

# Techniky manuální terapie z pohledu fyziologie a patofyziologie fasciálních tkání.

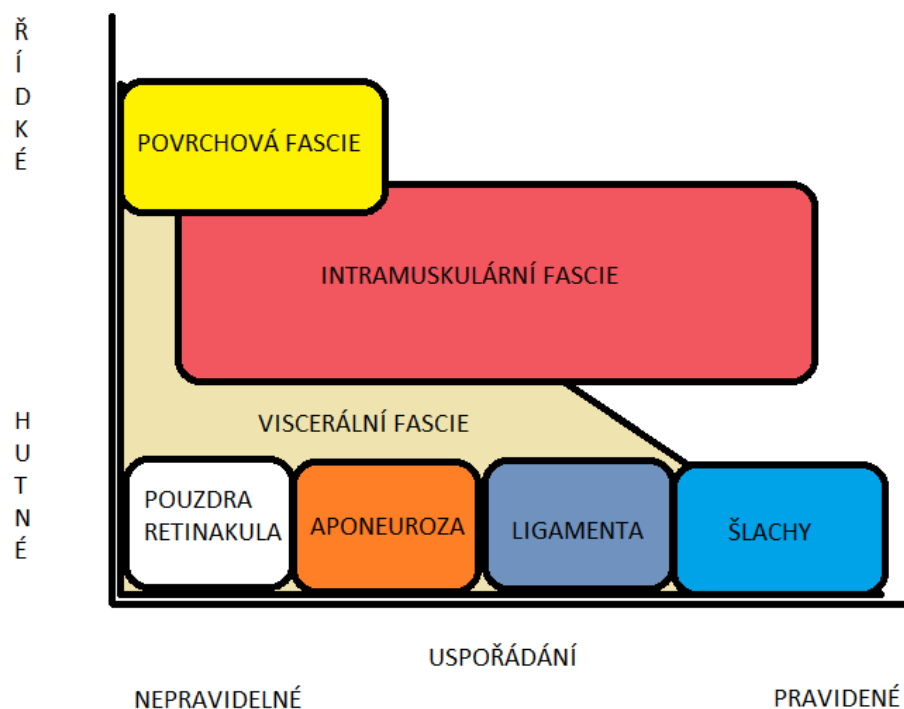
PaedDr. Jiří Vlček

Everything You Always Wanted to Know About Fascia. But Were Afraid to Ask.

Tato práce si klade za cíl shrnout anatomické a fyziologické poznatky o myofasciálních tkáních a na základě toho zhodnotit naše postupy manuální terapie. Základním zdrojem jsou dvě práce: „Fascial Components of the Myofascial Pain“ Syndrome (Antonio Stecco, Marco Gesi, Carla Stecco, Robert Stern) z roku 2013 a „Fascial plasticity – a new neurobiological explanation“ od Roberta Schleipa z roku 2003.

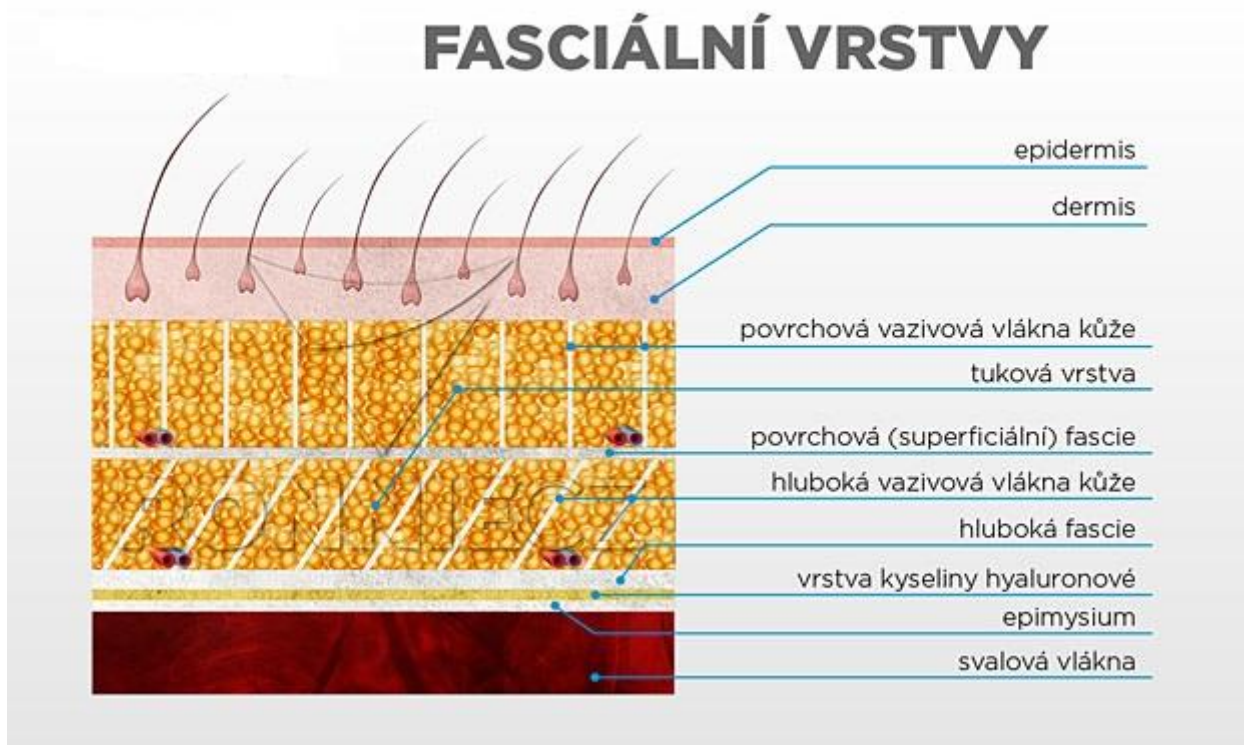
## Anatomie a fyziologie

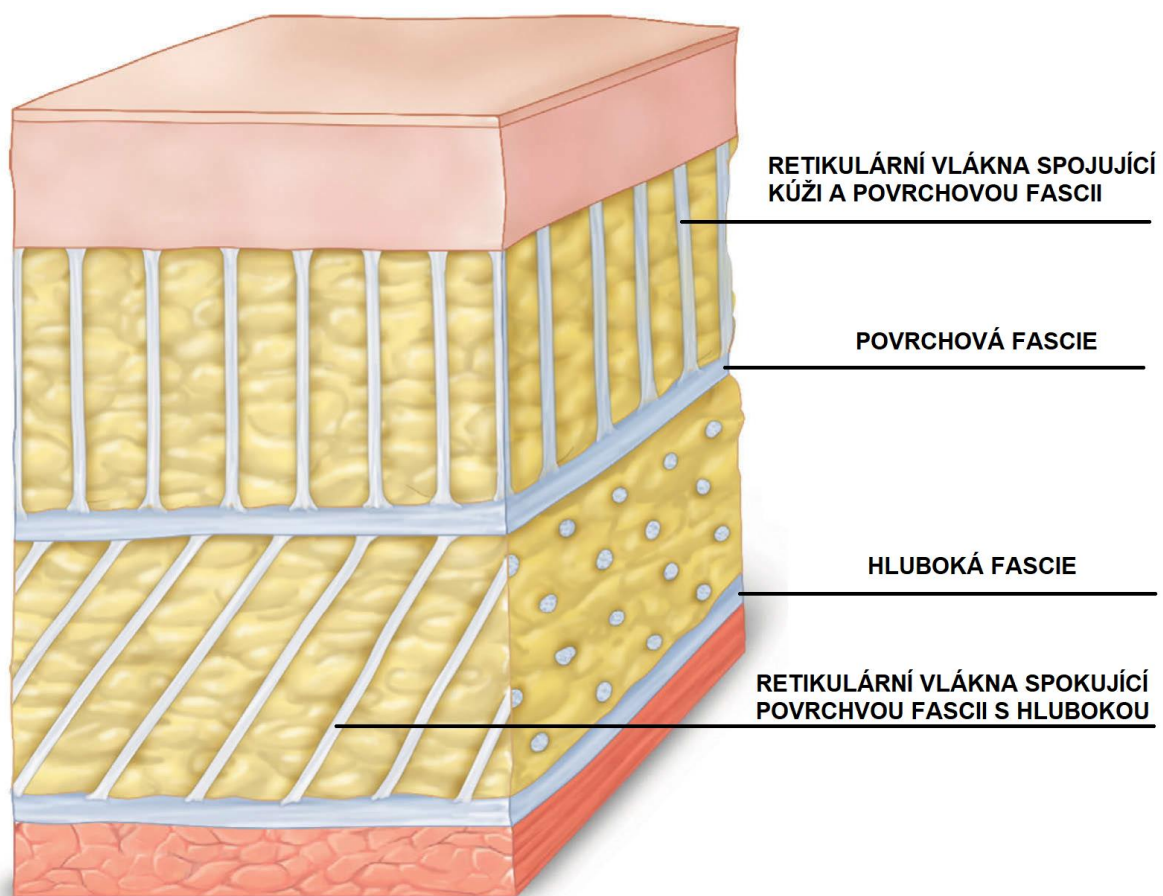
**Pojivová tkáň**, do které fascie patří, je jednou ze základních tkání v lidském těle. Udržuje tvar těla, pozici a tvar orgánů a umožňuje vzájemnou soudržnost. Je v podstatě všudypřítomná a propojuje jednotlivé části lidského těla. **Skládá se ze tří základních komponent: buněk, vláken a mezibuněčné hmoty. Buňky zajišťují metabolismus tkáně, vlákna její biomechanické vlastnosti a mezibuněčná hmota umožňuje její plasticitu a flexibilitu.** Vzájemný poměr jednotlivých komponent je různý a je určující pro kvalitu a funkci tkání. Tak na jedné straně tvoří velmi tuhou konzistenci, jakou jsou kosti, na opačné jsou tkáně velmi měkké a elastické jako například tuková tkáň.



