

ONEMOCNĚNÍ TEMPOROMANDI- BULÁRNÍHO KLOUBU

Diagnostika a léčba

Vladimír Machoň
a kolektiv



TMJ R Parametro

MEDIKA TRADE PRAHA, S.R.O.

spolupracující kloubní poradny

Kloubní poradna
Soběslavská 2062/44
130 00 Praha 3

Kloubní poradna
Strnadova 1547/22
326 00 Plzeň

PORADNA PRO ČELISTNÍ KLOUB

Klíčem k účinné a smysluplné léčbě onemocnění čelistního kloubu **je správná diagnóza, která určí rozsah problému.**

Nabízíme široké spektrum léčby:

- léky na zmírnění bolesti a zánětu
- termoterapie
- fyzioterapie a rehabilitace
- program domácího cvičení
- nákusné dlahy
- chirurgické zákroky

Poradna pro čelistní kloub je součástí AKESO POLIKLINIKY, kterou najdete v administrativním centru Coral v pražských Nových Butovicích.

Dotazy a objednání  **14 111**



Více o poradně
čelistního kloubu

**Děkujeme společnostem, které v této publikaci inzerují
nebo její vydání jiným způsobem podpořily
(v abecedním pořadí):**

AKESO holding a.s.

Consulting AR s.r.o.

Medika Trade Praha, s.r.o.

SynMedical s.r.o.

WEST MEDICAL s.r.o.

ONEMOCNĚNÍ TEMPOROMANDI- BULÁRNÍHO KLOUBU

Diagnostika a léčba

Vladimír Machoň
a kolektiv

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.
Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou **bez souhlasu nositele práv zakázány**.

MUDr. et MUDr. Vladimír Machoň a kolektiv

Onemocnění temporomandibulárního kloubu – diagnostika a léčba

Editor

MUDr. et MUDr. Vladimír Machoň

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie, Nemocnice České Budějovice
TMJ Academy

Kolektiv autorů

MUDr. et MDDr. Martin Bartoš, Ph.D.

MUDr. Michal Beňo, Ph.D.

doc. MUDr. Dušan Hirjak, Ph.D.

prim. MUDr. Petr Jiráček

MUDr. et MUDr. Petr Kocum

MUDr. et MUDr. Vladimír Machoň

prof. MUDr. Pavel Michálek, Ph.D., D.E.S.A.,

M.Sc., FEAMS, MBA

MUDr. et MUDr. Petr Michl, Ph.D.

MDDr. Klára Nejedly

MDDr. Robert Plachý

Mgr. Lucie Říhová

prim. MDDr. Josef Šebek

doc. MUDr. et MDDr. Jiří Šedý, Ph.D., MBA

doc. MUDr. et MUDr. Peter Tvrďák, Ph.D.

MUDr. et MUDr. Vasilis Vlachopoulos

MUDr. et MUDr. Marek Vlček, Ph.D.

Recenzent

prof. MUDr. et MUDr. René Foltán, Ph.D., FEBOMFS

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

Obrázky a fotografie dodali autoři.

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2024

© Grada Publishing, a.s., 2024

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
jako svou 9726. publikaci
Šéfredaktorka lékařské literatury MUDr. Michaela Lízlerová
Odpovědná redaktorka BcA. Radka Jančová, DiS.
Jazyková korektura Štěpán Sirovátka
Sazba a zlom Bc. Jaroslav Kolman
Počet stran 468
1. vydání, Praha 2024
Vytiskla D.R.J. TISKÁRNA RESL, s.r.o., Náchod

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-7493-5 (pdf)
ISBN 978-80-271-5002-1 (print)

Seznam autorů

Editor

MUDr. et MUDr. Vladimír Machoň

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie, Nemocnice České Budějovice
TMJ Academy

Kolektiv autorů

MUDr. et MDDr. Martin Bartoš, Ph.D.

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
Anatomický ústav 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy

MUDr. Michal Beňo, Ph.D.

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie,
Nemocnice České Budějovice
TMJ Academy

doc. MUDr. Dušan Hirjak, Ph.D.

Oddelenie maxilofacialnej chirurgie, Onkologický ústav svätej Alžbety a Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

prim. MUDr. Petr Jiráček

Oddělení ORL a chirurgie hlavy a krku,
Nemocnice Na Homolce

MUDr. et MUDr. Petr Kocum

Oddělení ORL a chirurgie hlavy a krku,
Nemocnice Na Homolce
Stomatochirurgie Měchurka s.r.o.

MUDr. et MUDr. Vladimír Machoň

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. MUDr. Pavel Michálek, Ph.D., D.E.S.A., M.Sc., FEAMS, MBA

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. et MUDr. Petr Michl, Ph.D.

Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie Lékařské fakulty Univerzity Palackého a Fakultní nemocnice Olomouc
Stomatochirurgie Michl, s.r.o.

MDDr. Klára Nejedlá

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MDDr. Robert Plachý

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Mgr. Lucie Říhová

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prim. MDDr. Josef Šebek

Oddělení ústní, čelistní a obličejové chirurgie,
Nemocnice České Budějovice

doc. MUDr. et MDDr. Jiří Šedý, Ph.D., MBA

Klinika zubního lékařství Lékařské fakulty Univerzity Palackého a Fakultní nemocnice Olomouc
Ústav anatomie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy 3DK s.r.o., Praha

doc. MUDr. et MUDr. Peter Tvrďák, Ph.D.

Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie Lékařské fakulty Univerzity Palackého a Fakultní nemocnice Olomouc

MUDr. et MUDr. Vasilis Vlachopoulos

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity
Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze
TMJ Academy

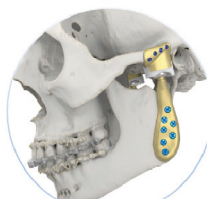
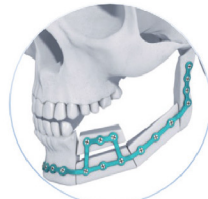
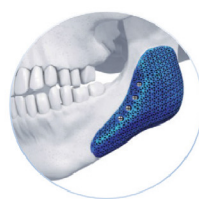
MUDr. et MUDr. Marek Vlk, Ph.D.

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity
Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Recenzent

prof. MUDr. et MUDr. René Foltán, Ph.D., FEBOMFS

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze



SynMedical s.r.o.

Personalized Surgical Solutions

TruMatch® materialise
PERSONALIZED SOLUTIONS innovators you can count on

Obsah

Seznam autorů	VII
Předmluva	XIII
1 Anatomie a gnatologie	1
Jiří Šedý	
1.1 Anatomie temporomandibulárního kloubu	1
1.2 Temporomandibulární kloub z pohledu gnatologie	18
2 Vyšetření pacienta s onemocněním temporomandibulárního kloubu	49
Vladimír Machoň, Jiří Šedý, Petr Michl, Martin Bartoš	
2.1 Klinické vyšetření	49
2.2 Mapa bolesti	58
2.3 Zobrazovací metody při vyšetření TMK	61
2.4 Mikro-CT zobrazování temporomandibulárního kloubu	67
3 Etiologie onemocnění temporomandibulárního kloubu	75
Vladimír Machoň	
3.1 Anatomické faktory	76
3.2 Trauma	76
3.3 Celkové vlivy	81
4 Onemocnění temporomandibulárního kloubu	85
Vladimír Machoň	
4.1 Onemocnění TMK: rozdělení	85
4.2 Vrozené a vývojové poruchy	87
4.3 Diskopatie	98
4.4 Zánětlivě degenerativní onemocnění	106
4.5 Idiopatická kondylární resorpce (ICR)	123
4.6 Hypermobilita	128
4.7 Hypomobilita čelistního kloubu	133
4.8 Cysty a pseudocysty v oblasti TMK	140
4.9 Nádory v oblasti TMK	143
4.10 Extrakapsulární onemocnění	153
5 Onemocnění postihující oblast temporomandibulárního kloubu	165
Vladimír Machoň, Robert Plachý, Marek Vlk	
5.1 Kostní onemocnění projevující se na strukturách TMK	165
5.2 Poruchy orofaciální hybnosti, bruxismus	171
5.3 Covid-19 a postižení TMK	173
5.4 Kožní tumory preaurikulární krajiny. Zhoubné nádory kůže.	175

6	Bolest	185
	Pavel Michálek, Vladimír Machoň, Petr Kocum, Petr Jirák	
6.1	Bolest hlavy a obličeje – principy její léčby	185
6.2	Bolest TMK	191
6.3	Orofaciální bolest stomatologického původu	195
6.4	Eaglovův syndrom	200
6.5	Bolest z důvodu patologie čelistních (paranasálních) dutin	203
6.6	Otalgie	216
6.7	Temporální arteriitida (Hortonova nemoc)	222
7	Nechirurgická terapie	225
	Vladimír Machoň	
7.1	Konzervativní terapie onemocnění čelistního kloubu	225
8	Deprogramační dlahy	241
	Josef Šebek	
8.1	Užití deprogramačních a reпозиčních dlah	241
9	Principy fyzioterapie	247
	Jiří Šedý	
9.1	Základní principy	247
9.2	Svalový tonus	251
9.3	Vztah krčních nervů a trojklaného nervu	252
9.4	Práce s posturou	252
9.5	Vyšetření postury	255
9.6	Poruchy postury	258
9.7	Práce s cervikokraniálním systémem	260
9.8	Možnosti ovlivnění v rámci fyzioterapie a osteopatie	271
10	Chirurgická terapie	277
	Vladimír Machoň, Robert Plachý	
10.1	Možnosti chirurgické terapie TMK	277
10.2	Anatomická poznámka – rizika chirurgie TMK	279
10.3	Miniinvazivní terapie	285
10.4	Artroskopie	298
10.5	Chirurgická terapie (open surgery)	320
10.6	Chirurgické metody řešící extrakapsulární poruchy	352
11	Rekonstrukce temporomandibulárního kloubu	357
	Vasilis Vlachopoulos, Vladimír Machoň, Michal Beňo	
11.1	Autologní rekonstrukce TMK	357
11.2	Alogenní rekonstrukce TMK	365
11.3	Společná ortognátní operace a rekonstrukce TMK	390

12	Onemocnění temporomandibulárního kloubu u pacientů v dětském věku	401
	Vladimír Machoň, Peter Tvrďý	
12.1	Temporomandibulární poruchy v dětském věku	401
12.2	Postižení TMK při juvenilní idiopatické artritidě	418
13	Výživa pacientů s onemocněním temporomandibulárního kloubu	421
	Lucie Říhová	
13.1	Nutriční anamnéza, edukace	421
14	Pražský terapeutický protokol	425
	Vladimír Machoň	
14.1	Pacient s nebolestivým lupáním	425
14.2	Pacient s bolestivým lupáním	426
14.3	Pacient s omezenou hybností čelisti	426
14.4	Pacient s degenerativními změnami – bez bolesti	426
14.5	Pacient s degenerativními změnami – s bolestí	427
14.6	Pacient s hypermobilitou bez bloku pohybu po maximální abdukci	427
14.7	Pacient s hypermobilitou a blokem pohybu po maximální abdukci	427
14.8	Extrakapsulární, svalová postižení	428
15	Traumatologie temporomandibulárního kloubu	429
	Dušan Hirjak, Vladimír Machoň	
15.1	Zlomeniny kloubního výběžku dolní čelisti	429
15.2	Poranění měkkých tkání čelistního kloubu	441
	Seznam zkratk	445
	Souhrn	448
	Summary	448
	Rejstřík	449

Předmluva

Temporomandibulární kloub je fascinující struktura. Jedná se o kloub, který je oproti jiným výrazně vytížen, zvládá vykonávat dva druhy pohybů. Navíc se jedná o kloub spojený (2 klouby spojené dolní čelistí), takže se změny na jednom kloubu promítají na stranu druhou. Dlouhá léta byl spojován pouze se stomatologií a nějak se pozapomnělo, že se jedná stále „jen“ o kloub – kloub, který může být postižen a který se v principech léčí stejně jako ostatní klouby těla. Dříve bylo onemocnění čelistního kloubu vnímáno striktně jako záležitost změněného skusu, dnes je však jeho onemocnění vnímáno jako celotělový problém. A k tomuto vnímání bychom chtěli napomoci právě napsanou knihou.

