

Anatomie a fyziologie pohybového systému

Vzhledem k tomu, že onemocnění z jednostranné opakované zátěže, vyskytující se u počítačových pracovníků, postihuje hybný systém člověka, je nezbytné seznámení se základními anatomickými a neurofyziologickými poznatky k tomuto problému.

Základem pohybového systému jsou kosti, klouby, vazy, šlachy a svaly; systém je ovládán centrální nervovou soustavou.

Kosti

Každá **kost** se skládá ze tří stavebních komponent – okostice, kostní tkáně a kostní dřeně. Na povrchu kosti je vazivová okostice – periosteum, což je většinou silný, tuhý, vazivový list, který pokrývá celou kost s výjimkou kloubních konců, které jsou pokryty sklovitou kloubní chrupavkou. Okostice je bohatě prokrvena a obsahuje četné senzitivní nervy, které zabezpečují vedení tzv. kostní bolesti. Krevní cévy okostice mají význam pro výživu kostí.

Kost jako tkáň je metabolicky nesmírně aktivní a neustále dochází k velmi čilé výměně nejrůznějších látek mezi ní a krví. Aby byla kost pevná a odolná, potřebuje především dvě základní věci, a to vápník a pohyb.

Hlavním zdrojem vápníku pro lidský organizmus je bezesporu mléko a mléčné výrobky. Ostatní zdroje vápníku lze považovat za podružné. Příjem vápníku však sám o sobě nestačí. Aby se vápník do kostí co nejúčinněji ukládal, je nezbytné dráždění kostí pohybem. Při pohybu jsou kosti zatěžovány jednak vahou těla, ale hlavně především tahem kosterních svalů. A teprve tato zátěžová stimulace nutí kosti k tomu, aby se ukládáním vápníku posilovaly.

Klouby

Kloub je tvořen dvěma kloubními plochami, které po sobě mohou klouzat nebo se odvalovat (kloubní hlavice a jamka) a nitrokloubních chrupavčitých destiček. Každý kloub obaluje kloubní pouzdro, které je složeno ze dvou vrstev – vazivové a synoviální. Vazivová vrstva tvoří pevný vnější obal a vlákna vaziva jsou zapuštěna do okostice. Vazy (ligamenta) jsou především v místech, kde je pouzdro namáháno.

Synoviální vrstva je tenká blanka vystýlající kloubní dutinu. Tato blanka je zvlhčována tekutinou – synovií, produkovanou buňkami výstelky. Synovie je vazká tekutina, která slouží jako ochranné zařízení kloubu, zvlhčuje třecí plochy kloubních konců a vyživuje kloubní chrupavku.

Kloubní hlavice a jamky tvoří styčné plochy kloubů a jsou kryty sklovitou kloubní chrupavkou, která je mechanicky velmi odolná. Chrupavka neobsahuje cévy, je odkázána na výživu ze synoviální tekutiny a na velmi pomalou difúzi látek z kostních konců. Proto je ideální, pokud je chrupavka střídavě zatěžována a uvolňována, protože pak si může v době uvolnění oddechnout, zregenerovat a nasát do sebe výživné látky.

Pro chrupavky jsou obecně nebezpečné následující typy zátěže:

- » **velmi rychlá střídavá zátěž, chrupavka nemůže řádně relaxovat a nestačí se vrátit do původního uvolněného stavu a dostatečně nasát živiny**
- » **dlouhodobá dehydratace (např. při znehybnění), která vede k degenerativním změnám chrupavky.**

Při obou typech zátěže je chrupavka málo vyživována a může potom následně dojít k poškození tlakem kloubních ploch na sebe. Toto poškození může vést k omezení pohybu.

Kloubní pouzdro zajišťuje stabilitu při extrémním pohybu v kloubu a je zdrojem signalizace informací pro centrální nervový systém. V nespočetných receptorech (čidlech) kloubního pouzdra vznikají informace, které čidla předávají směrem do centrálního nervového systému (mozek a mícha).

Ke správné funkci kloubů je nezbytná vyvážená činnost svalových skupin, které kloub obklopují. Pokud skutečně vyvážené jsou, pak je kloub ve funkčně centrované poloze, což je ideální stav pro jeho funkci. Zátěž je rovnoměrně rozložena po celé ploše kloubu a nehrozí zvýšené opotřebení v některé jeho části. Pokud protilehlé svaly vyvážené nejsou, pak je kloub po celých 24 hodin nerovnoměrně zatížený, což se projeví jednak při námaze a to tím více, čím je zátěž větší; jednak při statickém přetěžování strnulým sezením, stáním apod.