## Základní dělení fascií

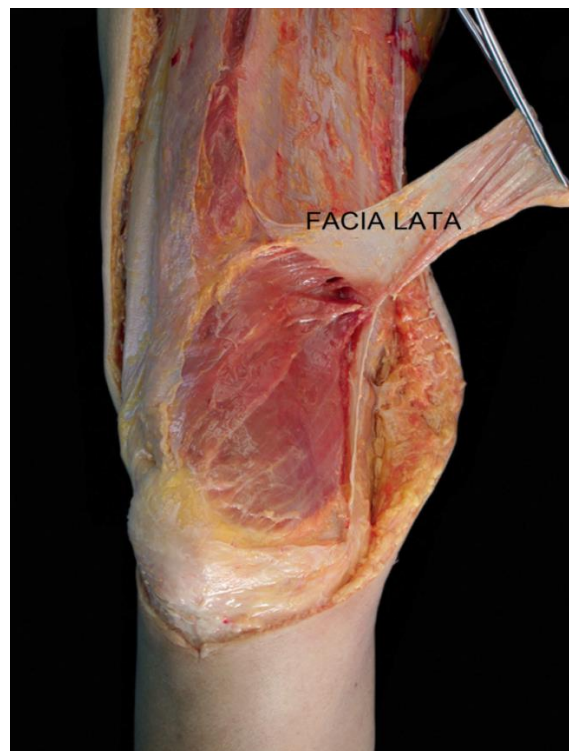
**Povrchová fascie** je uložena v podkoží a rozděluje tukovou tkáň na dvě části – hlubokou a povrchovou. Je velmi elastická (zejména u mladých lidí), může být protažena do různých směrů s následným návratem na původní místo. **Základní mechanickou funkcí je oddělení kůže od pohybového aparátu, což umožňuje normální klouzání svalů a kůže vůči sobě.** Kůže a podkožní tkáň obsahuje cévní a lymfatické zásobení, inervace je především autonomní a z receptorů převažují volná nervová zakončení pro vnímání, teploty, tlaku, nocicepce. Mechanické chování podkoží je výrazně ovlivněno povrchovou a hlubokou retikulární tkání, tvořící trojrozměrnou síť spojující povrchovou fascii směrem k povrchu s kůží a směrem do hloubky s hlubokou fascií. Pokud je toto vazivo příliš tuhé přenáší se aktivita svalů až na kůži a naopak podněty z kůže do hluboké fascie. Povrchové fascie do jisté míry oddělují exteroceptory v kůži od proprioreceptorů v hluboké fascii a svalech.





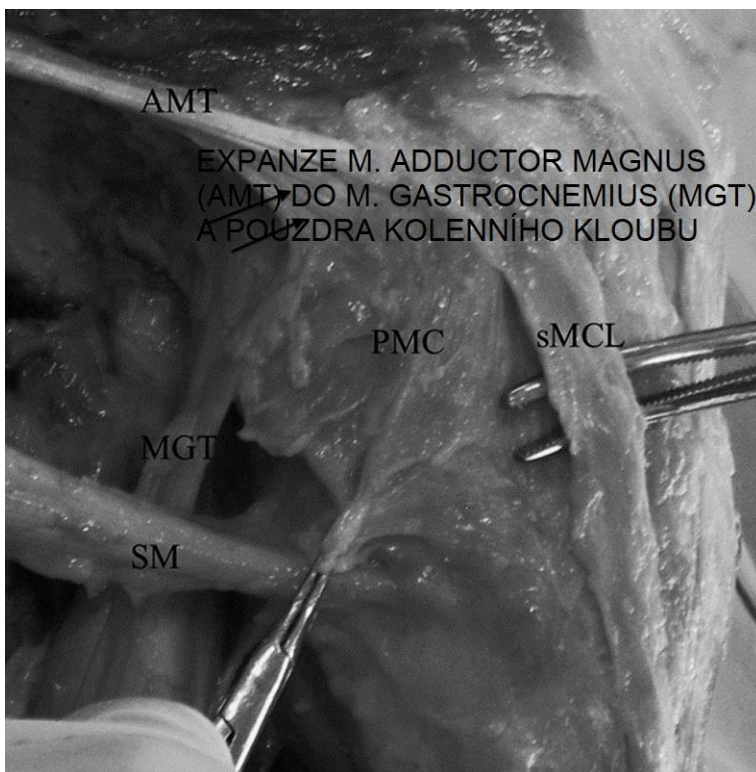
**Hluboké fascie** jsou tkáně, které obalují jednotlivé části svalů, kosti, nervy, cévy a vnitřní orgány a navzájem je spojují. Nad kostmi tvoří okostici, nad klouby kloubní pouzdra a vazy, kolem šlach šlachové pochvy. Jsou to specializované fascie, které mají stejnou histologickou strukturu jako fascie svalové. Ty rozdělujeme na dva základní typy: aponeurotické fascie a epimysiální fascie.

**Aponeurotická fascie** - jsou makroskopicky zřetelné fascie, které pokrývají skupinu svalů nebo slouží k úponu širokých svalů. Nejznámější jsou fascia thorakolumbalis, fascia lata. Je tvořena dvěma nebo třemi vrstvami, které po sobě mohou klouzat. Je velmi bohatě inervována. Tato nervová zakončení jsou zanořena a úzce spojena s okolní vazivovou tkání a jsou tedy aktivována pokaždé, když je fascie natažena. Toto protažení se také děje prostřednictvím aktivity okolních svalů, které se do aponeurotické fascie upínají prostřednictvím jejich expanzí. Aponeurotické fascie jsou schopny působit jako šlachy, přenášet část svalové kontrakce z jednoho segmentu na druhý. Ve směru tahových linií jsou vlákna tužší, než v příčném. To odpovídá nutnosti přenášet sílu i schopnosti přizpůsobit se kontrakci svalů pod fascií.





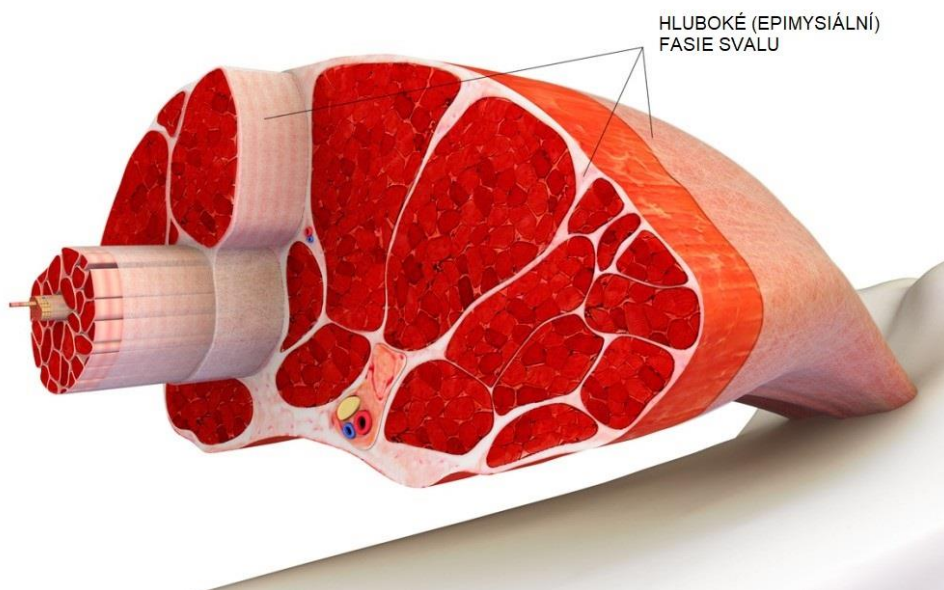
**Myofasciální expanze (úpon) - úpony svalů mimo kosti do fascií.** Tyto expanze byly dříve považovány za anatomické **variace**, než se zjistilo, že **jsou velmi konstantní** a mají přesnou anatomickou organizaci (1). Umožňují selektivní protažení fascie ve specifických směrech, ukazují se přesné silové linie, které jsou viditelné na tloušťce jednotlivých částí fascie (2). Svaly upínající se do fascií nepohybují pouze kostmi, ale protahují také hluboké fascie. Tato organizace ukazuje, že **fascie funguje jako pás mezi dvěma sousedními klouby a také mezi synergickými svalovými skupinami. To poskytuje anatomický základ pro některé kinetické řetězce. Expanze také plní funkci zpětné vazby mezi fasciemi a svaly.** Fascie může vnímat protažení vyvolané svalem a přenáší toto napětí na vzdálenost a informuje např. o kontrakci proximálního svalu sval distální. Aponeurotické fascie tak spojují různé segmenty a klouby, koordinují aktivaci různých svalů a reagují na postavení kloubů. **Pro správnou funkci je předpokladem relativní nezávislost fibrózních rovin uvnitř fascie, které umožní kontrakci jedné skupině svalů, aniž by bránili kontrakci ostatním svalům upínajících se do stejné aponeurotické fascie.** Trauma, chirurgický zákrok, přetížení a další příčiny, vedou ke změně a omezení kluzného systému uvnitř fascie, což má za následek vznik nových silových linií uvnitř fascie a může ovlivnit aktivaci přidružených svalů.