Pokusili jsme se vytvořit knihu, v níž text bude maximálně přehledný a důraz bude kladen na obrazovou dokumentaci – tedy, neohromovat čtenáře slovy, ale maximální sdílností. Zda se nám tuto ideu podařilo naplnit, je na vás, laskaví čtenáři.

Na závěr předmluvy si dovoluji ještě poděkovat:

První poděkování patří všem spoluautorům, kteří se tohoto úkolu zhostili s fascinující pílí. Pokud bych já sám měl něco na této knize vyzdvihnout, jsou to právě skvělé kapitoly spoluautorů.

Druhé poděkování patří panu prof. René Foltánovi, že si při své pracovní vytíženosti našel čas na recenzi textu a za podporu při realizaci knihy.

Třetí poděkování patří vydavateli, že přistoupil na nabídku vydání knihy o čelistním kloubu. Velký dík za zpracování textů a grafickou úpravu.

Čtvrté poděkování patří sponzorům knihy. Teprve během její realizace jsem pochopil, jak obtížné je sehnat sponzorskou podporu. Vám, kteří jste našli chuť knihu podpořit, díky.

Další poděkování patří pak všem sestrám i lékařům, kteří mi pomáhají v mé „kloubní cestě“. Poděkování náleží mým nadřízeným, kteří tuto moji zálibu tolerují a nechávají mi dostatek volnosti a prostoru, abych se mohl plně realizovat. Ostatně neznám na lidském těle krásnější strukturu, než je čelistní kloub (zkušený znalci anatomie mi jistě potvrdí).

Speciální díky si zaslouží dvě jména: prof. F. M. Dolwick a prof. L. G. Mercuri, které mohu s radostí a štěstím pokládat za své učitele, mentory a přátele.

Velký dík patří mé rodině a partnerce.

Největší poděkování však směřuje vám, drahé kolegyně a kolegové. Za to, že stále máte chuť mi své pacienty posílat. A pochopitelně poděkování patří vám pacientům, za vaši odvahu svěřit se do mé péče. Bez vás by nebylo zkušeností, bez vás by nebylo o čem psát.

V Praze, listopad 2024

Vladimír Machoň

program

zaměřený na:

- diagnostiku a léčbu onemocnění čelistního kloubu
- ortognátní chirurgii
- spánkovou apnoe
- orofaciální onkologii

pořádání
vzdělávacích kurzů
a stáží

www.tmjacademy.cz



EDUCATIONAL PROGRAM

BE PART OF OUR
JOURNEY
TO UNIQUE
KNOWLEDGE



EXPERIENCES



PROFESSIONALISM



EDUCATION

1 Anatomie a gnatologie

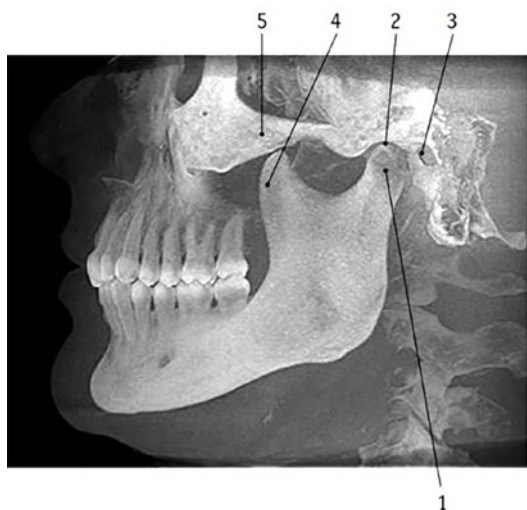
Jiří Šedý

1.1 Anatomie temporomandibulárního kloubu

Jiří Šedý

Čelistní (temporomandibulární) kloub TMK – **articulatio temporomandibularis** („articulus mandibularis“; angl. temporomandibular joint, TMJ) – je jediné kloubní spojení mezi kostmi lebky (obr. 1.1). V lidském těle se

jedná o zcela ojedinělé spojení, které se rovněž označuje jako kranio-mandibulární kloub – **articulatio cranio-mandibularis**. Kloubní hlavici tvoří **caput mandibulae** a kloubní jamku konkávní plocha na spánkové kosti (**fossa mandibularis**), doplněná vpředu o chrupavkou pokryté **tuberculum articulare**. Kloubní plochy pokrývá výlučně **vazivová chrupavka** – histologické studie prokázaly, že v žádné části temporomandibulárního kloubu není přítomna hyalinní chrupavka, což souvisí s desmogenním původem hlavice a jamky čelistního kloubu. Čelistní kloub se podílí na příjmu a zpracování potravy, výslovnosti hlásek (artikulaci) a řadě dalších funkcí. Patří mezi nejvytíženější klouby v lidském těle. Jeho funkce úzce souvisí s uspořádáním chrupu a žvýkacích svalů, problematika čelistního kloubu je proto převážně náplní gnatologie, protetické stomatologie, ortodoncie, fyzioterapie a maxilofaciální chirurgie.



Obr. 1.1 Temporomandibulární kloub z laterálního pohledu. Snímek získán prostřednictvím Cone Beam CT.

1 caput mandibulae

2 jamka čelistního kloubu na os temporale

3 vnější zvukovod

4 processus coronoideus mandibulae

5 arcus zygomaticus

CT – výpočetní tomografie

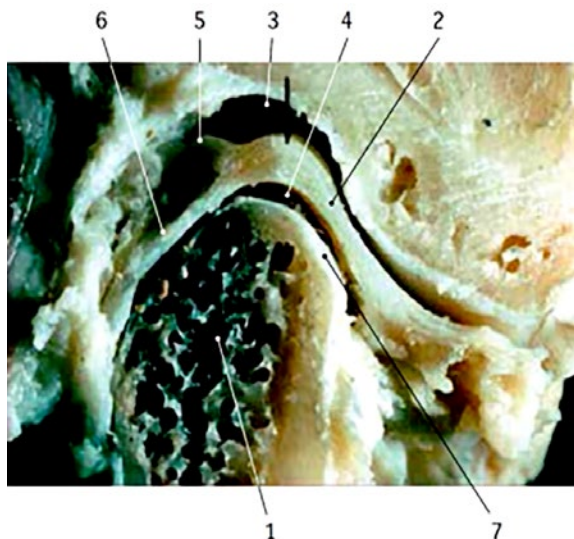
1.1.1 Typ kloubu

Čelistní kloub je **elipsovitého** typu (rotační elipsoid; angl. pivoting hinge joint), z funkčního pohledu je kloub kombinací **šarnýrového kloubu** a **kloubu kulovitého volného**. O caput mandibulae se někdy hovoří jako o **kondylu** (z lat. condylus; řec. kondylos – výběžek, kloub), potom označujeme čelistní kloub obou stran jako funkčně **bikondylární** kloub (articulatio bicondylaris). Vzhledem k tomu, že kloubní plochy tvoří hlavice, jamka a discus articularis, hovoříme o **kloubu složeném** (articulatio composita; angl. compound joint). Jelikož se zde jedna kost (mandibula) kloubí s dvěma dalšími (ossa temporalia) v laterálně souměrném kloubu, označujeme čelistní kloub jako **kloub párový** (articulatio bilateralis).

1.1.2 Kloubní hlavice

Kloubní hlavice temporomandibulárního kloubu je **caput mandibulae** (capitulum mandibulae, condylus mandibulae, kondyl). Kloubní plocha na hlavici (facies articularis) je výrazně menší než kloubní jamka a opírá se zejména o její ventrální část. Hlavice má tvar předozadně zploštělého, horizontálně postaveného elipsoidu, jehož dlouhá osa míří lateroventrokranálně. Při pohledu ze strany tedy připomíná kruh, při pohledu zepředu spíše elipsu (obr. 1.2). Krajinými body této osy jsou výraznější vnitřní pól – **polus medialis** (angl. medial pole) – a méně výrazný vnější pól – **polus lateralis** (angl. lateral pole). Zatímco polus medialis je hladký a ostře zakončený, polus lateralis je spíše zaoblený a na povrchu zdrsňelý.

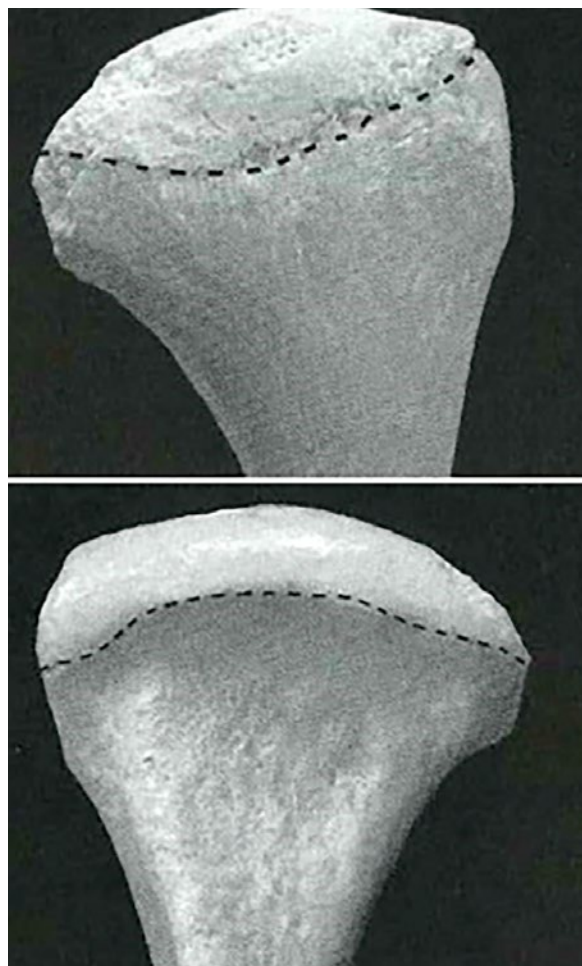
V sagitální rovině se mediální pól hlavice odchyluje mnohem výrazněji od dlouhé osy ramus mandibulae než laterální pól. Tradičně se uvádí, že se dlouhé osy hlavic protínají na předním okraji foramen magnum ossis occipitalis v úhlu 150–160°, podrobnější studie však ukazují, že je tento tzv. **bikondylární úhel** velmi



Obr. 1.2 Sagitální řez pravým temporomandibulárním kloubem. Pohled z laterální strany.

