier, 2018, s. 1045–1094. ISBN 978-0-323-44329-6.

Odborné články a studie

BAAR, Keith a kol. Molecular biology of skeletal muscle adaptation to training. Exercise and Sport Sciences Reviews. 2002, roč. 30, č. 2, s. 79–84.

BODINE, Sue C. a kol. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. Nature Cell Biology. 2001, roč. 3, č. 11, s. 1014–1019.

BROECKX, Sarah Y. a kol. Tenogenically Induced Allogeneic Mesenchymal Stem Cells for the Treatment of SDFT Injuries in Horses. Frontiers in Veterinary Science. 2019, roč. 6, s. 290.

BURK, Janina a kol. Mesenchymal Stromal Cell Therapy in Equine Tendon and Ligament Injuries. Frontiers in Veterinary Science. 2022, roč. 9, s. 865230.

CLAYTON, Hilary M. Core Training and Rehabilitation in Horses. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2013, roč. 29, č. 2, s. 299–311.

CLAYTON, Hilary M. a Jane V. HOBBS. The Role of the Core Muscles in Equine Performance and Rehabilitation. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2017b, roč. 33, č. 2, s. 299–311.

CLAYTON, Hilary M. a Sarah J. HOBBS. The Role of Biomechanical Analysis of Horse and Rider in Equitation Science. Animals (Basel). 2017a, roč. 7, č. 7, s. 48.

DALAKAS, Marinos C. Toxic Myopathies. Continuum (Minneapolis, Minn.). 2015, roč. 21, č. 6, s. 1704–1722.

DYSON, Sue a kol. The Ridden Horse Ethogram and Its Relation to the Presence of Musculoskeletal Pain in Ridden Horses. Animals (Basel). 2018, roč. 8, č. 7, s. 109.

ELBRØND, Vibeke a Rikke M. SCHULTZ. Myofascial Chains of the Equine Forelimb: Connectivity from Head to Hoof. Animals (Basel). 2021, roč. 11, č. 8, s. 2453.

ENOKA, Roger M. a Jacques DUCHATEAU. Rate Coding and the Control of Muscle Force. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine. 2017, roč. 7, č. 10, s. a029702.

FITTS, Robert H. The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. Journal of Applied Physiology. 2008, roč. 104, č. 2, s. 551–558.

FORTIER, Lisa A. a Roger K. W. SMITH. Regenerative Medicine for Tendinous and Ligamentous Injuries in Horses. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2008, roč. 24, č. 2, s. 191–201.

FRIDÉN, Jan a Richard L. LIEBER. Spatiotemporal muscle adaptation. Muscle & Nerve. 2003, roč. 27, č. 6, s. 656–664. ISSN 0148-639X.

GIRALDO, Sebastian O. a kol. Effects of Platelet-Rich Plasma on Equine Muscle and Tendon Healing: A Systematic Review. Animals. 2021, roč. 11, č. 8, s. 2223.

HAUSSLER, Kevin K. Joint Mobilization and Manipulation for the Equine Athlete. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2019, roč. 35, č. 3, s. 513–528.

HAUSSLER, Kevin K. Review of Equine Physical Therapy and Rehabilitation. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2019, roč. 35, č. 3, s. 617–643.

HELLSTEN, Maria a kol. Compensatory Movement Patterns in Horses with Hindlimb Lameness. Journal of Equine Veterinary Science. 2024, roč. 132, s. 104521.

HOLLOSZY, John O. a Frank W. BOOTH. Effects of exercise on mitochondrial oxygen consumption and gene expression in skeletal muscle. Annual Review of Physiology. 1976, roč. 38, s. 273–291.

HOPPELER, Hans a Martin FLÜCK. Plasticity of skeletal muscle mitochondria: structure and function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003, roč. 35, č. 1, s. 95–104.

LIEBER, Richard L. a Jan FRIDÉN. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. Muscle & Nerve. 2000, roč. 23, č. 11, s. 1647–1666.

LIEBER, R. L. a S. R. WARD. Skeletal muscle design to meet functional demands. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2011, roč. 366, č. 1570, s. 1466–1476.

LINKE, Wolfgang A. Titin-Associated Signaling in Muscle Activation and Hypertrophy. Biophysical Reviews. 2018, roč. 10, s. 1261–1274.

MCGOWAN, Catherine a kol. Muscle disorders of the horse: A review of current knowledge. Equine Veterinary Education. 2019, roč. 31, č. 8, s. 432–442.

MILLER, Kevin C. a kol. Skeletal Muscle Cramping: A Review of Etiology and Treatment. Muscle & Nerve. 2021. DOI: 10.1002/mus.27444.

MOLEMAN, M. a kol. Hoof conformation and hindlimb lameness in the horse. Equine Veterinary Journal. 2006, roč. 38, č. 5, s. 394–399.