**Retinaculum** – je to fascie uložena v okolí kloubů kolmo na osu končetin, stabilizující šlachy kolem kloubů. **Jsou však velmi tenké a pružné a tak jejich mechanický účinek je malý.** Jako nejvíce inervovaný druh fascie mají pro stabilizaci **význam především percepční**, kdežto šlachy a vazy slouží především mechanické stabilizaci. Retinaculum vnímá pohyb kostí a šlach, které jsou uloženy pod nimi a také aktivitu svalů, které se do něj upínají.



**Epimysiální fascie** - jsou tenké kolagenní vrstvy úzce spojené se svaly. **Obaly obklopující sval se nazývají epimysium, svalové snopce kryje perimysium a svalová vlákna endomysium. Epimysiální fascie tvoří síť, která spojuje jednotlivé části svalu a umožňují přenášet sílu při kontrakci jednotlivých částí v rámci prostorové i časové sumace.** Epimysiální fascie mají stejnou vrstevnatou organizaci jako aponeurotické fascie, směr kolagenních vláken se mění podle stavu svalu, což potvrzuje, že stav této fascie souvisí se svalem samotným. Epimysiální fascie, kromě vytvoření šlachy a úponu na kost inzerují do aponeurotických fascií. **Stavba epimysiální fascie umožňuje vláknům hladké klouzání, což zajišťuje relativní nezávislost každého svalového svazku.**



**Epimysiální fascie obsahují volná nervová zakončení** (nemají Ruffiniho a Paciniho tělíška), která mají velmi úzký vztah se svalovými vlákny. **To svědčí pro významnou proprioceptivní funkci.** Také má propojení se **svalovými vřeténky**, jejichž obal odpovídá stavbě epimysia a také množství vřetének je vloženo přímo do epimysiální tkáně. Svalová vřeténka reagují i na minimální protažení svalu (prahová hodnota odpovídá působení 3 gramů). **Vřeténka mohou být zkrácena stimulací gama motorického systému. Optimální funkce tohoto centrálního ovlivnění nastává pouze, pokud je epimysium elastické a adaptabilní. Tuhá fascie může bránit zkrácení svalového vřeténka a bránit tak jeho aktivaci a tím změnit informace nezbytné pro správnou koordinaci pohybu.** Z klinického pohledu to znamená, že některé části svalu nejsou zapojeny do aktivace, což způsobuje změnu ve vektorech působící na kloub s výsledkem jeho přetížení a možné dysfunkce a bolesti. **Vřeténka jsou stimulována protažením svalu. Pokud je fascie je přílišně natažena myofasciální expanzí, je možné, že vřeténka spojená s touto částí fascie budou trvale protažena a tak trvale aktivována. Příslušná svalová vlákna jsou neustále stimulována ke kontrakci. To může vysvětlit zvýšenou hladinu acetylcholinu, který se nachází ve zvýšené koncentraci kolem spouštěvých bodů (3-4).** Tato situace způsobuje nevyváženou aktivaci svalů s důsledky vedoucími i k přetížení kloubů.

## Mechanoreceptory

CNS dostává informace o tlaku a protažení z receptů uložených ve svalech a fasciích, větší podíl je uložený ve fasciích. Nazýváme je **myofasciálními mechanoreceptory (MM)**, které reagují na napětí nebo tlak, případně oscilace a vibrace. Existují čtyři základní typy MM.

**Golgiho tělíska (GT)** – nacházejí ve šlachách, vazech, kloubních pouzdrech a na přechodu sval – šlacha. Reagují na protažení snížením svalového tonu odpovídajících svalových vláken prostřednictvím snížené aktivace alfa motoneuronů v míše. Ukazuje se, že pasivní protažení svalu a šlach Golgiho orgány nestimuluje (5), ta nastává pouze, když se sval aktivně kontrahuje. Důvod spočívá v uspořádání receptorů a svalových vláken do série (za sebe). Protože sval je více elastický než tuhá šlacha, na šlaše se protažení tolik neprojeví. Při aktivní svalové kontrakci je situace jiná, protažení šlachy je větší a tah na šlaše při kontrakci svalu vede k inhibici vlastního svalu (6). Důležitý je fakt, že pouze 10 % Golgiho receptorů je ve šlachách a zbývajících 90% je ve svalové části spojení svalu a šlachy, úponech aponeuróz, kloubních pouzdrech a vazech (7). Je možné, že pasivní protažení tkání může být schopné stimulovat některé Golgiho receptory, zejména pokud je tkáň protažena v jiných směrech než v podélné ose. Kromě toho může aktivaci způsobit i relativně silný přímý tlak na tyto receptory. Větší účinek by měl být, pokud jsou svalová vlákna kontrakci.

**Ruffiniho (RT) a Paciniho tělíska (PT)** - vyskytují se ve všech typech denzních pojivových tkáních – svalové fascie, šlachy, vazy, aponeurózy a kloubní pouzdra. Na přechodu svalu a šlachy jsou Paciniho tělíska koncentrovanější ve šlachové části na rozdíl od Golgiho. Jsou také koncentrovanější v hlubších částech kloubních pouzder, v hlubokých spinálních vazech, plantární i palmární fascii, v peritoneu, a obalujících fasciích jako je antebrachiální, krurální, břišní, fascie masseteru a laterální část stehna (8). Ruffiniho jsou hustě uloženy v tkáních s pravidelným protahováním jako např. v povrchové vrstvě kloubního pouzdra, dura mater, vazy periferních kloubů a hluboká fascie hřbetu ruky. U kolenního kloubu jsou RT v předním a zadním vazy a kloubním pouzdru, zatímco Paciniho v laterální a mediální části (9). V thorakolumbální fascii je velké množství obou druhů těchto tělísek, ale žádné Golgiho receptory.

**Účinek stimulace PT** – skupina obsahuje větší Paciniho tělíska a o něco menší Pacinformní. Obě skupiny reagují na rychlé změny tlaku (ne na stálý) - na vibrace a oscilace. Stimulace PT nemá přímý vliv na snížení nebo zvýšení svalového tonu, ale zvyšuje pozornost CNS k stimulované fasciální oblasti. V případě lokální senzomorfické amnézie může taková stimulace mít pozitivní vliv na kortikální tělové vnímání a zlepšení nervosvalové koordinace.

**Účinek stimulace RT** – menší a delší RT nemají tak rychlou adaptaci a proto reagují i na konstantní tlak. V porovnání s PT jsou aktivovány pomalou a hlubokou technikou měkkých tkání stejně jako rychlejšími tahy. Zvláště reagují na tangenciální síly a laterální protažení (10). Stimulace RT vede ke snížení vlivu sympatiku (9). To odpovídá klinickému poznatku,



že pomalé hluboké techniky mají relaxační účinek nejen na ošetřovanou tkáň ale i celý organismus. Může tak dojít k snížení svalového tonu technikou prováděnou mimo sval, například na fasciální tkáň v oblasti kloubu.