- 1 caput mandibulae
- 2 discus articularis
- 3 pars discotemporalis cavi articulationis temporomandibularis
- 4 pars discomandibularis cavi articulationis temporomandibularis
- 5 horní fibroelastická lamela
- 6 dolní fibrózní lamela
- 7 vazivová chrupavka

variabilní, fyziologicky v rozsahu 120–160°. To odpovídá sklonu kloubní hlavice vůči frontální rovině (**horizontálnímu kondylárnímu úhlu**; angl. horizontal condylar angle) 10–30°, v průměru okolo 23°. Fyziologické rozměry kondylu jsou mediolaterálně 15–23 mm a ventrodorzálně 8–10 mm. Zadní okraj hlavice plynule přechází v **collum mandibulae**, zatímco vpředu je pod okrajem kloubní plochy vyhloubená **fovea pterygoidea**, kam se upíná šlacha caput inferius musculi pterygoidei lateralis. Tvar a velikost hlavice je různý, individuálně charakteristický. Významnější anatomické variace, jako například zdvojení hlavice s vytvořením přídatného kondylu (**caput mandibulae accessorium**), jsou však extrémně vzácné. Hlavici čelistního kloubu (obr. 1.3) nejlépe nahmatáme před ušním boltcem nebo prsty zasunutými do meati acustici externi.



Obr. 1.3 Facies articularis – hlavice pravého čelistního kloubu
Nahoře – pohled z dorzální strany
Dole – pohled z ventrální strany

1.1.3 Chrupavka kloubní hlavice

Kloubní chrupavka pokrývá většinu plochy hlavice, přičemž dorzálně zasahuje výrazně kaudálněji než ventrálně. Její tloušťka je u dospělého jedince 0,3–0,5 mm, přičemž nejsilnější je na svém ventrokraniálním povrchu, v nejzatíženější oblasti kloubu, kde je v kontaktu se zona intermedia disci articularis. Kloubní chrupavka je výrazně konvexní v sagitální rovině, tj. při pohledu ze strany, zatímco relativně méně ve frontální rovině, tj. při pohledu zepředu. Kloubní plochu pokrývá **vazivová chrupavka**, která je odspodu vyztužena drobnými kostěnými trny (**spiculae**), kterých s přibývajícím věkem ubývá, a chrupavka tak ztrácí svoji původní pevnost a snáze podléhá degenerativním změnám. Kloubní chrupavka má důmyslnou strukturu složenou z buněk, kolagenních vláken a mezibuněčné hmoty. Kloubní hlavice má prakticky po celý život schopnost remodelace v rámci adaptace na měnící se síly a poměry chrupu (abraze a ztráta chrupu). Směrem kraniálním je kloubní hlavice schopna regenerace vazivové chrupavky, směrem kaudálním přestavby kosti. Schopnost remodelace s věkem ubývá. Chrupavka je vyživována difuzí ze synoviální tekutiny.

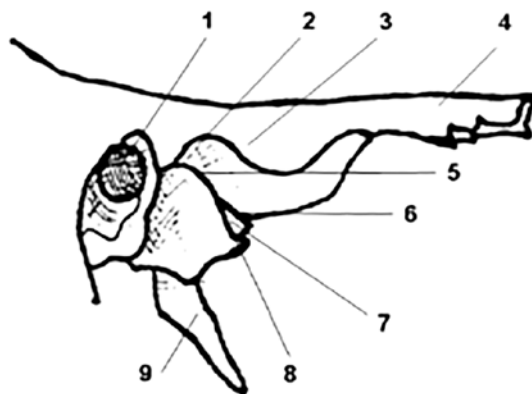
1.1.4 Kloubní jamka

Kloubní jamku temporomandibulárního kloubu tvoří kloubní plocha – **facies articularis** – složená z **tuberculum articulare squamae ossis temporalis** (prominentia articularis, eminentia articularis; angl. articular eminence) vpředu a **fossa mandibularis squamae ossis temporalis** (klin. fossa glenoidalis) vzadu. V sagitálním pohledu je patrné, že tyto dvě struktury společně vytvářejí profil ve tvaru písmene „S“.

Na tuberculum articulare popisujeme **přední svah** (angl. anterior slope), **vrchol** (angl. vertex, crest) a **zadní svah** (angl. posterior slope). Funkčně nejvýznamnější je zadní svah, na který je při pohybu hlavice a disku vyvíjen největší tlak. Kompaktní kost tuberculum articulare je poměrně silná, podložená spongiózní kostí, do které mohou zasahovat i dutiny související se středoušní dutinou. Tuberculum articulare je, co se týče výšky, šířky i strmosti, tvarově velmi variabilní, což ovlivňuje rozsah i charakter kloubních pohybů. Tuberculum articulare přechází ventrálně přes svůj nejvyšší bod do oblasti, kterou označujeme jako **planum praeglenoidale**, která odpovídá oblasti, kam až se může posunout kloubní hlavice při extrémním pohybu, tj. maximálním otevření úst.

V dorzální části kloubní jamky je vytvořen individuálně různě vyvinutý hrbolek – **processus retroarticularis** (tuberculum retroarticulare, tuberculum postglenoidale), který někdy pokračuje mediálně jako **crista retroarticularis** (crista postglenoidalis). Hrbolek se vyvíjí teprve po narození a maxima dosahuje ve 13 letech věku.

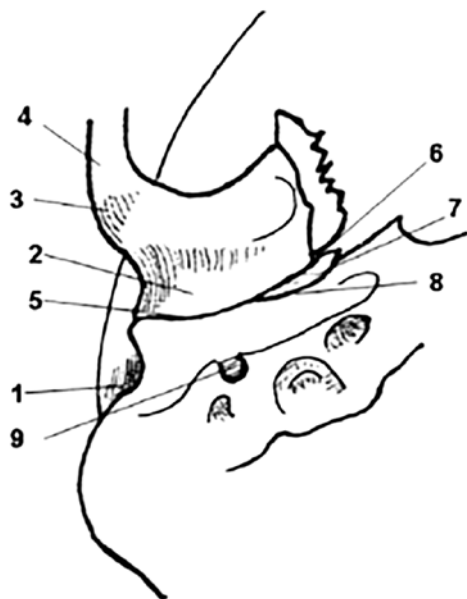
Klinický význam má úzký vztah štěrbin mezi jednotlivými částmi spánkové kosti a jamky temporomandibulárního kloubu. Na dorzálním okraji kloubní jamky se nachází šev – **sutura tympanosquamosa**, vytvořená mezi pars tympanica a pars squamosa. Poněkud mediálněji odtud je mezi tyto dvě kosti vklíněn malý proužek pars petrosa (konkrétně ventrolaterální okraj tegmen tympani) a touto bifurkací sutura tympanosquamosa vznikají dvě štěrby, dorzální **fissura petrotympanica** a ventrální **fissura petrosquamosa** (obr. 1.4 a obr. 1.5). Z hlediska čelistního kloubu je z těchto štěrbin klinicky významná především fissura petrotympanica, přes kterou procházejí také vazivové snopce, spojující ligamentum mallei anterius uvnitř středoušní dutiny a některé vazy a kloubní pouzdro čelistního kloubu, konkrétně ligamentum discomallei a ligamentum malleomandibulare, což vysvětluje některé poruchy sluchu u onemocnění temporomandibulárního kloubu.



Obr. 1.4 Schéma fisurálního systému v oblasti temporomandibulárního kloubu – laterální pohled, pravá strana

- 1 meatus acusticus externus
- 2 fossa mandibularis
- 3 tuberculum articulare
- 4 processus zygomaticus
- 5 sutura tympanosquamosa
- 6 fissura petrosquamosa
- 7 pars petrosa (tegmen tympani)
- 8 fissura petrotympanica
- 9 processus styloideus

(modifikováno podle Anagnostopoulou et al., 2008)



Obr. 1.5 Schéma furálního systému v oblasti temporomandibulárního kloubu – kaudální pohled, pravá strana

- 1 meatus acusticus externus
- 2 fossa mandibularis
- 3 tuberculum articulare
- 4 processus zygomaticus
- 5 sutura tympanosquamosa
- 6 fissura petrosquamosa
- 7 pars petrosa (tegmen tympani)
- 8 fissura petrotympanica
- 9 processus styloideus

(modifikováno podle Anagnostopoulou et al., 2008)

Povrch kloubní jamky je co do plochy přibližně tři-krát rozsáhlejší než povrch kloubní hlavice. Kloubní jamka je poměrně mělká a její osová orientace je shodná s orientací kloubní hlavice. Většina plochy kloubní jamky je konkávní, v místě tuberculum articulare je však konvexní, někdy dokonce s náznakem sedlovitosti. Morfologie tuberculum articulare je velmi variabilní co do výšky i zakřivení kloubní plochy, což má **fundamentální význam pro pohyb kondylu** (strmost kloubní dráhy) u příslušného jedince. Čím strmější a vyšší je tuberculum articulare, tím větší rotace a translace hlavice je potřeba pro provedení příslušného pohybu, což zvyšuje riziko přepětí vazivového aparátu a rozvoj temporomandibulárních obtíží. Tuto skutečnost musí stomatolog při své práci respektovat, jinak hrozí poškození struktur temporomandibulárního kloubu. Zatímco význam morfologie tuberculum articulare pro pohyb kondylu je nesporný, nebyla potvrzena korelace jeho

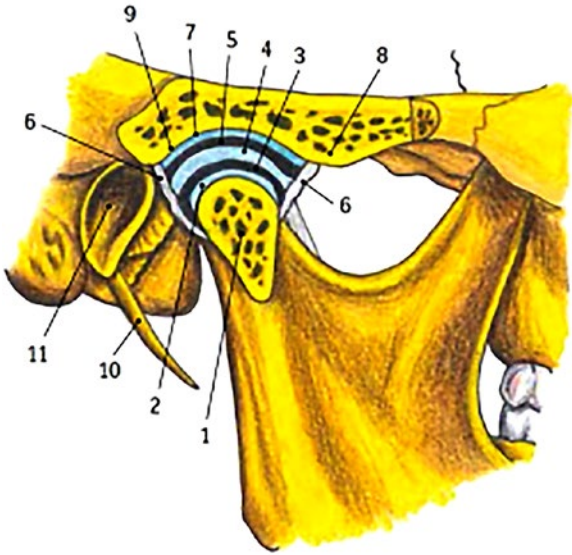
morfologie s dalšími parametry, jako jsou morfologie žvýkacích svalů (charakter začátku a úponu, orientace vláken), sklon okluzní roviny či morfologie obličejce.

Většina kloubní jamky je propojena s kloubní dutinou – **intrakapsulární část** (angl. anterior articular area). Část jamky přilehlá k fissura petrotympanica však není uvnitř kloubní štěrbiny a vytváří tak, spolu s ventrální částí tuberculum articulare, **extrakapsulární část** (angl. posterior non-articular area). Předozadní osa jamky je vykloněna stejným způsobem jako osa hlavice.

V místě vrcholu fossa mandibularis je kost poměrně tenká, proto na macerované lebce často prosvítá. Touto kostní lamelou je kloubní jamka oddělena od střední jámy lebeční, ve které je uložen temporální lalok mozku – blízkost těchto dvou útvarů má význam zejména v traumatologii čelistního kloubu a pro šíření nádorů této oblasti. Z hlediska biomechaniky přítomnost tenké lamely kosti v místě vrcholu jamky zároveň naznačuje, že tato oblast není fyziologicky zatěžována vyššími silami ani na tuto zátěž není adaptována. Na rozdíl od tuberculum articulare, které má na svém povrchu nepoměrně silnější kompaktní kost.