Nevhodným zatěžováním kloubů špatnou polohou při práci, nevhodnou pohybovou aktivitou, přetěžováním statickým (dlouhodobý sed) nebo dynamickým (jednostranné přetížení svalů) vede k nejprve ke svalové nerovnováze kolem kloubu účastněných svalů, následně ke kostním přestavbám v kloubech, které opět ovlivňují svaly kolem sebe.

Šlachy

Šlachy jsou vláknité spojovací tkáň, pomocí kterých se svaly upínají na kosti, přenášejí smrštění svalu na pohyby těla. Šlachu tvoří paralelně probíhající svazky kolagenních vláken oddělené nepatrným množstvím amorfni mezibuněčné hmoty. Elastických vláken je poměrně málo – do 5 %, proto jejich možnost se protáhnout nebo smrstit není příliš velká. Jsou silné, ale mají malé zásobování krví. Některé šlachy jako např. šlachy v dlani a zápěstí se pohybují v obalu, jenž obsahuje mazající a výživnou synoviální tekutinu. K natažení a ohnutí prstů kloužou šlachy až téměř o 5 cm v těchto pouzdrech, zatímco tato pouzdra zůstávají na místě.

Vazy

Vazy jsou především zpevňujícím a fixačním zařízením pohybového systému; buď zpevňují kloubní pouzdra, nebo probíhají mimo pouzdra a jako izolované vazivové pruhy spojují sousedící kosti a svou pevností zamezují extrémním pohybům. Vazy mají podobnou stavbu jako šlachy, tj. tvoří je svazky kolagenních vláken s různou účastí vláken elastických. Nemohou se stahovat, ale mohou se nevhodnými technikami např. při dynamickém strečinku nebo vlivem nenadále nepřiměřené polohy (např. uklouznutí) prodloužit a zvýšit tím hybnost v kloubu nad bezpečnou mez. Vazy obsahují četná čidla stejně jako okostice, svalová povázka a svaly.

Kloubní hypermobilita

Stav, u kterého vrozeně méněcenné - méně kvalitní vazivo hraje významnou roli, nazýváme hypermobilitou. Jedná se o přehnaně velkou ohebnost většinou všech kloubů v těle. Málo pevné vazy drží klouby jen chabě pohromadě a ty se pak stávají mnohem náchylnějšími k funkčním poruchám (blokádám) a k přetížení, především při statické zátěži, tedy při dlouhodobém setrvání v jedné poloze (dlouhodobý sed, stoj apod.). Čím je vazivová složka uvolněnější, jako například u zmíněné hypermobility, tím více musí při statickém zatížení zaskakovat svaly, což zákonitě povede k jejich přetížení s následnou bolestí.

Svalová povázka

Svalové povázky jsou slabé až velmi silné pevné vazivové blány, které obalují jednotlivé svaly a svalové skupiny. Tyto vazivové vlány nemají schopnost se stahovat, při déle trvajícím zkrácení svalu se však zkrátí také a posléze vedou k poruše výživy svalu, čímž se současně omezuje pohyb. Fascie oddělují jednotlivé svaly, což kromě anatomického rozlišení má i funkční význam – klouzání svalů po sobě při činnosti hybné soustavy.

Svaly

Svaly jsou jediné stažlivé stavební prvky lidského těla umožňující aktivní pohyb; představují asi 40 % tělesné hmotnosti. Sval je orgán složený z řady tkání: svalové, vazivové, nervové a cévní. **Svalová tkáň je v kosterním svalu vytvořena ze svalových vláken, složených do svazků svalového bříška, které má schopnost aktivně se stahovat a ze šlach upevňujících sval do periostu a do kompakty kosti.** Šlachy přenášejí svalové kontrakce. Kontrakce svalu (smrštění) je vyvoláváno nervovými podněty. Motorická nervová vlákna končí ve svalu na motorických ploténkách. Informace ze svalů a šlach vycházejí ze svalových vřetének a šlachových tělísek uložených uvnitř svalového vlákna.