**Intersticiální receptory (IR)** - jsou často opomíjeny přesto, že tvoří 80% senzoryckých vláken u většiny nervů, které inervují svaly. Rozdělení vláken nervu je cca 45% senzorycká, podobné procento vlákna vasomotorická, zbytek motorická. IR mají mnohem menší velikost. Obecně jsou nazývána intersticiální svalové receptory, ale lepší by bylo použít intersticiální myofasciální receptory, protože jsou v hojné míře ve fascii. 10 % je tenké myelizovaných (typ III. A – delta) a 90 % bez myelinu (typ IV nebo C). Jsou pomalejší než tlustší vlákna I a II. Většina končí volnými nervovými zakončeními. V minulosti se předpokládalo, že většina jsou receptory bolesti, některé pro termo a chemoreceptci. Mnoho těchto receptorů je multimodální, fungují hlavně jako mechanoreceptory. Nachází se téměř všude, dokonce i uvnitř kostí, největší hustota je v periostu, reagují na rychlé stejně jako na trvalé změny tlaku (11).

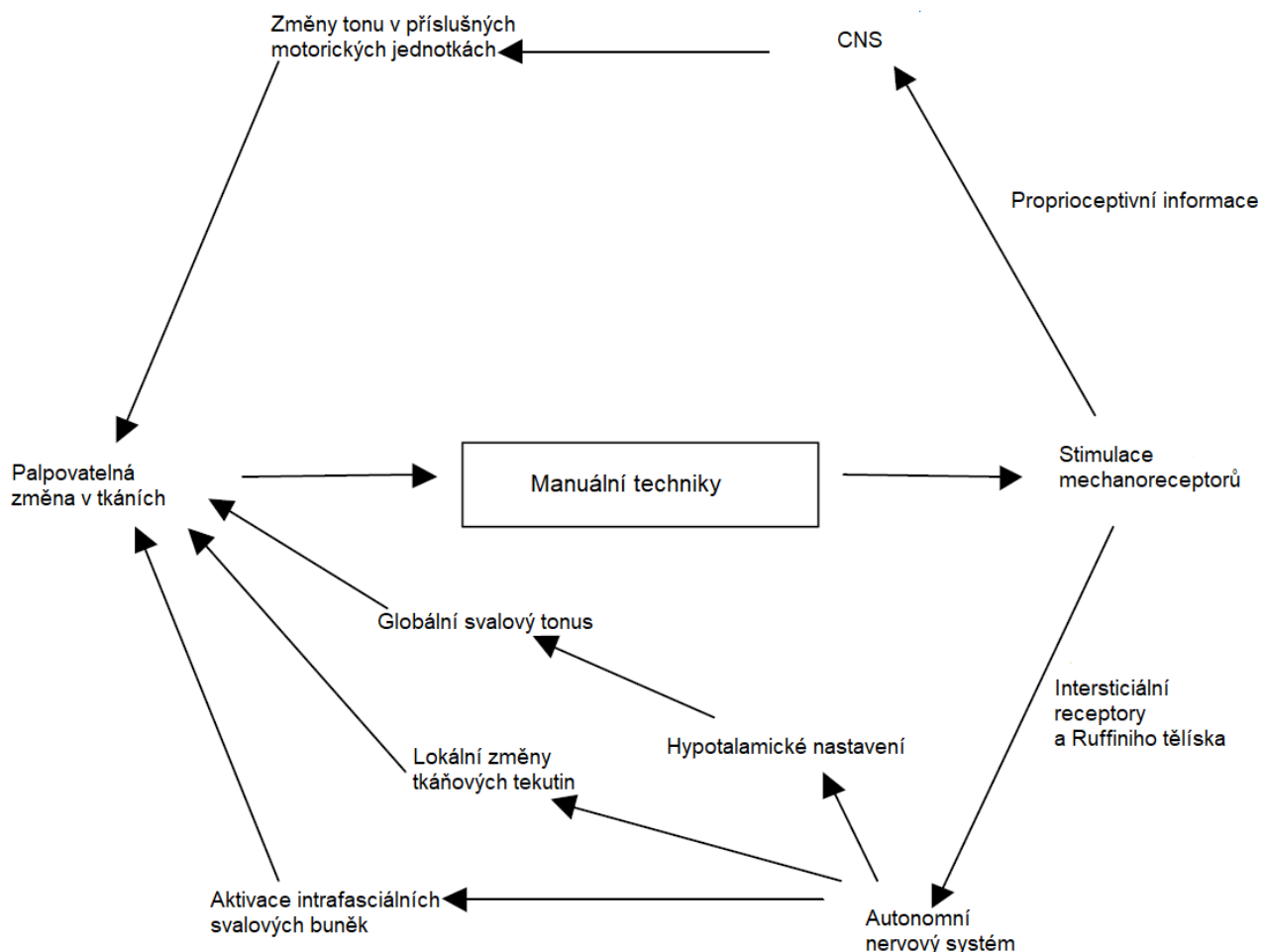
**Účinek stimulace IR** – lze rozdělit do dvou skupin: tlakové, nízko prahové (LTP) a tlakové, vysoko prahové (HTP). LTP reagující i na zcela lehký tlak. To vyvolává otázku, jaké jsou funkce IR, kromě vedení bolesti. Reagují na pohyb kloubů změnou napětí fascií a kůže. Bylo prokázáno, že mají i autonomní charakter, stimulace vede ke změně srdečního rytmu, tlaku, dýchání atd. Stimulace vláken typu IV má tendenci zvyšovat arteriální tlak, typu III snižovat. Několik studií ukázalo, že statický tlak na sval vede ke snížení arteriálního tlaku. Zdá se, že síť IR má hlavní funkci doladit regulaci průtoku krve podle požadavků, to se děje velmi úzkým spojením s autonomním nervstvem. Stimulace vede k vasodilataci a vyplavení plazmy do extracelulární matrix a rychlé změně tkáňového napětí.

Tabulka: Myofasciální mechanoreceptory

Typ receptoru	Hlavní místa výskytu	Reagují na:	Účinky stimulace
Nervová vlákna			
Golgi Typ Ib	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přejít šlacha – sval (převážně ve svalové části).</li> <li>• Úponové oblasti aponeuróz.</li> <li>• Vazy periferních kloubů.</li> <li>• Kloubní pouzdra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golgiho šlachová tělíska na svalovou kontrakci.</li> <li>• Ostatní Golgiho receptory pouze na silné protažení nebo silný tlak.</li> </ul>	Snížení tonu v odpovídajících svalových vláknech
Pacini Typ II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přejít šlacha – sval (převážně ve šlachové části).</li> <li>• Kloubní pouzdro – hluboké vrstvy.</li> <li>• Spinální vazy.</li> <li>• Palmární a plantární fascie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé změny tlaku.</li> <li>• Vibrace.</li> </ul>	Prioceptivní stimulace pro kontrolu pohybu a polohy (kinestezie)
Ruffini Typ II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazy periferních kloubů.</li> <li>• Dura mater.</li> <li>• Kloubní pouzdro – vnější vrstvy.</li> <li>• Další tkáň související s pravidelným protahováním.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé změny tlaku (jako Pacini).</li> <li>• Pomalé změny tlaku i trvalý tlak.</li> <li>• Zvláště reagují na tangenciální síly (příčné protažení).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibice aktivity sympatiku.</li> <li>• Prioceptivní stimulace.</li> </ul>
Intersticiální	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nejčtenější typ receptoru. Nachází se téměř všude dokonce i uvnitř kostí.</li> <li>• Nejvyšší hustota je v periostu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé i pomalé změny tlaku.</li> <li>• Trvalý tlak.</li> <li>• 50 % jsou vysokoprahové a 50% nízkoprahové.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazodilatační změny.</li> <li>• Vyplavení plazmy do extracelulárního prostoru.</li> </ul>

## Myofasciální mechanoreceptory jako brána do změn svalového tonu.

**Stimulace MM vede ke změnám svalového napětí.** Například hluboký tlak na měkké tkáně vede ke snížení svalového tonu (12). Na druhé straně rychlé změny tlaku nebo štipání vedou k tonizaci svalů (13), zejména u „genetických“ flexorů (14). Výzkum ukázal, že stimulace receptorů na kolaterálních vazech kolenního kloubu má jen malé účinky na alfa motoneurony, zatímco silné na gama. Gama systém hraje zásadní roli v posturální svalové aktivitě a vztahem mezi emocemi a svalovým systémem. Proto stimulace vazů kolenního kloubu může ovlivnit přípravnou svalovou regulaci v okolí příslušného kloubu, což může vést ke změnám subkortikálních pohybových vzorů (15). Pomalý hluboký tlak vede prostřednictvím stimulace IR k aktivaci parasymptiku, který zvýšením vagového tonu působí na změny v hypotalamu, které mohou navodit celkovou svalovou relaxaci (16).