1.1.5 Chrupavka kloubní jamky

Facies articularis je pokryta, na rozdíl od většiny ostatních kloubů, **vazivovou chrupavkou**, která má větší odolnost a schopnost regenerace než chrupavka hyalinní. Chrupavka je vyživována difúzí ze synoviální tekutiny. Chrupavčitý kryt nacházíme zejména ve ventrální části kloubní jamky, tedy v místech, kde je jamka (prostřednictvím disku) v kontaktu s kloubní hlavici. Zbývající část kloubní jamky je pokryta synovií a perióstem, neboť zde chybí přímé funkční zatížení. Pokud si kloubní jamku od jejího vrcholu až po špičku tuberculum articulare, tj. od nejkranialnější uložené části po část nejkaudálnější, rozdělíme na třetiny, uvidíme, že nejsilnější kloubní chrupavka (o síle až 0,75 mm) je vytvořena právě ve střední třetině této vzdálenosti, tj. na dorzální ploše tuberculum articulare. Toto místo odpovídá nejvíce namáhanému místu čelistního kloubu. Při detailnějším pohledu rovněž v tomto místě najdeme nej hustší spongiózní kost v oblasti bezprostředně pod kloubní chrupavkou. Čelistní kloub je schopen relativně vysokého stupně adaptace na funkční požadavky dolní čelisti. V této úloze vyniká zejména vazivová kloubní chrupavka se svým specifickým uspořádáním a vrstvou nediferencovaných buněk, zatímco adaptabilita discus articularis je minimální.



Obr. 1.6 Řez temporomandibulárním kloubem

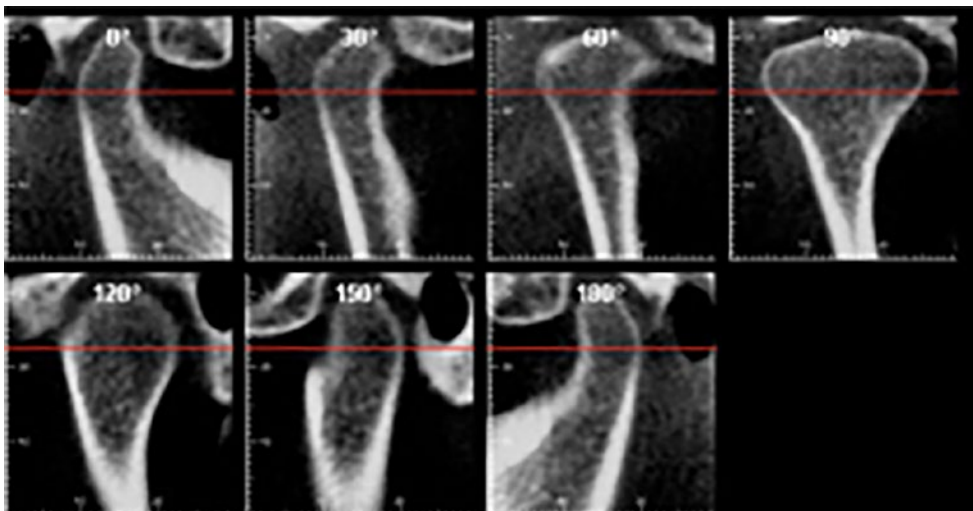
- 1 caput mandibulae
- 2 kloubní chrupavka caput mandibulae
- 3 pars discomandibularis cavi articularis
- 4 discus articularis
- 5 pars discotemporalis cavi articularis
- 6 capsula articularis
- 7 kloubní chrupavka jamky
- 8 tuberculum articulare squamae ossis temporalis
- 9 fossa mandibularis squamae ossis temporalis
- 10 processus styloideus
- 11 meatus acusticus externus

1.1.6 Kloubní dutina

Kloubní dutina čelistního kloubu je rozdělena průběhem discus articularis na dva prostory (etáže, dutiny, kompartmenty) – na **horní** kloubní (diskotemporální) prostor (pars superior; pars discotemporalis) o objemu okolo 1,2 ml, vytvořený mezi horní plochou discus articularis a kloubní jamkou, a na **dolní** kloubní (diskomandibulární) prostor (pars inferior; pars discomandibularis) o objemu asi 0,9 ml, který je rozprostřen mezi dolní plochou discus articularis a kloubní hlavicí. Oba prostory spolu u fyziologického kloubu nekomunikují. Pars superior má na průřezu tvar protáhlého ležatého písmene „S“, je mnohem prostornější a umožňuje daleko větší rozsah pohybů, především posuvných (translačních). Pars inferior má na průřezu poloměsíčitý tvar, je menší a umožňuje pouze omezený rozsah pohybů s převahou rotačních.

1.1.7 Kloubní pouzdro

Kloubní pouzdro – **capsula articularis** – má tvar nálevky otevřené vzhůru. Na os temporale se upíná ventrálně před tuberculum articulare, po stranách kopíruje okraje kloubní jamky a vzadu sahá až k fissura tympanosquamosa. Na mandibule se upíná na collum mandibulae, čímž je celá hlavice uložena nitrokloubně. Ke kloubnímu pouzdro je v různé míře po stranách připojen **discus articularis**, k ostatním kloubním strukturám capsula articularis neadheruje příliš pevně. Pouzdro je nad úrovní disku volnější, pod jeho úrovní tužší. Za-



Obr. 1.7 CT zobrazení temporomandibulárního kloubu

braňuje extrémním pohybům hlavičky ve směru mediálním, laterálním a kaudálním. Celkově je však poměrně slabé. Nejsilnější a funkčně nejdůležitější část kloubního pouzdra je vytvořena v jeho laterální části – jako součást pars obliqua ligamenti lateralis, kde je rozepjata mezi tuberculum articulare a caput mandibulae.

V těsné blízkosti ventromediální části kloubního pouzdra probíhá **arteria meningea media**, která zde může být snadno poraněna, typicky při artroskopii čelistního kloubu.

Kloubní pouzdro je poměrně málo inervované, s výjimkou omezeného množství: (1) **volných nervových zakončení**, vedoucích bolest, a (2) aferentních vláken, zásobujících opouzdřená nervová zakončení typu **Vaterových–Paciniho tělísek**, která vysílají impulzy při rychlém pohybu, ale brzy se adaptují a signalizují tak zejména akceleraci pohybu, a **Ruffiniho tělísek**, která vysílají stále impulzy v určitém rozsahu pohybu kloubu a signalizují tak směr a rozsah pohybu. Minimální množství mechanoreceptorů v kloubním pouzdře, informujících o pohybech kloubu (**kinestetické čítí**), ukazuje, že větší část této role přebírají svalová vřeténka žvýkacích svalů. Tento fakt je podporován i zjištěním, že po odstranění caput mandibulae (kondylektomii) nedochází k zásadním změnám v pohyblivosti kloubu. Zásadní úlohu při registraci polohy a vykonávání pohybů mandibuly mají tedy žvýkací svaly, a nikoliv mechanoreceptory kloubního pouzdra a ligament.

Kloubní pouzdro se skládá ze dvou vrstev. Vnější fibrozní vrstva – **lamina externa** (lamina fibrosa) – je tvořena hustým kolagenním vazivem, které přechází plynule do periostu okolních kostí. Vnitřní synoviální vrstva – **lamina interna** (synoviální membrána, lamina synovialis) – vystýlá celý povrch kloubní dutiny s výjimkou povrchu chrupavek a disku. Vytváří četné záhyby. Vnitřní vrstva je na povrchu lemována jednovrstevným plochým nebo kubickým nepravým epitelem, jehož buňky (**synoviocyty**) produkují synoviální tekutinu a fagocytují její nepotřebné zbytky. Pod vrstvou synoviocytů je vytvořena vrstvička řídkého kolagenního vaziva, kde nacházíme četné hvězdčité fibroblasty a adipocyty. Synoviální výstelka nemá vytvořenou bazální membránu, a je proto velmi dobře propustná, což umožňuje přímou výměnu látek mezi mezibuněčnou hmotou vazivové tkáně lamina interna a kloubní tekutinou.

Synoviální membránu můžeme podle funkce a lokalizace rozdělit na: (1) **Řídký typ** (areolární typ; angl. areolar type), který obsahuje velké množství řídkého kolagenního vaziva. Vyskytuje se zejména na místech, která nejsou vystavena tahu a tlaku. Obsahuje zejména



Obr. 1.8 Sagitální řez středem temporomandibulárního kloubu

P ventrální část discus articularis

G pars intermedia discus articularis

LH caput inferius musculi pterygoidei lateralis

PR oblast progresivní remodelace

RR oblast regresivní remodelace

Barvení – luxolová modř a hematoxylin-eozin

(podle Griffin et al., 1975)

amorfní mezibuněčnou hmotu a elementy imunitního systému. (2) **Fibrozní typ** (angl. fibrous type), který pokrývá zejména části kloubu vystavené mechanickému zatížení, například je v těsné blízkosti intermediární zóny disku, v blízkosti vazů či úponů šlach. Skládá se z husté vazivové tkáně, s větším množstvím fibroblastů a kolagenních a elastických vláken. Synoviocyty připomínají svým tvarem fibroblasty, jsou uloženy relativně daleko od sebe. Cévní zásobení synoviální membrány fibrozního typu je ve srovnání s ostatními typy relativně chudé. V některých místech, vystavených velmi vysokému mechanickému namáhání, může být dokonce změněna na vazivovou chrupavku. (3) **Tukový typ** (angl. adipose type), který vytváří tukové polštářky, promínající do nitra kloubních dutin. Tento typ synoviální membrány se skládá zejména z tukové tkáně. Po poranění reaguje synoviální membrána tvorbou granulační tkáně, přičemž dokonalá regenerace je možná po několika týdnech. Vnější vrstva kloubního pouzdra se rovněž hojí poměrně dobře.

1.1.8 Discus articularis

Discus articularis (nesprávně „meniscus“) je ploténka z vazivové chrupavky vyrovnávající rozdíly v zakřivení kloubních ploch. Historicky se označoval řadou dalších termínů, v 19. století například jako „mezikloubní chru-

pavka“ (angl. inter-articular cartilage). Jeho bikonkávní tvar brání vzájemnému opotřebení konvexních kloubních ploch (caput mandibulae a tuberculum articulare ossis temporalis). Snižuje zatížení kloubních ploch přibližně 10×, především tím, že (1) **převádí kontakt dvou konvexních ploch** (caput mandibulae a tuberculum articulare) **na kontakty konvexní-konkávní** (caput mandibulae proti discus articularis / discus articularis proti tuberculum articulare) a (2) **rozkládá působící síly na větší plochu**. Tím se v praxi dosáhne toho, že se z celkových přibližně 200 kg sníží zatížení kloubních ploch na 20 kg. Disk se rovněž uplatňuje jako (3) **tlumič otřesů** (angl. shock absorber) a (4) **pružná struktura odolávající natažení** (angl. tensile force absorber). Tyto biomechanické požadavky vysvětlují, proč je vytvořen z vazivové chrupavky – hyalinní chrupavka by sice unesla příslušné zatížení v tlaku, ale již nikoliv v tahu. **Disk však není schopen zajistit stabilitu jednotlivých složek temporomandibulárního kloubu vůči sobě** – tuto funkci mají vazy, a především svaly pohybující temporomandibulárním kloubem.