Svalové vřeténko je hlavní senzitivní čidlo svalu. Je to v podstatě upravené svalové vlákno, které vazivově souvisí s normálními stažlivými svalovými extrafuzálními vlákny (okolní svalová vlákna mimo oblast vřeténka). Tato okolní svalová vlákna jsou inervována spouštěcím motorickým systémem alfa. Svalové vřeténko má dva kontraktilní póly, které jsou odděleny uprostřed receptorem reagujícím na změny napětí ve svalu. Změna napětí ve svalu je provázena změnou jeho délky. Kontraktilní póly vřeténka složené z tzv. intrafuzálních (nitrovřeténkových) kontraktilních vláken jsou inervovány motorickými vlákny nastavovacího systému gama, řízeného z retikulární formace mozku. Tato intrafuzální svalová vlákna vytváří tah působící na středový receptor a tím ho dráždí ke vzniku vzruchů. Svalové vřeténko sleduje délku svého svalu, protože vazivově souvisí s kontraktilními extrafuzálními vlákny a stimuluje se jejich protahováním. Vřeténko podává informaci nejen o statických, ale i o dynamických parametrech funkce, tj. o změně délky svalu (statická informace) a o rychlosti, s jakou se délka svalu mění (dynamická informace).

Motorická jednotka

Z hlediska řízení pohybu je základem motorická jednotka (MJ). Motorická jednotka je počet svalových vláken (4 - 400), jež jsou inervovány jedním nervovým vláknem. Ve svalu je několik set až tisíc MJ, které pracují dle zákona „vše nebo nic“

Centrální nervový systém (CNS) je za normálních okolností dokonale informován o stavu každé motorické jednotky a může pro stejný pohyb ve stejném svalu použít různých motorických jednotek, zatímco jiné mezitím pasivně regenerují. Celý sval pak budí dojem neunavitelné funkce – ve skutečnosti se však v něm neustále střídají zapojené a odpočívající motorické jednotky.

Rozdělení svalů z hlediska funkce

Z hlediska funkce dělíme kosterní svaly na dvě základní skupiny: svaly posturální a svaly fázické. V každém svalu jsou obě tyto komponenty, ale podle toho, která z nich převažuje, se

sval chová jako celek. Při každém pohybu mají určité svaly funkci hlavní -agonisté, zúčastní se na pohybu největším dílem. Pohyb se však nemůže uskutečňovat bez přesně definovaného uvolnění a protažení svalu, který má obrácenou funkci – tyto svaly jsou vzájemně antagonistické. Kontrakci agonistů musí souběžně přesně odpovídat relaxace a protažení antagonistů. Spolu s agonisty spolupracují synergisté, kteří sice nejsou schopni samy žádný pohyb vykonávat, ale podporují agonisty a mohou částečně převzít jejich funkci (v případě zranění). K uvedeným skupinám svalů přistupují ještě fixační svaly, které se nepodílí přímo na provedení pohybu, ale udržují potřebnou část těla v takové pozici, aby žádaný pohyb mohl být vykonán správně. Další skupinou jsou svaly neutralizační, tj. ty, které neutralizují druhou směrnatnou komponentu hlavního svalu.

Každý pohyb je přesně zakódován v CNS v tzv. pohybovém vzorci. V tomto vzorci je činnost jednotlivých svalů rozdělena tak, že některé svaly podpoří prováděný pohyb (facilitace) a činnost jiných musí být v daný okamžik utlumena (inhibice). Výsledný pohyb je pak vždy výsledkem přesně organizovaných facilitací a inhibicí. Tato dokonalost pohybu je možná, pokud mají všechny svaly odpovídající napětí (tonus), odpovídající délku a odpovídající sílu.

Rozdělení svalů dle svalové kontrakce

Z hlediska svalového napětí rozlišujeme:

- » **sval izometricky pracující**, kdy je ve svalu zvýšené napětí, aniž by se měnila délka svalu
- » **sval koncentricky izotonicky pracující**, za určitého zvýšení napětí ve svalu dojde ke smrštění svalových vláken
- » **sval excentricky izotonicky pracující**, což je vlastně práce svalového protitiráče ke svalu koncentricky izotonickému (svalová vlákna se prodlouží).