## Vlastnosti fascií a vliv na receptory

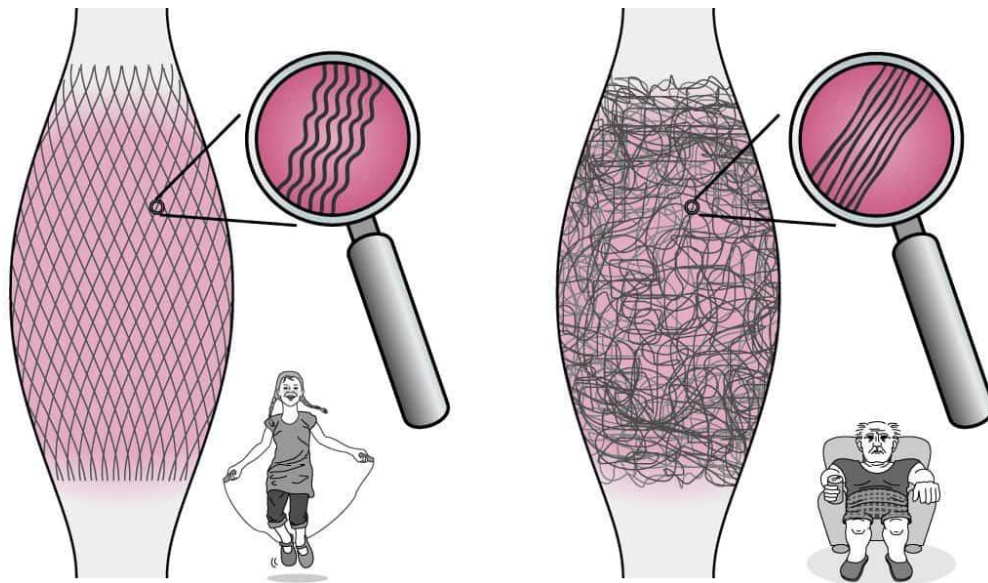
**Viskoelasticita fascie může modifikovat aktivaci nervových receptorů uvnitř fascie.** Snížená elasticita a zvýšená viskozita mění aktivaci svalových receptorů (17–22), **kromě toho se hyperaktivují volná nervová zakončení a mohou vysílat nocicepční informace.** Za této situace bylo prokázáno vrůstání nocicepčních vláken do kolenního retinakula u pacientů s patelofemorálním syndromem (23). Také se našly histologické změny (zánět a dystrofické mikrokalcifikace) v thorakolumbální fascii u pacientů s chronickou bolestí zad (24).

**Vlastnosti fascie především ovlivňuje kyselina hyaluronová (HA),** která podporuje normální homeostázu, potlačuje zánět a posiluje schopnost produkce protilátek (25–28). HA je přítomná všude ve volné pojivové tkáni obklopující svalové svazky, také v endomysiu obklopující jednotlivá svalová vlákna, také v perivaskulárním, perineurálním pojivu (29 – 31), **ve velké koncentraci je na rozhraní mezi hlubokou fascií a povrchem svalu (32), což umožňuje klouzání fascie po svalovém epimysiu.** HA je produkována buňkami, podobnými synoviocytům, které v kloubu produkují synoviální tekutinu (33–35).

**Zvýšená viskozita zhoršuje toto klouzání a HA se stává spíše lepidlem než lubrikantem, což může mít za následek, že receptory uvnitř fascií vysílají nocicepční informace podle stupně protažení, a to dokonce i ve fyziologickém rozmezí. Významným faktorem ke zvyšování viskozity je hypoaktivita nebo dokonce imobilizace.** Nehybnost je jedno z nejzávažnějších nebezpečí pro fasciální tkáň. Vede ke ztrátě fibroblastů a redukcii jejich aktivity. Dochází ke snížení stability a elasticity tkáň. Dochází ke snížení pohyblivosti fasciálních tkání oproti jiným, tak i uvnitř jednotlivých vrstev fascií, navíc se zmnožuje tuková tkáň, což vede k jejich slepení. Imobilizace také zvyšuje produkci endo a perimysiální fascie. Většina kolagenu se ukládá přímo do sarkolemy svalových buněk. Důsledek je ve zhoršení biomechanických vlastností svalů (36).

**Fasciální tkáň reaguje na opakované protažení zvyšováním počtu kolagenních vláken, přičemž jejich linie jsou přímější a jednotlivá vlákna získávají zvlněnou strukturu. Vlákna bez podnětů změn napětí jsou mnohem více neuspořádaná (jakoby do sebe zmuchlaná) a jejich struktura bez zvlnění. V prvním případě se zvyšuje elasticita fascií, v druhém je tomu naopak.**





Při poranění tkání (natažení, natržení, řezná rána apod.) se v procesu hojení vytvářejí nová kolagenní vlákna. Mechanické zatížení v procesu hojení ovlivňuje aktivitu fibroblastů a ukládání kolagenu. Pokud je tkáň během hojení dlouhodobě imobilní, bude mít uspořádání vláken nepravidelnou orientaci. Včasný pohyb vede k utváření vláken podél tahových a silových linií, což zlepšuje elasticitu a pevnost fascií. **Vliv na uspořádání a kvalitu kolagenních vláken byl také prokázán při použití tlakových technik** (příčná frikční masáž na vazy) kde se prokázala zvýšená pevnost a síla ošetřovaných vazů oproti neošetřovaným (37, 38).

Další příčinou zvýšené viskozity je okyselení vnitřního prostředí, ve kterém je zejména důležitá přítomnost kyseliny mléčné, vznikající při dlouhodobé intenzivní aktivitě. Tento stav vede k pocitu svalové tuhosti a bolesti. Předpokládá se, že nedostatečné odbourávání kyselého prostředí může vést ke vzniku spoušťových bodů. Teplota nad 40 st. C výrazně zlepšuje viskoelastické vlastnosti fasciální tkáně (39). Zvýšená teplota vede k zvýšené svalové excitabilitě, rychlejší kontrakci a větší síle. Také však vede k větší relaxaci a zvýšené poddajnosti myofasciálních struktur.

### **Kontraktilní elementy fascie**

Ve fascii byly objeveny buňky hladké svaloviny vložené mezi kolagenní vlákna (40). Ve všech fasciálních tkáních byly prokázány myofibroblasty, které jsou i v hladké svalovině a mají vysokou kontraktilitu. Současně existuje bohaté intrafasciální zásobení sympatickou nervovou pletením a sensorických nervových zakončení. Je pravděpodobné, že na základě této inervace je fasciální hladká svalovina schopna regulovat fasciální napětí v závislosti na svalovém tonu (41, 42). Mechanismus působení sympatiku spočívá ve zvýšené produkci cytokininu TGF beta1 – ten je nejúčinnější fyziologický stimulant myofibroblastové kontrakce. Proto i zvýšení aktivace sympatiku při stresu může vést k vyšší fasciální tuhosti (43, 44). Mimo autonomní inervaci mohou ovlivnit kontrakci fascie látky spojené se zánětem a hojením, dále PH, mechanické faktory (45). Negativní důsledky jsou v patologických situacích jako je Dupuytrenova kontraktura, revmatoidní onemocnění, jaterní cirhóza a další, pozitivní efekt mají naopak při hojení ran (9).

## Závěry pro klinickou praxi

**Myofasciální syndrom** je nejčastější příčinou bolestí pohybového systému, ale jeho skutečná podstata je i dnes ne zcela objasněná.

Z původní koncepce Travell, Simons vychází řada pokračovatelů a tvůrců terapeutických postupů, z nichž je v ČR nejznámější koncept prof. Karla Lewita založený na ovlivnění svalových vláken postižených trvalou spontánní aktivitou (TPs), působením minimálního tahu na postižená vlákna při předchozí minimální kontrakci příslušného svalu. Tento způsob je u nás považován za standard léčby TP. Protahení svalu podélně nebo ve vlně jsou pokládány za techniky na úpravu fasciové složky svalů bez vlivu na TPs. Z tohoto pojetí je patrné, že pracuje s představou celkem jasně oddělených postupů na svalovou tkáň a fascie.

Výzkum fascií zaznamenal velký rozvoj a ukázal, že fascie a svalová vlákna jsou tkáně funkčně a tím spíše klinicky neoddělitelné. **Základní premisou je, že na fascie a svalovou tkáň musíme nahlížet jako na funkční celek, jejíž dvě histologicky odlišné tkáně jsou navzájem nejen strukturálně, ale i percepčně propojeny. Techniky manuální terapie ovlivňují nejen mechanické vlastnosti tkání, ale působí na všechny typy mechanoreceptorů a tím způsobují změny v napětí myofasciálních tkání jak lokálně, tak i globálně, např. aktivací parasymptiku nebo ovlivněním gama systému.**

**Strategii terapie a výběr specifických technik musíme volit podle klinického nálezu, předpokladu hlavních patogenních vlivů a znalosti mechanických i neurofyziologických účinků zvolených postupů.**

# Techniky manuální terapie

## Techniky založené na protažení

### Podélné protažení myofasciální tkáně



Protažitelnost svalu je větší měrou ovlivněna mírou elasticity aponeurotické fascie než samotné svalové tkáně, fascie je tužší a určuje míru protažení. Bylo prokázáno, že 90 % délky protažení z celkově možného se dosáhne během první minuty. Toto protažení je pouze dočasné a pro trvalou změnu elasticity fascie je nutné četné opakování.