Při zavřených ústech je disk fyziologicky uložen svou střední částí na vrcholu kondylu, podobně jako pokrývka na hlavě. Rozděluje kloubní šterbinu vedví na **horní kloubní prostor** (pars temporodiscalis) a **dolní kloubní prostor** (pars discomandibularis). Je dvakrát prohnutý. Ventrální část je prohnuta kaudálně kvůli vyklenutí tuberculum articulare a dorzální část kraniálně v důsledku vyklenutí caput mandibulae. Okraje disku jsou silné 3–4 mm, směrem do středu se disk ztenčuje. Uprostřed je tedy tenčí než na okrajích. Jeho mediální okraj je poněkud tlustší než okraj laterální, což odpovídá větší vzdálenosti kondylu a kloubní jamky v mediální části kloubní šterbiny. Okrajové ztlustění disku odpovídá u jedinců s poruchou dynamiky čelistního kloubu za zvukové projevy označované jako lupání. Vznikají na podkladě přeskočů kloubní hlavice přes tento širší okraj při otevírání nebo zavírání úst, což je provázeno charakteristickým zvukovým jevem, který by měl být při vyšetření vnímán jako patologický.

V klidové poloze je disk uložen poněkud šikmo, radiologové označují tuto polohu podle hodinových ručiček 12–3. Po okrajích je upevněn více ke kaudálnější částem pouzdra a caput mandibulae, tudíž se pohybuje souběžně s hlavici kloubu, zejména při translačních pohybech. Laterálně je upevnění disku silnější než mediálně, proto při patologických stavech, při nichž je kloubní disk vysunut (dislokován), je tento posun (dislokace) mnohem častější mediálním směrem. Proti hlavici čelistního kloubu je kloubní disk jen omezeně pohyblivý,

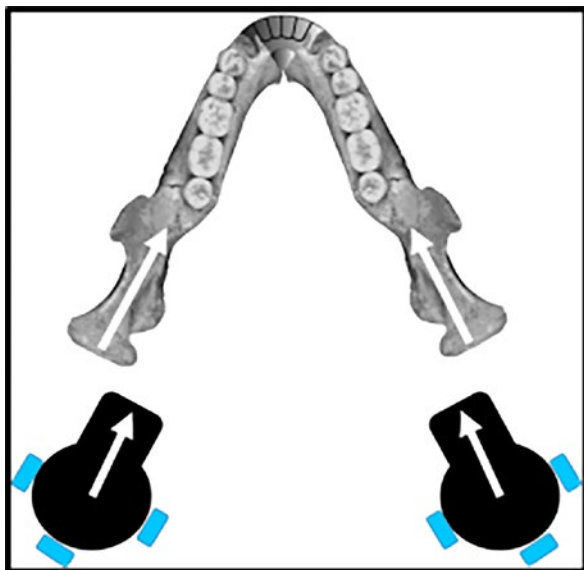
změny vzájemné polohy obou struktur se omezují pouze na rotaci kondylu vůči disku. Proto klinicky posuzujeme funkci discus articularis a caput mandibulae současně a hovoříme o **diskokondylárním komplexu** (angl. condyle-disc assembly).

Kloubní disk je naopak velmi pohyblivý vůči kloubní jamce. U novorozenců je založen celistvý, ve stáří však bývá často přítomný otvor v centrální části, což je považováno za patologii. Náhrada disku se provádí pouze u symptomatických a jinak neřešitelných stavů, u nichž je omezena hybnost dolní čelisti. Kloubní disk se nejčastěji nahrazuje chrupavkou z ušního boltce, svalovým lalokem z musculus temporalis, někteří autoři pak dávají přednost jeho úplnému odstranění (**diskektomii**) bez náhrady.

Kloubní disk nemá, s výjimkou dorzální části, cévné zásobení, vyživován je ze synoviální tekutiny. Je rovněž poměrně chudý z hlediska nervového zásobení. Určité, avšak stále poměrně malé množství mechanoreceptorů a volných nervových zakončení je přítomno pouze v okrajových částech kloubního disku, v místě jeho přechodu do synoviální (tihotvorné) membrány kloubního pouzdra. Poněkud více vláken je přítomno jen ve ventrální a dorzální části disku. Kloubní disk je tvořen převážně vazivovou tkání s ojedinělými ostrůvky chondrocytů. Je proto zcela necitlivý, stejně jako kostěná tkáň kloubní hlavice i jamky, rovněž jako kloubní chrupavka, která pokrývá jejich povrch. V kloubu je tedy citlivá především synoviální membrána a její odvozeniny, při vyšetření lze tedy stav disku vyšetřovat především nepřímou, na základě klinického stavu synoviálních tkání. Discus articularis je možné odpředu dozadu rozdělit na několik částí:

Ventrální úpon (přímý úpon; angl. anterior attachment) – několik snopečků upínajících discus articularis vpředu do capsula articularis. Zpředu, konkrétně z ventromediálního směru, se do tohoto místa a jeho prostřednictvím až do disku upíná šlacha caput superius musculi pterygoidei lateralis. Úpon tohoto svalu sem směřuje téměř v transverzálním směru. Vzhledem k plynulému přechodu horní porce musculus pterygoideus lateralis v discus articularis se někdy o disku hovoří jako o **chrupavčité šlaše vnějšího křídlového svalu**. Vzhledem k této skutečnosti tento sval také označujeme jako **intraartikulární (intrakapsulární) sval**.

Soustavu discus articularis společně s caput superius musculi pterygoidei lateralis lze souborně označit jako **pterygodiskální komplex** (pterygo-discal apparatus). Vzhledem k tomu, že discus articularis je ke kondylu připojen ventrolaterálně, dorzolaterálně a dorzomediálně,

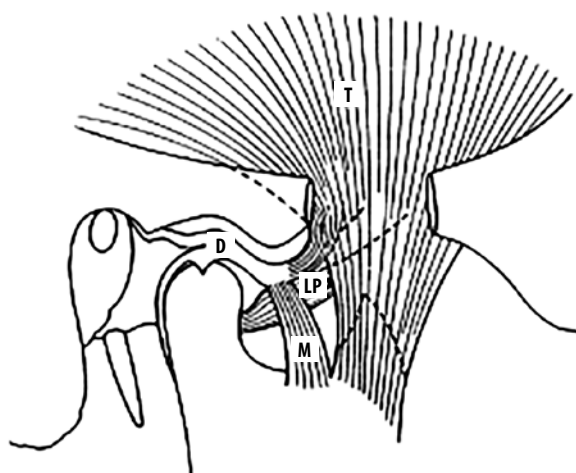


Obr. 1.9 Didaktická pomůcka k vysvětlení orientace caput superius musculi pterygoidei lateralis ve vztahu k diskokondylárnímu komplexu. Představíme si dvě hlavy (kondyly) s nasazenými čepicemi (discus articulares), které hledí směrem k řezákům. Kšilty těchto čepic ukazují směr průběhu caput superius musculi pterygoidei lateralis, modré okolní body místa fixace disku ke kondylu. Důležité je povšimnout si, že směr průběhu svalu je kolmý na dlouhou osu kondylu. (zpracováno podle Juniper, 1984)

příčměž ventromediálním směrem plynule pokračuje do úponové části horní hlavy musculus pterygoideus lateralis, přirovnává se discus articularis k čepici nasazené na kondyl, jejíž kšilt (sval) směřuje ventromediálně. Vzhledem k rotaci dlouhé osy kondylu ventromediálním směrem lze o obou diskokondylárních komplexech hovořit v tom smyslu, že hledí svými „kšilty“ směrem k nosu (obr. 1.9).

Na sagitálním řezu připomíná ventrální úpon nožku, proto se dříve označoval jako „pes menisci“, tento termín je však dnes překonaný. Do oblasti ventrálního úponu discus articularis jsou rovněž připojeny z ventrální strany některé snopce musculus temporalis a z laterální strany některé snopce pars profunda musculi masseteris. Tři výše zmíněné svaly tak svou izometrickou kontrakcí tvoří **svalovou manžetu kloubního disku** (angl. tensor system of the disc, discal tensor apparatus), která se uplatňuje zejména v uvedení discus articularis do správné polohy na konci zavírání úst (obr. 1.10).

Ventrální příčný pruh (angl. anterior band/rim, anterior dense portion of the disc) – zesílené místo disku v přední části kloubu. Jeho tloušťka se pohybuje okolo 3 mm. V klidové poloze je uložen v blízkosti zadního



Obr. 1.10 Svalová manžeta kloubního disku

D discus articularis

LP musculus pterygoideus lateralis

T musculus temporalis

M musculus masseter

(modifikováno podle Cheynet et al., 2003)

svahu tuberculum articulare, v úrovni nejkaudálnějšího místa střední jámy lební (fossa cranii media).

Intermediální zóna (pars gracilis; angl. intermediate zone) – nejvíce zesílené místo disku mezi ventrálním a dorzálním pruhem. Je silnější mediálně, zatímco laterálním směrem se zužuje. Jeho tloušťka se pohybuje okolo 1–1,5 mm. Tato část prakticky neobsahuje nervová vlákna, je tedy zcela necitlivá. Toto zesílení je podstatou a středem bikonkávního profilu disku. Odděluje vrchol kloubní plochy hlavičky od konvexního předního okraje jamky čelistního kloubu. V tomto místě bývá discus ve stáří perforován. Pokud je perforace většího rozsahu a v mladém věku, naráží hlavička temporomandibulárního kloubu na chrupavku kloubní jamky a postupně se rozvíjí degenerativní postižení kloubu.

Dorzální příčný pruh (pars posterior; angl. posterior band/rim, posterior dense portion of the disc) – zesílené místo disku v nejhlubším místě fossa mandibularis. Tloušťka dorzálního příčného pruhu se pohybuje okolo 4 mm, přičemž je standardně silnější než ventrální příčný pruh. Často je dorzální příčný pruh vůbec nejsilnější místo disku. Je silnější mediálně než laterálně. V klidové poloze vyplňuje dorzální pruh z větší části kloubní jamku. Oba pruhy pomáhají stabilizovat hlavičku mandibuly při translačním pohybu.

Na frontálním řezu diskem vidíme v individuálně různé míře zesílené také postranní části – **postranní zesílené pruhy** (angl. lateral bands/rims, lateral dense

portions of the disc), rozvinuté mezi předním a zadním zesíleným pruhem. Při pohledu shora či zdola tak všechny zesílené pruhy společně vytvářejí nekompletní či kompletní prstenec – **anulus discus articularis**. Shora (z ventrokranálního směru) do středu tohoto prstence zapadá konvexita tuberculum articulare, zdola (z dorzokaudálního směru) sem zapadá hlavice čelistního kloubu.

Bilaminární zóna – zadní oddíl disku, fixovaný pomocí dvou vazivových lamel. Bilaminární zóna je uložena v pozici 12' nad processus condylaris mandibulae.

Horní fibroelastická lamela (temporální lamela, lamina superior, stratum superius; angl. superior retrodiscal lamina) se upíná do zadního okraje fossa mandibularis, do oblasti fissura tympanosquamosa et petrosquamosa a na processus retroarticularis.