Buněčné složení kosterních svalů

Kosterní svaly jsou složeny ze tří typů buněk, jejichž vzhled i funkce jsou odlišné:

1. Buňky vytvářející červená, pomalá vlákna, která mají enzymatické vybavení pro aerobní dlouhotrvající práci.
2. Buňky vytvářející bílá, rychlá vlákna s enzymatickým vybavením pro anaerobní práci. Vlákna se stahují velmi rychle a intenzívně, jsou však snadno unavitelná.
3. Buňky vytvářející přechodná, intermediální vlákna, která jsou dvojího druhu: jedny mají anatomické charakteristiky bílých vláken, ale funkci červených nebo opačně anatomické vybavení červených, ale funkci bílých.
- 4.

Koordinace pohybu

Při každém složitějším pohybu je nezbytná souhra všech svalů, které se na něm podílejí a které se k jeho realizaci sdružují ve funkční skupiny svalů. Zabezpečit tuto souhru čili pohybovou koordinaci je úkolem řídících nervových mechanismů v podkorových i korových oblastech ústředního nervstva, kde se za tím účelem pro běžné pohybové děje vytvářejí příslušné pohybové stereotypy. Pokud se pro určité pohybové činnosti stereotypy dosud nevytvořily, anebo se vytvořily stereotypy vadné, souhra svalů vážne a narušená pohybová koordinace je znát i na způsobu provedení pohybu, na jeho plynulosti, přesnosti a ekonomičnosti.

Kosterní sval je jediným aktivním hnacím prvkem pohybového aparátu. Ideální zátěží pro svaly je dynamické střídání kontrakce a relaxace, tedy stahu a uvolnění. V době uvolnění se

do svalu lépe dostává krev, která jednak přináší kyslík a živiny pro další práci, jednak odplavuje odpadní produkty látkové výměny.

Pokud jsou svaly přetížené staticky (izometrická kontrakce při dlouhodobé strnulé poloze), pak se musí na tento stav adaptovat. Pokud jde o přetížení krátkodobé, dochází ke spasmu (křeči) svalových vláken. Při dlouhodobém přetížení se svalová vlákna unaví, začnou ochabovat a jejich funkci začne přebírat vazivová kostra svalového břiška, která se zkrátí. Sval jako celek je pak co do kontrakční síly oslabený, ale do protažení naopak klade větší pasivní odpor, je tedy zkrácený.

Statické přetěžování vede k tomu, že hodně zapojované svaly se zkracují a táhnou více, málo používané svaly naopak ochabují a sílu ztrácejí. Dochází ke svalové nerovnováze - dysbalanci.

Svalová dysbalance

Svalová dysbalance je porucha svalové souhry vyplývající ze špatné distribuce svalového napětí a může postihovat jakékoliv antagonistické svalové skupiny kolem kteréhokoliv kloubu lidského těla.

Zkrácení svalu, kontraktura, je nejzávažnější změnou, s níž se setkáváme při svalové nerovnováze. Projevuje se, kromě odchylky držení postižené části těla, především omezeným rozsahem pohybu, a to pohybu na opačnou stranu kloubu, neboť zkrácené svaly mu brání. Kritériem je rozsah pasivního, např. jen s využitím gravitace prováděného pohybu, tímto směrem.

K výrazným změnám dochází ovšem i na této opačné, protilehlé straně kloubů či řetězce kloubků. Funkční útlum zde umístěných svalů, který může být někdy i vlastní, prvotní příčinou svalové nerovnováhy, přechází brzy v pokles svalového napětí (hypotonie). Z činnosti vyřazované hypotonické svaly se postupně protáhnou, ochabují a ztrácejí i na hmotnosti, atrofuji. Oslabení a hypotonie může klesnout až na 50 % jejich normální funkce. Výsledkem je snížení svalové síly těchto svalů.

V každém kosterním svalu jsou v určitém poměru zastoupena vlákna s tendencí ke zkrácení a vlákna s tendencí k oslabení. Podle toho jaký tento poměr je, dělíme svaly:

- » na svaly převážně **posturální** (převaha vláken s tendencí ke zkrácení)
- » na svaly převážně **fázické** (převaha vláken s tendencí k oslabení)

Svaly převážně posturální jsou ty, které mají za úkol udržování základní polohy těla (vzpřímené postavy – postury). Tyto svaly mají všeobecně sklon ke zkrácení. Jedná se o svaly, které jsou vývojově starší a odolnější vůči škodlivým vlivům, mají lepší cévní zásobení a nižší práh dráždivosti, mají podstatně rychlejší regenerační schopnosti a jsou silnější. Zkracují se především skupiny ohybačů (flexorové skupiny). Příčinou je také skutečnost, že při současném životním stylu – tzn. sedavý způsob života, jsme převážně ve flekční poloze. Zkrácený sval nebolí, omezuje však rozsah pohybu v kloubech.