Při protažení svalů kromě působení na elastické vlastnosti dochází k stimulaci mechanoreceptorů. Protažení svalových vřetének způsobí kontrakci příslušných vláken, k té dochází především při vyšší rychlosti protažení (jako např. při myotatickém reflexu), tento efekt se snažíme eliminovat pomalým tempem protažení a sledováním míry relaxace. Vyšší míry relaxace můžeme dosáhnout aktivitou pohybových antagonistů protahovaného svalu, kdy působí známý efekt reciproční inhibice. Inhibiční efekt izometrické aktivace, předcházející samotnému protažení může být vysvětlen aktivací Golgiho tělísek.

Vliv pasivního protažení na aktivaci Golgiho tělísek není, jak bylo uvedeno žádný nebo je jen minimální. S inhibičním vlivem těchto receptorů u této techniky počítat nemůžeme. U dalších třech mechanoreceptorů není jejich aktivace při protažení jasně popsána.

Účinky protažení (ať už větší, či menší intenzity) na přímé ovlivnění TP nejsou zcela jasně vysvětleny, pravděpodobný je vliv prostřednictvím protažení tuhé fascie, která může trvale

napínat svalová vřeténka a tím udržovat aktivaci svalových vláken. Opačně může tuhá fascie způsobit omezení možnosti zkrácení vřetének prostřednictvím gama systému a tím znemožnit jejich aktivaci, nutnou pro koordinovaný pohyb.

Technika protažení vzhledem možnostem účinku na myofasciální tkáň a její receptory je tedy vhodná především na svaly zkrácené a tuhé ať už s přítomností bolestivých bodů ve svalech a fasciích, nebo bez nich. Intenzita protažení musí odpovídat struktuře a velikosti myofasciální tkáně, kterou chceme ovlivnit. Důležitým faktorem je současná relaxace protahovaných svalů, která je možná pouze za předpokladu techniky prováděné bez bolesti (pacient může vnímat maximálně lehce nepříjemný tah). Doba trvání by měla být okolo jedné minuty. Je vhodná i kombinace s předchozí kontrakcí protahovaného svalu nebo můžeme využít reciproční inhibici při zapojení antagonisty v průběhu protažení. Dechové synkinézy, které pro techniku PIR objevil prof. Lewit je vhodné používat u osového a kořenového svalstva s tím, že většinou má výdech vliv inhibiční.

### **Podélné protažení kůže a podkoží**



Protažení kůže a povrchové části podkoží, které používáme především k terapii hyperalgičtých zón může ovlivnit elasticitu povrchové části retikulární sítě a tím elasticitu spojení povrchové fascie s kůží. Můžeme předpokládat ovlivnění lymfatických a krevních cest a receptorů uložených v povrchové vrstvě podkoží.



## Protažení ve vlně kůže a podkoží



Povrchovou fascii a její propojení s kůží a s hlubokou fascií prostřednictvím retikulární sítě v tukové tkáni můžeme ovlivňovat pomocí tangenciálního protažení kůže a podkoží. Jejich elasticita je částečně zlepšována i protažením svalů (viz techniky založené na protažení). Tato technika může působit na uvolnění retikulární sítě v povrchové i hluboké vrstvě tukové tkáně a také na protažení povrchové fascie. Efekt protažení těchto struktur je především v ovlivnění mechanických vlastností tkáně a volném pohybu cévního i lymfatického řečiště. Vzhledem k malému množství mechanoreceptorů významnou proprioceptivní aktivaci nelze předpokládat. U jizev, kde patologická fibrózní tkáň vede ke spojení mezi kůží, povrchovou a hlubokou fascií, může protažení zlepšit relativně nezávislý pohyb mezi těmito strukturami a změnit situaci, kdy svalová kontrakce nebo napínání kůže mohou vést k nadměrné stimulaci exteroceptivních a proprioceptivních receptorů. Protažení ve vlně aplikovaná na šlachy nebo přechod šlachy a svalů může kromě zvýšení elastických vlastností šlach, ovlivnit proprioceptory (Golgi a Ruffini) zde uložené a mít inhibiční vliv na příslušné svaly.

## Protažení svalů ve vlně



tato technika cílí více na hluboké fascie, jak aponeurotické, tak epimysiální. Dochází k protažení hlubokých fascií s vyloučením stimulace svalových vřetének, tím je eliminována aktivace svalu při jejich protažení. Také odpadá reflexní aktivace svalů, pokud je podélné protažení bolestivé. Vliv na spoušťové body je sekundární prostřednictvím normalizace elasticity hlubokých fascií. Vliv na receptory (zejména Ruffini) vede k potlačení aktivity sympatiku a tím navození lokální i celkové relaxace svalů. Protažení ve vlně v oblasti přechodu sval šlacha nebo samotné šlachy působí mimo jiné na Golgiho tělíska. Jejich stimulace touto technikou může vést také k snížení napětí svalových vláken příslušného svalu.

## **Působení tlakem.**



Tlak do myofasciální tkáně vyvolává biomechanickou i reflexní reakci. Presura jako terapie se využívá na všechny druhy fasciální tkáně, může mít formu statického i dynamického tlaku na větší, či menší oblasti, různá může být i intenzita použitého tlaku. Tlak spojený s rychlým třením tkání zvyšuje jejich lokální teplotu, a to má vliv na jejich viskoelatické vlastnosti. Tlak na měkké tkáně vyvolává reakce místní i celkové.

### **Ovlivnění biochemických a biomechanických dějů**

Tlak nebo frikce na podkožní nebo hluboké fascie katalyzuje reparační procesy, kdy v závislosti na změnách velikosti fragmentů HA vzniká nejprve zánětlivá reakce a krátce na to reakce, která tyto přirozené zánětlivé procesy spíše tlumí. Koreluje to s klinickou praxí, kdy po tlakové terapii je den nebo dva bolestivá reakce, po které následuje úleva. Zvažuje se, že ovlivnění této reparační reakce je skutečný mechanismus, která upravuje biochemické parametry v kritických oblastech jako je trigger point, restrikce fascie apod. Jinak řečeno tlakové ovlivnění měkkých tkání funguje jako katalyzátor pro rozpuštění zánětlivé reakce.

Tlak do podkoží nebo hlubokých tkání také vyvolává sekreci neuropeptidů – enkafalinů, které působí proti uvolnění látky P a bradykininu a dalších látek aktivující nocicepční vlákna. Jinými slovy tlakem se uvolňují látky, které pomáhají deaktivovat již aktivované nociceptory a tím redukovat bolest.

Působení tlaku na fascie ve fázi hojení (jizvy, ruptura vazů...) má pozitivní efekt na uspořádání a kvalitu kolagenních vláken.

### **Působení tlaku na mechanoreceptory.**

Golgiho tělíska lze stimulovat pouze silným tlakem nejspíše na přechodové zóně svalu a šlachy, čímž vyvoláme relaxaci příslušných svalových vláken.

Paciniho tělíska, které se vyskytují téměř ve všech typech fasciových tkání, reagují pouze na rychlé změny, nebo vibrace, oscilace. Tímto typem stimulace nevyvoláme přímo změnu svalové tonu, ale zvýšíme vnímání stimulované oblasti v CNS, což může mít vliv na stabilizaci a koordinaci pohybu.

Ruffiniho tělíska lze dobře stimulovat pomalou tlakovou technikou i rychlejším provedením. Nacházejí se především v kloubních pouzdrech a vazech, šlachách, aponeurotických fasciích. Tlaková terapie s cílením na RT bude nejvíce účinná na kloubní pouzdro, vazy. Jejich stimulace vede ke snížení vlivu sympatiku a tím k celkovému snížení svalového tonu v oblasti kloubu.

Tlaková stimulace intersticiálních receptorů vede k vasodilataci a vyplavení plazmy do extracelulárního prostoru a rychlé změně tkáňového napětí. Jejich výskyt je téměř všude, největší hustota je v periostu. Reagují na trvalý tlak i rychlé změny tlaku. Pokud chceme ovlivnit tkáň povrchové, používáme jemné tlakové techniky, na hluboké tkáň silnější.

### **Podkožní tkáň**

Technika na kůži a podkoží využívající tlak je především manuální lymfodrenáž, je prováděna velmi lehkým tlakem – dynamicky.

### **Jizva**

Při terapii jizvy používáme tlaku statického i dynamického (frikční masáž). Důvod terapie je zhoršená elasticita, adheze k hluboké fascii a bolestivost jizvy. Intenzita tlaku může poměrně vysoká s ohledem na místo jizvy a její palpační citlivost.