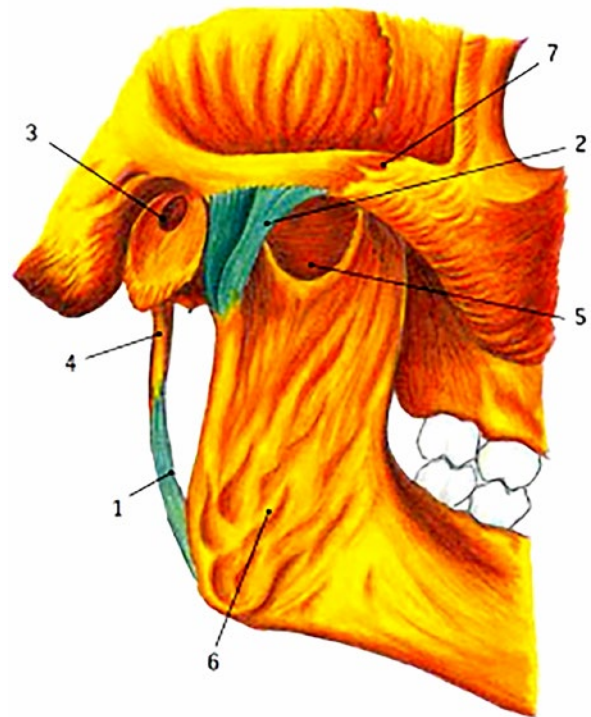
Jak naznačuje název, obsahuje velké množství elastických vláken. Hlavní funkcí lamely je působit jako protipól při kontrakci caput superius musculi pterygoidei lateralis. Zároveň se jedná o prakticky jedinou strukturu, která táhne discus articularis dorzálně. Naproti tomu **dolní fibrózní lamela** (klinicky „ligamentum posterior“, kondylární lamela, lamina inferior, stratum inferius; angl. inferior retrodiscal lamina) je vysoce kolagenní struktura, bez obsahu elastických vláken, která se upíná na zadní část collum mandibulae. Tato část discus articularis se tedy jako jediná neupíná do capsula articularis.

1.1.9 Zenkerův retroartikulární plastický polštář

Zenkerův retroartikulární plastický (hydroelastický) polštář (angl. retrodiscal pad, retrodiscal tissue, posterior disc attachment, retrodiscal vascular cushion) představuje vrstvu řídkého tukového vaziva, doplněnou venózní pletením původem z plexus pterygoideus. Podrobně jej popsal rakousko-švýcarský anatom narozený v Brně, **Wolfgang Zenker** (*1925), v roce 1956. Zenkerův polštář se nachází v místě za rozštěpením lamel bilaminární zóny discus articularis. Je mohutnější mediálně než laterálně. Množství cév a anastomóz mezi nimi vedlo některé autory k označení polštáře jako kloubního cévního kloubíčka – **glomus articulationis temporomandibularis**.

Zenkerův polštář má několik funkcí: (1) **Biomechanická funkce** – do tohoto polštáře je při pohybech temporomandibulárního kloubu podtlakem nasávána a od tud přetlakem vytlačována žilní krev a objem polštáře je tak přizpůsobován objemovým změnám uvnitř kloubu. (2) **Výživa kloubní chrupavky** – nasávání a vytlačování krve ze Zenkerova polštáře je doprovázeno nasáváním

(při otevírání úst) a sekrecí (při zavírání úst) kloubního mazu – **synovie**. Protože kloubní chrupavka nemá za normálních okolností výživovací cévy, jsou její buňky (chondrocyty) vyživovány jen difuzí látek ze synoviální tekutiny. Pokud chondrocyty zaniknou, ztrácí kloubní chrupavka schopnost regenerace a atrofuje. Někdy vymizí úplně a do kloubní štěrbiny pak ční pouze holá kost. Ta není natolik odolná a pružná jako kloubní chrupavka a kloub začíná degenerovat a rozvíjí se artróza. Degenerativní změny se nejčastěji projevují lokálními nekrózami kosti, spojenými s jejím úbytkem. Proto je tak důležité vyvarovat se všech stavů dlouhodobě omezujících pohyby čelistního kloubu, například dlouhodobé pevné mezičelistní fixace. (3) **Odvádění metabolitů** – v součinnosti se synoviální vrstvou kloubního pouzdra zajišťují cévy Zenkerova polštáře kromě výživy



Obr. 1.11 Ligamenta temporomandibulárního kloubu. Pohled z laterální strany.

- 1 ligamentum stylomandibulare
- 2 pars obliqua ligamenti temporomandibularis
- 3 meatus acusticus externus
- 4 processus styloideus ossis temporalis
- 5 incisura mandibulae
- 6 tuberositas masseterica
- 7 sutura zygomaticotemporalis

také odvádění odpadních metabolických látek z nitra kloubu i jeho struktury. (4) **Termoregulační funkce** – cévní a tukové struktury Zenkerova polštáře pomáhají také termoregulaci v oblasti kloubu a přilehlých struktur. (5) **Nervová funkce** – Zenkerův polštář je kromě autonomních nervů bohatě inervován i vlákny typu C, která vedou bolest. Z klinické praxe je známo, že nekontrolované zatínání zubů bez translačního pohybu dolní čelisti a jejího otevření vede k postupné dislokaci kloubního disku ventrálně. Kloubní hlavice pak přímo dráždí nervová zakončení přítomná v retrodiskální tkáni, což může vyvolat bolest a další komplikace.

1.1.10 Kloubní vazy

Kloubní vazy – **ligamenta articulationis temporomandibularis** (obr. 1.11) – zpevňují temporomandibulární kloub, do jisté míry limitují jeho pohyby a tím vymezují **krajní polohy kloubu** (angl. border movements). Součástí kloubních vazů jsou mechanoreceptory, odpovídající **Golgiho šlachovým tělískům**, které registrují napětí jednotlivých vazů a signalizují tak včas jejich případné přepětí. Kloubní vazy temporomandibulárního kloubu rozdělujeme na tři skupiny: intrakapsulární, ipsikapsulární a extrakapsulární. Nomenklatura těchto vazů (tab. 1.2) není ve světové literatuře jednotná, často jsou zaměňovány zejména intrakapsulární a ipsikapsulární kloubní vazy. Nomina anatomica řadu vazů neuvádí vůbec (tab. 1.1).

Intrakapsulární vazy

Intrakapsulární vazy (intraartikulární vazy; angl. intrinsic joint ligaments) zahrnují vazy uložené uvnitř kloubu, navnitř od capsula articularis. Někdy se nesprávně označují jako „kolaterální vazy“. Jejich hlavním úkolem je vymezovat pohyblivost discus articularis, tedy v principu zajišťovat součinnost pohybů discus articularis a kondylu. Jinými slovy zabránit mediální či laterální dislokaci disku v průběhu pohybu kondylu, avšak umožňovat jeho ventrální či dorzální posun, tj. rotaci kolem dlouhé osy kondylu, která je plně fyziologická a je součástí fyziologické pohyblivosti kondylu. Kromě toho jsou tyto vazy klíčovou strukturou, která odděluje horní a dolní kloubní prostor. Jsou tvořeny vysokým obsahem kolagenních vláken, jsou tedy velmi pevné, ale rovněž velmi málo elastické. Tato vlákna jsou bohatě inervována a cévně zásobena, na přepětí či jiný typ poškození tedy reagují bolestí.

Ligamentum discale mediale (angl. medial discal ligament; medial discocondylar ligament) – spojuje me-

Tab. 1.1 Vazy temporomandibulárního kloubu podle Nomina anatomica (FCAT, 1998)

ligamentum laterale
ligamentum mediale
ligamentum sphenomandibulare
ligamentum stylomandibulare
raphe pterygomandibularis

Tab. 1.2 Navrhovaná klasifikace vazů temporomandibulárního kloubu (Šedý et al., 2020)

Intrakapsulární (intraartikulární) vazy
ligamentum discale mediale
ligamentum discale laterale
ligamentum discale anterius
ligamentum discotemporale
ligamentum discomallei
Ipsiartikulární (kolaterální) vazy
ligamentum temporomandibulare (ligamentum laterale)
ligamentum mediale
Extrakapsulární (extraartikulární) vazy
ligamentum sphenomandibulare
ligamentum stylomandibulare
raphe pterygomandibularis (ligamentum pterygomandibulare)
tractus angularis

diální okraj *discus articularis* a mediální pól kondylu. Ač není rozsahem velké, je poměrně velmi pevné.

Ligamentum discale laterale (angl. lateral discal ligament; lateral discocondylar ligament) – spojuje laterální okraj *discus articularis* a laterální pól kondylu. Napíná se při laterálním posunu kondylu, kdy se *discus articularis* posouvá mediálně. Ač není rozsahem velké, je poměrně velmi pevné. Často dokonce připomíná šlachu.

Ligamentum discale anterius (angl. anterior discal/capsular ligament) – spojuje ventrální část *discus articularis* (ventrální úpon disku) a ventrální okraj kloubní plochy kondylu.

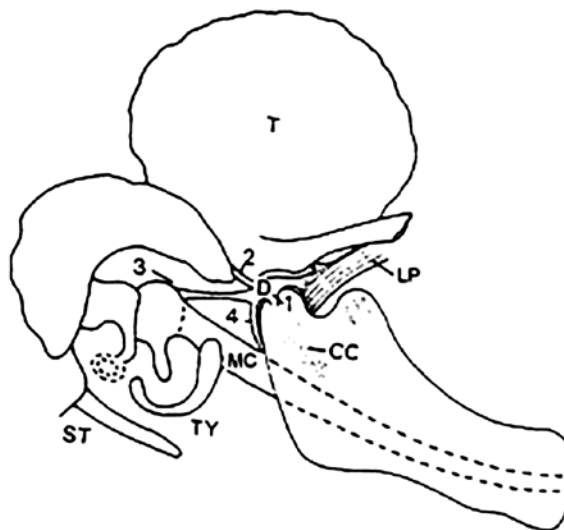
Ligamentum discotemporale (Tanakův vaz; angl. Tanaka ligament) – spojuje dorzomediální část *fossa articularis* jako poměrně silný svazek tuhých kolagenních vláken, který se upíná do dorzomediální části *discus articularis*. Anatomicko-klinické studie však ukázaly, že se zásadním způsobem uplatňuje při mediální luxaci *discus articularis*.

Ligamentum discomallei (angl. discomalleal ligament, Pinto ligament, **obr. 1.12**) – představuje rudimentární, ale poměrně standardní vaz, spojující kranio-dorzomediální část dorzálního příčného pruhu discus articularis na jedné straně a jednu z kůstek středního ucha – kladívko (*malleus*) – na straně druhé, a to přestupem přes laterální část jedné ze štěrbin ve spánkové kosti – fissura petrotympanica. Nověji bylo pozorováno, že část vláken ligamentum discomallei směřuje rovněž k membrana tympani.