Naproti tomu **svaly převážně fázické** jsou uzpůsobeny pro dynamickou práci, jsou vývojově mladší, výrazně unavitelnější, mají vyšší práh dráždivosti, horší cévní zásobení, horší regenerační schopnosti; jsou méně odolné vůči škodlivinám a jsou slabší. Mají tendenci k oslabování a hypotonii.

Svalová dysbalance vede k řadě závažných poruch. Dochází k nerovnoměrnému zatížení v kloubech, k nefyziologickému zatížení šlach, vazů, kloubních pouzder, styčných kloubních plošek i kostí. Nejprve se jedná o změny drobného charakteru, později však nastupují změny degenerativní. Zpočátku reverzibilní funkční změny vedou k reflexním změnám v pohybovém vzorci a postupně následují morfologické změny vedoucí k následnému zvýšení tonusu, k postupné ischemizaci svalu, ke zmnožení vaziva až fibrotické (vazivové) degeneraci svalu.

Asymetrický tah v kloubu vede časem k anatomické přestavbě architektiky kloubu a ke změnám kvality vazů a šlach, což vede k častějšímu výskytu mikrotraumat a v poslední řadě ke změnám v podobě artróz. Řada bolestivých obtíží je způsobena nedostatečnou péčí o zkrácené a oslabené svalové skupiny. Avšak vzhledem k tomu, že nervový systém řídí pohyby těla pomocí pohybových řetězců, do kterých jsou svaly a klouby zapojovány, nemůže oslabený nebo naopak zkrácený sval zcela dobře plnit svou úlohu v řetězci. Tento deficit kompenzují jiné články pohybového řetězce, často velmi vzdálené, které však nemusí tento nadbytek práce zvládnout a mohou se dekompenzovat.

Proto se mohou bolesti projevovat i na jiných místech (ve funkční závislosti), než na kterých ke zkrácení došlo. Např. zkrácené ohýbače kyčle jsou většinou provázeny oslabením přímého svalu břišního a svalů hýžd'ových. Tato situace vede ke změně postavení pánve, která se promítne na chybném postavení páteře, zhoršení pohybové funkce páteře, blokáдах páteřních obratlů tedy může vést nakonec k bolestem zad.

Příčiny, které vedou ke svalovým dysbalancím:

1. malá aktivita, hypokineze, nedostatečné zatěžování
2. přetížení, chronické přetěžování (statická práce)
3. asymetrické zatěžování bez dostatečné kompenzace

Typy svalových dysbalancí:

1. místní – v určité kloubně svalové jednotce
2. systémová, která vznikla v celém hybném systému

Nejdůležitější posturální svalové skupiny:

1. kývač hlavy
2. svaly kloněné
3. zdvihač lopatky
4. horní část trapézového svalu
5. vzpřimovače páteře (hlavně bederní a šíjové)
6. spodní vlákna velkého svalu prsního
7. podlopatkový sval
8. spodní vlákna širokého svalu zádového
9. čtyřhranný sval bederní
10. sval bedrokyčlostehenní
11. napínač povázky stehenní
12. přímý sval stehenní
13. hamstringy (sval poloblanitý a pološlašitý a dvojhlavý stehenní)
14. přitahovače stehna (adduktory)
15. lýtkové svaly (dvojhlavý a šikmý lýtkový sval)
16. ohýbače a natahovače horní končetiny

Nejdůležitější fázické svalové skupiny

1. rotátory páteře
2. vzpřimovače hrudní páteře
3. flexory krku
4. mezilopatkové svaly (rombické svaly a střední a spodní vlákna trapézového svalu)
5. zadní část svalu deltového
6. přední pilovitý sval
7. horní vodorovná vlákna širokého svalu zádového
8. vnější rotátory paže (podhřebenový sval a malý oblý sval)
9. trojhlavý sval pažní (triceps)

10. horní vlákna velkého prsního svalu
11. břišní svaly (přímý, šikmé vnitřní a vnější břišní svaly, příčný sval břišní)
12. hýžd'ové svaly (velký, střední a malý sval hýžd'ový)
13. vnější, spodní a vnitřní hlava čtyřhlavého svalu stehenního
14. přední holenní sval