### **Hluboké fascie a svaly.**

Presura trigger pointu. Mechanismus ovlivnění TP působením tlaku není dosud zcela vysvětlen. Travell a Simons vysvětlovali účinek zvýšením lokálního metabolismu stlačené tkáně po přechodné době ischemie. Další mechanismy působení tlaku jsou popsány již výše.

Intenzita tlaku na spouštěvý bod musí být závislá na hloubce uložení postiženého svalu. Obecně lze říci, že čím je TP hlouběji uložený, tím větší musí být intenzita prováděného tlaku. Avšak i u povrchově uložených svalů můžeme tlak postupně zvyšovat, vždy je však nutné registrovat reakci svalových vláken, které musí být v uvolněném stavu a terapeut musí cítit reakci „tající“ tkáň. Lokální presura není prováděna staticky, v průběhu se musí měnit nejen intenzita tlaku (podle reakce tkáň), ale i jeho směr (z jednoho bodu hledáme postupně zvýšené odpory v různých směrech). Trvání terapie je desítky vteřin až minuty.



Hlubková masáž – lze ji využít pouze u povrchněji uložených svalů. Začátek techniky je obdobný jako u presury, poté pokračujeme pomalým pohybem po vlákních spoušťového bodu směrem k začátku svalu a po té opačně. Pravidla pro intenzitu provádění jsou shodná s tlakovou terapií (pacient může cítit diskomfort, při kterém je schopen mít sval relaxován, nikoliv bolest při, které sval kontrahuje).

Rychle prováděné tahy zvyšují teplotu ošetřované tkáně, což vede k snížení viskozity kyseliny hyaluronové a zvýšení elasticity fascií.

### **Kloubní pouzdra, vazy.**

Použití statické presury nebo spíše dynamického tlaku využíváme na tyto struktury z více důvodů. K urychlení a zkvalitnění reparace po zranění, uvolnění fasciálních struktur po imobilizaci, tlakové terapie na kloubní pouzdro a vazy může snížit i bolestivost těchto tkání a stimulací Ruffiniho receptorů má vliv i na snížení svalového napětí příslušných svalů. Stimulací receptorů v retinakulární fascii kolem kloubů se zlepšuje propriocepce a má vliv na zlepšení stability kloubu.

### **Periost**

Statická nebo dynamická presura na bolestivé periostové body působí zejména na intersticiální receptory (v periostu je IR nejvyšší hustota) což mimo jiné způsobí vyplavení plazmy do extracelulární matrix a změnu tkáňového napětí.

## Technika posunu fascií



Příkladem je posun thorakolumbální fascie. Tlakem do podkožní tkáně se současným posunem těchto tkání předpokládáme, že vyvoláme kluzný pohyb mezi aponeurotickou a epimysialní fascií, kde se nachází vrstva kyseliny hyaluronové, která tento kluzný pohyb umožňuje a v případě patologických stavů vzniká jeho omezení.

## Technika uvolnění hluboký fascií na končetinách



technika prováděná na paži, předloktí, stehnu a bérce – provádí cirkulární posun svalů kolem příslušných kostí – je cílená především na fascie komunikující mezi svalovými vrstvami, případně kostmi a svaly, které je obalují.

Obdobná technika prováděná v oblasti kloubů – loket, zápěstí, koleno, hlezno může zlepšovat posunlivost podkožních tkání vůči hluboké fascii a elasticitu retinakulární fascie kolem těchto kloubů.

Na uvolnění pohybu šlach, úponů fixovaných tuhým retinaculem (stavy po fixacích apod.) je možné použít další techniku, která spočívá ve fixaci retinaculární fascie (tlakem prstů nebo rukou) s následným aktivním pohybem v kloubu ve všech nebo vybraných směrech.

## Kloubní techniky



Základním úkolem většiny postupů manuální terapie na klouby je uvolnění funkčního pohybu, především kloubní vřle. Poruchy kloubní vřle mohou mít více patofyziologických příčin, ale ať už se jedná o omezení z důvodu imobilizace segmentu např. po fraktuře, nebo funkční blokádu páteře, jejíž podstata není dosud zcela vyjasněna a jedna z hlavních teorií ji vysvětluje uskřinutím meniskoidu, vždy jde o příčinu ve fasciální tkáni. Použití specifických mobilizačních technik by mělo vycházet a respektovat mechanismy účinků pohybu a tlaku na tyto tkáně.

Repetitivní mobilizace se používá především na periferní i osově klouby, u kterých můžeme provádět pohyb ve smyslu posunu, případně zaúhlení. Při poruše, kde je hlavní příčinou ztráta elasticity kloubního pouzdra, vazů, retinacula, ať už nucenou imobilizací, posttraumaticky, reflexně atd., může být nahrazena čekáním v předpětí (účinek protažení fascií s maximem okolo jedné minuty). Prakticky se jedná zejména o periferní klouby. U kloubů páteře, žeber, pánve je příčina blokády většinou jiná než imobilizace. Zejména u akutních blokády jde nejspíše o příčinu, která spočívá v uskřinutí meniskoidu. V tomto případě nejde o zlepšení elasticity fascií kloubu, ale o uvolnění meniskoidu a zrušení nocicepce, které vede k celému řetězci reflexních změn. Praxe ukazuje, že je sice možná repetitivní mobilizace (pokud je technicky možná) nebo technika PIR, ale nejsilnější a nejrychlejší efekt bývá při technice s rychlým provedením, označované jako nárazová manipulace (mobilizace). Myslím, že i pro evokaci pojmu náraz, jako něčeho silového, by si

zasloužila tato technika změnu terminologie např. „mobilizace s impulsem“, který lépe vyjadřuje důraz na rychlost než na sílu, která je při správném provedení této techniky minimální. V našem pojetí, které je výlučně nemechanické, je možné tento impuls provádět ve funkčně omezeném i volném směru nebo trakčně. Techniku PIR používáme zejména u kloubů páteře, tam kde není posun technicky možný. Jde o pohyb cílený do jednoho segmentu funkčním směrem (flexe, extenze, lateroflexe, rotace). PIR je spíše jen pomůcka k dosažení lepšího uvolnění, než princip terapie a větší význam má, tam kde současně dochází k protažení souvisejících svalů, tedy na páteři spíše u flexe než extenze. Hlavním principem je dosažení polohy v segmentu a následný pohyb, kdy dojde k obnovení kloubní vůle, pravděpodobně na podkladě uvolnění meniskoidu. Způsob provedení – čekání v krajní poloze (předpětí), repetitivní mobilizace nebo mobilizace s impulsem - je zřejmě podružný a je možné tyto způsoby i kombinovat. U poruch pohyblivosti páteře, kde je hlavní příčinou snížená elasticita fascií kolem kloubů tento náhlý efekt nemůžeme očekávat a je nutné techniky (cvičení) provádět opakovaně, význam zde ztrácí mobilizace s impulsem.

Z technik aplikovaných na struktury kloubu (kloubní pouzdro, vazy, retinaculum), které mají opačný cíl než výše uváděné, a to zlepšení stabilizace kloubu, především cestou zlepšení propriocepce je zde nutné uvést využití tlaku na retinaculum nebo použití vibrací na měkké tkáně v oblasti kloubu.

Pro všechny kloubní techniky platí zásadní princip jako u terapie ostatních tkání – nejde jen o úpravu biomechanických poměrů, ale možná především o ovlivnění propriocepce a tím o vstup do řízení pohybu a postury.

### **Strategie terapie myofasciálního syndromu.**

Příčin vzniku MFS je celá řada (úrazy, viscerální, metabolické...), dále budeme sledovat pouze příčinou nejčastější – chronické přetížení pohybového systému. Většinou jde o relativně zvýšenou, neekonomicky probíhající zátěž, např. při poruše statiky, dynamické stabilizace nebo poruše pohybových stereotypů, často v doprovodu s celkovou hypoaktivitou nebo minimální rozmanitostí pohybových činností, což vede ke vzniku TPů, myofasciálních restrikcí, funkčních, později strukturálních poruch kloubních. Tyto poruchy nemají vliv pouze na mechanické parametry stabilizačních a dynamických funkcí pohybového systému, ale také změny propriocepce, které stabilizaci a pohybovou koordinaci negativně ovlivňují.

Základním předpokladem k terapii, a především prevenci MFS za této situace bude zajisté redukce nebo odstranění základních příčin (úprava statiky, dynamické stabilizace, koordinace, zvýšení rozmanitých pohybových činností apod.), za pomoci aktivačních postupů. Bez úpravy myofasciálních poruch, nejen z důvodu zlepšení biomechanických poměrů, ale také k odstranění nebo redukce vlivu patogenní propriocepce, bude tento proces méně účinný, ne-li nemožný. Využití manuálních technik je nutné chápat ne izolovaně jako prostředku k odstranění bolestivých bodů, blokády, protažení svalů apod., ale jako vstupní bránu do CNS, která normalizuje fyziologickou zpětnou vazbu nutnou pro kvalitní řízení motoriky. Pro ovlivnění jednotlivých poruch pak můžeme (při znalosti účinků terapie na různé druhy tkání a struktur) vstupovat do systému různými cestami i formami

terapie. Znalosti o fasciálním systému nám navíc dávají možnost reálně nahlédnout do podstaty anatomie myofasciálních řetězců, které nacházíme v různých podobách u mnoha autorů, z domácích je nutné jmenovat alespoň Vojtu, Jandu, Koláře, Mojžíšovou. To nám umožňuje nacházet vysvětlení účinků terapie aplikovaných na strukturách vzdálených od místa bolesti nebo i od místa zdánlivě primární poruchy.