Vaz poprvé identifikoval **L. A. Rees** v roce 1954, podrobněji jej popsal brazilský anatom **Olympio Faisol Pinto** v roce 1962. Probíhá souběžně s horní fibroelastickou lamelou bilaminární zóny disku, tj. mezi kraniodorzální synoviální membránou a Zenkerovým retroartikulárním plastickým polštářem. Zajímavé je, že ač je horní fibroelastická lamela disku velmi elastická, neobsahuje ligamentum discomallei prakticky žádná elastická vlákna – je složeno téměř výlučně z výrazně pevnějších vláken kolagenních. Část vláken ligamentum discomallei se proplétá s mediální částí capsula articularis. *In vivo*, v artroskopickém obraze nebo při otevřené operaci temporomandibulárního kloubu, lze vaz vidět v dorzální části temporodiskálního kompartmentu kloubní dutiny jakožto **membránou překrytý proužek** (angl. sheet-covered rope), přičemž ona „membrána“ je dorzokraniální synoviální vrstva. Zakladatel artroskopie, profesor **Masatoši Ohniši**, jej označuje jako „**šikmou prominenci**“ (angl. oblique protuberance).

Ligamentum discomallei je zbytkem šlachy jedné fylogeneticky nižší hlavy musculus pterygoideus lateralis, která zanikla v průběhu evoluce. U novorozence je fissura petrotympanica široce otevřena, a průběh vazů je tak dobře patrný. V tomto období se také discus articularis pohybuje souběžně s kladívkem středního ucha, a to právě prostřednictvím ligamentum discomallei. Také se tudy mohou relativně snadno šířit zánětlivé procesy ze středouší do oblasti čelistního kloubu a naopak. V pozdějším věku fissura petrotympanica apozicí kosti obemkne ligamentum discomallei velmi těsně, přestup zánětu přes tuto oblast již tedy reálně téměř nehrozí.

Otázkou zůstává, do jaké míry je zachován vzájemný funkční vztah kladívka a disku, ve smyslu pohyblivosti prostřednictvím ligamentum discomallei – není vyloučeno, že poruchy disku mohou do jisté míry ovlivňovat funkci středoušních kůstek, což může způsobovat patologické fenomény typu tinnitu nebo „zalehlého ucha“. Když vezmeme v úvahu rozsah pohybů středoušních kůstek, kde již změna v řádu desetin milimetru je schopna zcela změnit signál předávaný z vnějšího



Obr. 1.12 Vývoj ligamentum discomallei

T squama ossis temporalis

CC kondylární růstová chrupavka

D discus articularis

ST processus styloideus

TY pars tympanica ossis sphenoidalis

MC Meckelova chrupavka

LP musculus pterygoideus lateralis

1 ligamentum discale laterale

2 horní fibroelastická lamela discus articularis

3 ligamentum discomallei

4 dolní fibroelastická lamela discus articularis

(modifikováno podle Cheynet et al., 2003)

do vnitřního ucha, není tento patofyziologický vztah v žádném případě vyloučený, byť dosud nebyl potvrzen. V odborné literatuře se zpravidla argumentuje tím, že otologickou symptomatologii způsobují spasmus musculus tensor tympani, který má stejný zdroj inervace jako žvýkácí svaly, a to v rámci komplexních poruch centrálního mastikačního konektomu. To však disko-ligamentární etiologii části těchto stavů samo o sobě nevylučuje. Další dosud sporná otázka je, do jaké míry je ligamentum discomallei schopno bránit ventrální dislokaci disku. Po určitou dobu byla jednou z léčebných variant tohoto onemocnění indukce jizvení v oblasti tohoto vazů, přičemž novotvořená jizva měla bránit ventrálnímu posunu disku – dlouhodobé výsledky těchto výkonů však terapeutický efekt neprokázaly.

Ipsiartikulární vazy

Ipsiartikulární vazy (kolaterální vazy; angl. ipsiarticular ligaments, collateral ligaments) jsou uloženy ze-

vně na kloubním pouzdru, které zpevňují. Odpovídají klasickým postranním (kolaterálním) vazům, jak jsou popsány u jiných kloubů. V literatuře jsou popisovány různě, od pouhého ztlustění kloubního pouzdra až po samostatné vazy, což jim nijak neubírá na významu. Omezují pohyblivost hlavičky kloubu především mediálním, laterálním a kaudálním směrem. Jsou bohatě inervovány a cévně zásobený, na přepětí či jiný typ poškození tedy reagují bolestí.

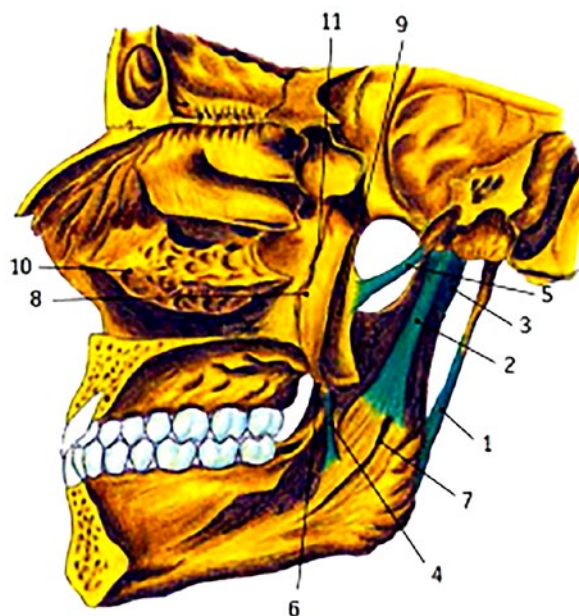
Ligamentum temporomandibulare (ligamentum laterale) – spojuje spánkovou kost s mandibulou na vnější straně. Jeho vlákna se spojují v individuálně rozdílném rozsahu s kloubním pouzdem, fasciemi či dokonce s bříšky musculus temporalis et masseter a s dorzolaterální částí discus articularis.

Skládá se ze dvou hlavních částí: (1) **Pars obliqua** (angl. oblique portion/band) – širší povrchová šikmá složka rozepjatá od laterálního povrchu tuberculum articulare ossis temporalis a ventrokaudálního povrchu processus zygomaticus ossis temporalis dorzokaudálním směrem k laterálnímu povrchu collum mandibulae. Sklon tohoto vazu k horizontální rovině je přibližně 70°. Některé jeho mediální snopce se prolínají se snopci kloubního pouzdra. Zabraňuje nadměrnému posunu kondylu kaudálně a dorzokaudálně, čímž také brání dislokaci discus articularis ventromediálně. Při otevírání úst je pars obliqua klíčová, neboť vymezuje hranici počáteční rotace kondylu, na jejímž konci, kdy dosáhne maximálního fyziologického napětí, což odpovídá otevření úst na přibližně 20 mm, převádí pohyb kloubní hlavičky z rotace na translaci ventrokaudálním směrem. Tento rys je evolučně podmíněný, charakteristický pro člověka a souvisí se vzpřímenou polohou těla. Pokud by totiž hlavička čelistního kloubu při otevření pouze rotovala, dostal by se dolní okraj těla mandibuly brzy do blízkosti submandibulárních a retromandibulárních krčních orgánů, které by takto iritoval a následně utlačoval. Pars obliqua rovněž hraje roli ve vymezení hranice pro laterální pohyb kondylu.

(2) **Pars transversa** (pars horizontalis; angl. horizontal portion/band) – užší hluboká horizontální složka, rozepjatá od laterálního povrchu tuberculum articulare a processus zygomaticus ossis temporalis dorzálním směrem k laterálnímu pólu kondylu a následně k dorzolaterální části discus articularis. Její mediální snopce se prolínají se snopci kloubního pouzdra, laterální snopce s pars obliqua. Limituje posun kondylu a disku směrem dozadu, čímž chrání struktury Zenkerova polštáře před útlakem zadní části kondylu a rovněž chrání musculus pterygoideus lateralis proti přepětí tím, že

brání nadměrnému dorzálnímu posunu diskokondylárního komplexu. Dále napomáhá udržet správnou polohu kloubního disku ve vztahu ke kloubní hlavičce. Jako makroskopicky i mikroskopicky zřetelný vaz jej lze identifikovat jen u 40 % jedinců, v ostatních případech jde spíše o ztlustění laterální části capsula articularis než o skutečný vaz. Někteří autoři, zejména z USA, jej proto jako samostatný vaz neuznávají.

Je zřejmé, že ligamentum laterale je funkčně velmi důležité, jeho pars obliqua zejména v omezování laterálního a kaudálního pohybu kondylu, jeho pars horizontalis v omezování dorzálního pohybu kondylu. Jako celek má fundamentální roli především v udržování soudržnosti kloubních struktur pohromadě, tj. **zajištění stability temporomandibulárního kloubu**. Proto bylo označováno také jako **vymezovací vaz** (angl. check



Obr. 1.13 Ligamenta temporomandibulárního kloubu. Pohled z mediální strany.

- 1 ligamentum stylomandibulare
- 2 ligamentum sphenomandibulare
- 3 ligamentum mediale
- 4 raphe pterygomandibularis
- 5 ligamentum pterygospinale
- 6 hamulus pterygoideus
- 7 sulcus mylohyoideus
- 8 lamina medialis processus pterygoidei ossis sphenoidalis
- 9 lamina lateralis processus pterygoidei ossis sphenoidalis
- 10 concha nasalis inferior
- 11 sutura pterygopalatina

ligament) nebo také **vaz zadního okraje** (angl. posterior border ligament). Jeho význam si uvědomíme v okamžiku závažného úderu do mandibuly, kdy zabráňuje dorzálnímu posunu hlavice do té míry, že namísto jejího vrazení do Zenkerova polštáře nebo střední jámy lebni dojde spíše ke zlomenině krčku mandibuly.

Poškození ligamentum temporomandibulare výrazně zhoršuje stabilitu celého temporomandibulárního kloubního komplexu s tendencí k dislokaci disku a následně jeho závažnému poškození. Pro klinickou praxi zubního lékaře má také význam, že při poškození ligamentum temporomandibulare dochází ke ztrátě reproducibility při registraci centrické polohy mandibuly – snahy o nalezení této polohy se tak stávají prakticky nemožnými, a pokud není nejprve řešeno primární onemocnění temporomandibulárního kloubu, může jakákoliv změna okluzně-artikulačních poměrů způsobit závažné škody na celém stomatognátním systému.

Ligamentum mediale – označení pro zesílení kloubního pouzdra na mediální straně kloubu. Běží od mediálního okraje fossa articularis ossis temporalis k mediální části collum mandibulae.

Extrakapsulární vazy

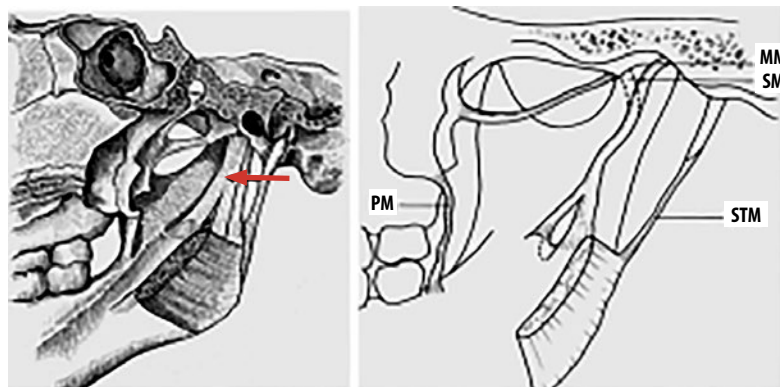
Extrakapsulární vazy (extraartikulární vazy, přídavné vazy čelistního kloubu; angl. extrinsic/accessory joint ligaments) zpevňují kloub nepřímou. Patří sem:

Ligamentum sphenomandibulare (obr. 1.14) – v klasických anatomických učebnicích je ligamentum sphenomandibulare popisováno a zobrazováno jako relativně silný vaz, běžící od spina ossis sphenoidalis ventro-

kaudálním směrem, který se rozšiřuje v blízkosti úponu na lingula mandibulae. Vaz překrývá vchod do canalis mandibulae – **foramen mandibulae**, a to mediálně. Do kanálku pak vstupují arteria, vena et nervus alveolaris inferior mezi ligamentum sphenomandibulare a ramus mandibulae. Úpon vazů na mandibulu je rozštěpen vedví průběhem arteria, vena et nervus mylohyoideus z laterální strany mediálně. Na lingula mandibulae se upíná přední část ligamenta – **pars anterior**, zatímco o něco níže, pod sulcus mylohyoideus mandibulae, se upíná zadní část ligamenta – **pars posterior**. Odděluje glandula submandibularis od glandula parotis. Úkolem vazů je také chránit nervově-cévní svazek před stlačením.