O'GRADY, Stephen E. The Foot-Limb Relationship: An Essential Part of Farriery. Equine Veterinary Education. 2013, roč. 25, č. 10, s. 503–509.

PEÑA-AMARO, José. Morphological features of the muscle-tendon junction and the muscle fascia. Journal of Anatomy. 2021, roč. 238, s. 450–462.

PETTE, Dirk a Robert S. STARON. Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. International Review of Cytology. 2000, roč. 193, s. 1–43.

POWERS, Scott K. a Malcolm J. JACKSON. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. Physiological Reviews. 2008, roč. 88, č. 4, s. 1243–1276.

PROSKE, Uwe a Simon C. GANDEVIA. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. Physiological Reviews. 2012, roč. 92, č. 4, s. 1651–1697.

REEF, Virginia B. a kol. Ultrasonography of the equine back and pelvis. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2004, roč. 20, č. 2, s. 359–373.

RIVERO, Jose-Luis L. a kol. Muscle fiber type composition in Thoroughbred and Arab horses. Journal of Applied Physiology. 1993, roč. 75, č. 4, s. 1758–1766.

SALTIN, Bengt a Loring B. ROWELL. Functional adaptations to physical activity and inactivity. Federation Proceedings. 1980, roč. 39, č. 5, s. 1506–1513.

SCHIAFFINO, Stefano a Carlo REGGIANI. Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. Physiological Reviews. 2011, roč. 91, č. 4, s. 1447–1531.

SCHWELLNUS, Martin a kol. Muscle cramping in athletes — risk factors, aetiology and treatment. British Journal of Sports Medicine. 2018. DOI: 10.1136/bjsports-2017-098648.

SWEENEY, H. Lee a David W. HAMMERS. Muscle Contraction. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2018, roč. 10, č. 2, s. a023200.

VALBERG, Stephanie J. Muscle Conditions Affecting Sport Horses. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2018, roč. 34, č. 2, s. 253–276.

VALBERG, Stephanie J. a kol. Muscle biopsy in horses. Equine Veterinary Education. 2012, roč. 24, č. 8, s. 418–425.

VALBERG, Stephanie J. a kol. Polysaccharide storage myopathy. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2013, roč. 29, č. 3, s. 573–585.

van HEEL, M. A. a kol. Changes in hoof conformation over an 8-week shoeing cycle and the effects on trimmimg and shoeing. Veterinary Quarterly. 2005, roč. 27, č. 4, s. 146–157.

WALKER, M. A. a kol. Muscle Injuries in the Horse. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2020, roč. 36, č. 1, s. 1–15.

WALMSLEY, G. L. a kol. Progressive muscle fibrosis in the Golden Retriever muscular dystrophy model. Neuromuscular Disorders. 2018, roč. 28, č. 12, s. 1004–1013.

WIGGER, A. a kol. Morphological and functional assessment of the equine back: a review. Veterinary Medicine (Praha). 2015, roč. 60, č. 1, s. 1–16.

WILLIAMS, P. E. a G. GOLDSPINK. Connective tissue changes in immobilised muscle and the benefit of stretching. Journal of Anatomy. 1984, roč. 138, č. 2, s. 343–346.

YIN, Hang, Fransiska PRICE a Michael A. RUDNICKI. Satellite cells and the muscle stem cell niche. Physiological Reviews. 2013, roč. 93, č. 1, s. 23–67. ISSN 0031-9333.

ZUBROD, J. P., N. W. SCHNEIDER a R. K. SCHNEIDER. Use of magnetic resonance imaging, computed tomography, and scintigraphy for diagnosis of musculoskeletal injuries in horses. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. 2004, roč. 20, č. 2, s. 267–289.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

AST – aspartátaminotransferáza
ATP – adenosintrifosfát
ATP-PCr – fosfagenový systém (adenosintrifosfát–fosfokreatin)
Ca^{2+} – vápenatý iont
CK – kreatinkináza
CT – počítačová tomografie
EMG – elektromyografie
GGT – gamaglutamyltransferáza
GYS1 – gen pro glykogensyntázu 1
IMCT – intramuskulární pojivová tkáň
LDH – laktátdehydrogenáza
m. – musculus
MRI – magnetická rezonance
MSCs – mezenchymální kmenové buňky
NSAIDs – nesteroidní antiflogistika
PEMF – pulzní elektromagnetická pole
PGC-1α – peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha
PI3K/Akt/mTOR – signální dráha regulující růst a proteosyntézu buněk
PRP – plazma bohatá na destičky
PSSM – polysacharidová svalová myopatie
RER – rekurentní námahová rabdomyolýza
SDH – sorbitoldehydrogenáza
TnC – troponin C