Náš současný systém koncepce a výuky myoskeletální medicíny ne zcela odpovídá všem poznatkům, zmíněných v tomto textu a bylo by ku prospěchu jej zrevidovat a postupně upravit.

1. Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Morra A, Parenti A, Stecco A, et al. The ankle retinacula: morphological evidence of the proprioceptive role of the fascial system. *Cells Tissues Organs*. 2010; 192:200–10.
2. Stecco A, Gilliar W, Hill R, Fullerton B, Stecco C. The anatomical and functional relation between gluteus maximus and fascia lata. *J Bodyw Mov Ther*. 2013.
3. Hubbard DR, Berkoff GM. Myofascial trigger points show spontaneous needle EMG activity. *Spine*. 1993; 18:1803–7.
4. Mense S. [Pathophysiology of low back pain and the transition to the chronic state - experimental data and new concepts]. *Schmerz*. 2001; 15:413–7.
5. Jami L 1992 Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions. *Physiological Reviews* 73(3): 623–666
6. Lederman E 1997 *Fundamentals of Manual Therapy*. Churchill Livingstone, Edinburgh
7. Burke D, Gandeva SC 1990 Peripheral motor system, In: Paxinos G (ed). *The Human Nervous System Vol. 1: Academic Press, San Diego*, p 133
8. Stilwell D 1957 Regional variations in the innervation of deep fasciae and aponeuroses. *The Anatomical Record* 127(4): 635–653
9. van den Berg F, Cabri J 1999 *Angewandte Physiologie – Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Germany
10. Kruger L 1987 Cutaneous sensory system. In: Adelman G (ed.). *Encyclopedia of Neuroscience: Vol. 1* pp 293–294
11. Mitchell JH, Schmidt RF 1977 Cardiovascular reflex control by afferent fibers from skeletal muscle receptors. In: Shepherd JT et al. (eds). *Handbook of Physiology, Sect. 2, Vol. III, Part 2*. American Physiological Society Bethesda, MA, pp 623–658
12. Johansson B 1962 Circulatory response to stimulation of somatic afferents. *Acta Physiologica Scandinavica* 62 (Suppl. 198): 1–92
13. JN 1960 Patterns of response of the paravertebral musculature to visceral stimuli. *American Journal of Physiology* 198: 429–433



14. Schleip R 1993 Primary reflexes and structural typology. *Rolf Lines* 21(3): 37–47
15. Johansson H et al. 1991 Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 18(5): 341–368
16. Gellhorn E 1967 *Principles of Autonomic– Somatic Integration: Physiological Basis and Psychological and Clinical Implications*. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN
17. Bell J, Holmes M. Model of the dynamics of receptor potential in a mechanoreceptor. *Math Biosci.* 1992; 110:139–74.
18. Damiano RE. Late onset regression after myopic keratomileusis. *J Refract Surg.* 1999; 15:160.
19. Loewenstein WR, Skalak R. Mechanical transmission in a Pacinian corpuscle. An analysis and a theory. *J Physiol.* 1966;182:346–78.
20. Swerup C, Rydqvist B. A mathematical model of the crustacean stretch receptor neuron. Biomechanics of the receptor muscle, mechanosensitive ion channels, and macrotransducer properties. *J Neurophysiol.* 1996; 76:2211–20.
21. Husmark I, Ottoson D. The contribution of mechanical factors to the early adaptation of the spindle response. *Physiol.* 1971;212:577–92.
22. Wilkinson RS, Fukami Y. Responses of isolated Golgi tendon organs of cat to sinusoidal stretch. *J Neurophysiol.* 1983; 49:976–88.
23. Sanchis-Alfonso V, Roselló-Sastre E. Immunohistochemical analysis for neural markers of the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A neuroanatomic basis for anterior knee pain in the active young patient. *Am J Sports Med.* 2000;28:725–31.
24. Bednar DA, Orr FW, Simon GT. Observations on the pathomorphology of the thoracolumbar fascia in chronic mechanical back pain. A microscopic study. *Spine.* 1995; 20:1161–4.
25. Feinberg RN, Beebe DC. Hyaluronate in vasculogenesis. *Science.* 1983; 220:1177–9.
26. Day AJ, Sheehan JK. Hyaluronan: polysaccharide chaos to protein organization. *Curr Opin Struct Biol.* 2002; 11:617–22.
27. Delmage JM, Powars DR, Jaynes PK, Allerton SE. The selective suppression of immunogenicity by hyaluronic acid. *Ann Clin Lab Sci.* 1986; 16:303–10.
28. McBride WH, Bard JB. Hyaluronidase-sensitive halos around adherent cells. Their role in blocking lymphocyte-mediated cytotoxicity. *J Exp Med.* 1979; 149:507–15.
29. Laurent TC, Fraser JR. Hyaluronan. *FASEB J.* 1992; 6:2397–404.

30. Fraser JRE, Laurent TC, Laurent UBG. Hyaluronan: its nature, distribution, functions and turnover. *J Internal Med.* 1997; 242:27–33.
31. Piehl-Aulin K, Laurent C, Engström-Laurent A, Hellström S, Henriksson J. Hyaluronan in human skeletal muscle of lower extremity: concentration, distribution, and effect of exercise. *J Appl Physiol.* 1991; 71:2493–8.
32. McCombe D, Brown T, Slavin J, Morrison WA. The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery. *J Hand Surg Br.* 2001; 26:89–97.
33. Klein DM, Katzman BM, Mesa JA, Lipton JF, Caligiuri DA. Histology of the extensor retinaculum of the wrist and the ankle. *J Hand Surg Am.* 1999; 24:799–802.
34. Ellis FD, Seiler 3rd JG, Sewell CW. The second annular pulley: a histologic examination. *J Hand Surg Am.* 1995; 20:632–5.
35. Katzman BM, Klein DM, Garven TC, Caligiuri DA, Kung J. Comparative histology of the annular and cruciform pulleys. *J Hand Surg Br.* 1999; 24:272–4.
36. Järvinen, T.A., Józsa, L., Kannus, P., Järvinen, T.L., Järvinen, M., 2002. Organization and distribution of intramuscular connective tissue in normal and immobilized skeletal muscles. An immunohistochemical, polarization and scanning electron microscopic study. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 23 (3), 245–254.
37. Loghmani, M.T., Warden, S.J., 2009. Instrument-assisted cross-fiber massage accelerates knee ligament healing. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 39 (7), 506–514.
38. Loghmani, M.T., Warden, S.J., 2013. Instrument-assisted cross fiber massage increases tissue perfusion and alters microvascular morphology in the vicinity of healing knee ligaments. *Complement. Altern. Med.* 28 (13), 240.
39. Juul C, Bangsbo J, Graham T, Saltin B. Lactate and potassium fluxes from human skeletal muscle during and after intense, dynamic, knee extensor exercise. *Acta Physiol Scand.* 1990; 140:147–59.
40. Staubesand J, Li Y 1996 Zum Feinbau der Fascia cruris mit besonderer Berücksichtigung epi- und intrafasziärer Nerven. *Manuelle Medizin* 34: 196–200
41. Staubesand J, Li Y 1997 Begriff und Substrat der Faziensklerose bei chronisch-venöser Insuffizienz. *Phlebologie* 26: 72–79
42. Staubesand J et al. 1997 La structure fine de l'aponeurose jambière. *Phlébologie* 50: 105–113
43. Bhowmick, S., Singh, A., Flavell, R.A., Clark, R.B., O'Rourke, J., & Cone, R.E. (2009). The sympathetic nervous system modulates CD4(+)FoxP3(+) regulatory T cells via a TGF-beta-dependent mechanism. *J Leukoc Biol*, 86(6), 1275–1283.

44. Tomasek, J.J, Gabbiani, G., Hinz, B., Chaponnier, C., & Brown, R.A. (2002). Myofibroblasts and mechano-regulation of connective tissue remodeling. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 3, 349-363.
45. Pipelzadeh, M.H., & Naylor, I.L. (1998). The in vitro enhancement of rat myofibroblast contractility by alterations to the pH of the physiological solution. *Eur J Pharmacol*, 357(2-3), 257-259.
46. Simons DG, Travel JG, Simons LS. Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins; 1999.