Ligamentum sphenomandibulare slouží do jisté míry jako osa, okolo které se otáčí čelistní kloub při translačním pohybu, aktivovaném ipsilaterálním musculus pterygoideus lateralis. Kromě toho limituje hypermobilitu mandibuly ve smyslu protruze, neboť omezuje oddálení kloubní hlavice a jamky. Jeho význam v omezování pohybu hlavice mandibuly je však spíše přeceňovaný. Některé práce naopak hovoří v tom smyslu, že kdyby byl vaz tak napjatý a silný, jak ho zobrazují klasické anatomické učebnice, nebylo by vůbec možné otevřít ústa – ve skutečnosti je totiž relativně velmi volný a spíše slabší. Jeho variabilita je však poměrně velká.

Vývojově je ligamentum sphenomandibulare založeno jako spojení perichondria Meckelovy chrupavky (chrupavčitého základu mandibuly) a jedné ze sluchových kůstek – kladívka (malleus). Vývojově správnější je proto nazývat jej **ligamentum malleomandibulare**. U dospělého je toto spojení realizováno přes šterbinu



Obr. 1.14 Ligamentum sphenomandibulare – srovnání klasického anatomického schématu (vlevo – označeno šipkou) a skutečného stavu (vpravo)

SM ligamentum sphenomandibulare, část upínající se na spina ossis sphenoidalis

MM ligamentum sphenomandibulare, část pokračující do středoušní dutiny

PM raphe pterygomandibularis

STM ligamentum stylomandibulare

(modifikováno podle Cheynet et al., 2003)

v kosti spánkové (fissura petrotympanica), jakožto spojení některých vláken ligamentum sphenomandibulare a ligamentum mallei anterioris. Toto spojení může vysvětlovat hučení či šumění v uších (tinnitus) u některých pacientů s poruchami temporomandibulárního kloubu, zejména v případech, kdy je relativně slabě vyvinut úpon vazy na spina ossis sphenoidalis a převažuje úpon na kladívko středního ucha, to vše při relativně méně uzavřené fissura petrotympanica. Pokud je přítomna tato predispozice, může také dojít na podkladě závažného traumatu mandibuly k porušení integrity vysoce jemného mechanismu středoušních kůstek s řadou potenciálních otologických obtíží.

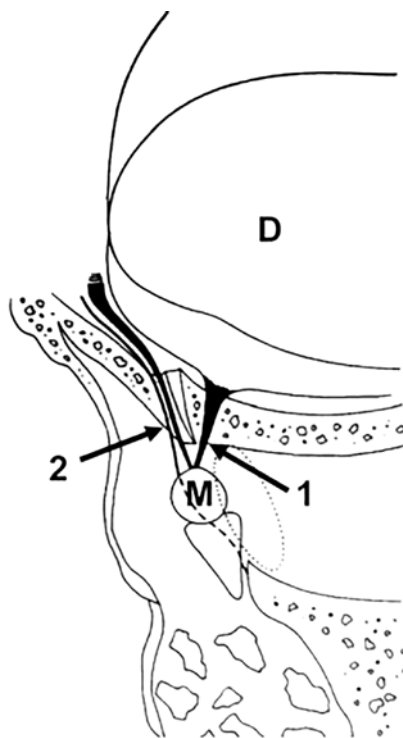
V kontextu klinické anatomie je však důležité zdůraznit, že ligamentum sphenomandibulare sice leží v těsné blízkosti mediální plochy kloubního pouzdra, nemá však žádné známé spojení s discus articularis čelistního kloubu, v celém svém průběhu je navíc zcela odděleno od intraartikulárního ligamentum discomallei. Dislokace discus articularis mediálním směrem tedy nijak neovlivňuje ligamentum sphenomandibulare ani jím není nijak ovlivněna, může však vést k útlaku či iritaci chorda tympani v oblasti fissura petrotympanica s rozvojem parestézií poloviny jazyka. Mohutněji vyvinuté ligamentum sphenomandibulare může limitovat průnik anestetického roztoku při anestezii nervus alveolaris inferior a vést tak ke snížení jejího účinku.

Raphe pterygomandibularis (raphe buccopharyngea, ligamentum pterygomandibulare) – běží od hamulus pterygoideus laminae medialis processus pterygoidei ossis sphenoidalis na mediální okraj fossa retromolaris mandibulae, za úroveň poslední stoličky, do blízkosti dorzálního okraje linea mylohyoidea. Vaz je podkladem slizniční řasy – **plica pterygomandibularis**, která je využívána jako orientační bod při anestezii na foramen mandibulae. Mediálně lze vaz snadno vyhmátat. Laterálně je oddělen od ramus mandibulae tenkou vrstvou vmezeřeného vaziva s individuálně různým množstvím tuku. Napíná se při posunu čelisti dolů a dopředu. Dorzálně od něj začíná musculus constrictor pharyngis superior. Ventrálně od něj začíná musculus buccinator. Vaz limituje extrémní pohyby mandibuly, pohyby hlavičky čelistního kloubu však zásadně neovlivňuje.

Ligamentum stylomandibulare (ligamentum stylohyoideomandibulare, tractus angularis, septum interglandulare) – silný plochý pruh vaziva, rozepjatý mezi processus styloideus a ligamentum stylohyoideum na jedné straně a angulus mandibulae na straně druhé. Probíhá ventromediokaudálně. Jedná se o derivát pars profunda fasciae parotideae. Představuje několik vazivo-

vých proužků, odvozených od lamina prevertebralis fasciae cervicalis, které funkčně souvisejí s fascií musculus pterygoideus medialis. Začíná od něj malá část musculus styloglossus a venter posterior musculi digastrici. V hloubce se připojuje na styloidní septum.

Ligamentum stylomandibulare odděluje prostor glandula parotis (spatium parotideum v rámci regio parotideomasseterica) od prostoru glandula submandibularis (spatium submandibulare). Při otevřených ústech je relaxováno, napíná se při protruzi mandibuly. Jeho skutečný význam při stabilizaci a podpoře temporomandibulárního kloubu je však sporný. Uvádí se, že limituje hypermobilitu mandibuly ve smyslu protruze. Při ortognátních operacích zahrnujících posun mandibuly v předozadním směru může být jednou z příčin relapsu. Kalcifikace ligamenta může přispívat k rozvoji klinické symptomatologie Eaglova syndromu. Představuje důležitou strukturu pro orientaci při retromandibulárních chirurgických přístupech k arteria carotis externa.



Obr. 1.15 Vazivové spojení oblasti čelistního kloubu a středního ucha na transverzálním řezu

1 ligamentum discomalleare

2 ligamentum sphenomandibulare

M malleus

D discus articularis

(modifikováno podle Cheynet et al., 2003)

Tractus angularis (membrana stylomandibularis, septum interglandulare, pars angularis fasciae cervicis, ligamentum mandibulostylohyoideum; angl. angular band, angular tract of cervical fascia, mandibulo-stylohyoid ligament) – zesílený pruh fascia parotideomasseterica, plynule přecházející do lamina superficialis fasciae cervicalis a oddělující glandula parotis od spatium (trigonum) submandibulare. V lidském těle je přítomen konstantně – například ve studii na 99 kadaverech byl nalezen ve všech případech, a to na obou stranách. I když bývá tradičně řazen mezi fascie, morfologicky a funkčně má spíše charakter vazy, navíc souvisejícího s funkcí temporomandibulárního kloubu, proto jej řadíme mezi extrakapsulární vazy čelistního kloubu. Odděluje od sebe kompartmenty dvou slinných žláz, glandula parotis a glandula submandibularis.

Jako tractus angularis jej pojmenoval slavný rakouský anatom, profesor a rektor Vídeňské univerzity **Edward Pernkopf** (1888–1955). Tractus angularis bývá často nesprávně zaměňován s ligamentum stylomandibulare, což je silný plochý pruh vaziva, probíhající ventromediokaudálně, rozepjatý mezi processus styloideus ossis temporalis a ligamentum stylohyoideum na jedné straně a zadním okrajem ramus et angulus mandibulae na straně druhé. Tractus angularis je naproti tomu široký pruh vaziva, jenž se rozprostírá od angulus mandibulae k ligamentum stylohyoideum, popřípadě až ke cornu majus ossis hyoidei. Při svém začátku od angulus mandibulae splývá s fascia masseterica kraniolaterálně a fascia musculi pterygoidei medialis kraniomedálně. Je silnější dorzálně a směrem dopředu se ztenčuje. Dorzálně splývá také s částí lamina superficialis fasciae cervicalis obalující musculus sternocleidomastoideus, vepředu s vazivem obalujícím glandula submandibularis a mediálně s fasciemi musculus stylohyoideus a venter posterior musculi digastrici, tedy se septum styloideum. Mediálně rovněž splývá s fascia musculi pterygoidei medialis.

Rozeznáváme tři typy: (1) **Typ I** – silný, snadno rozlišitelný pruh vazivové tkáně, rozepjatý mezi angulus mandibulae a ligamentum stylohyoideum. Je nejčastější, vyskytuje se v 43 % případů. (2) **Typ II** – základní průběh tractus angularis je shodný jako u typu I, má však širší rozsah, daný tím, že je kraniálně souvislý s ligamentum stylomandibulare. Je méně častý, vyskytuje se v 37 % případů. (3) **Typ III** – základní průběh tractus angularis je shodný jako u typu I, vaz je však celkově méně vyvinut, představuje jen slabý proužek vazivové tkáně s menším funkčním významem. Tento typ je vyvinut nejméně často, ve 22 % případů. Není zásadní rozdíl v morfologicko-funkčním uspořádání tractus angularis

pravé a levé strany, mezi muži a ženami ani ve vztahu k věku jedince. Z funkčního hlediska jej řadíme mezi extrakapsulární vazy temporomandibulárního kloubu, byť vymezuje spíše pohyblivost jazyčky vůči mandibule než naopak. Tractus angularis lze využít jako orientační strukturu při řadě chirurgických operací v submandibulárním prostoru. Slouží jako částečná (neúplná) bariéra proti šíření zánětlivých a nádorových procesů mezi spatium parotideum a spatium submandibulare.

1.1.11 Cévy a nervy temporomandibulárního kloubu

Kloubní tepny – arteriální zásobení temporomandibulárního kloubu pochází zejména z drobných větviček **arteria temporalis superficialis** a **arteria maxillaris**, které v okolí pouzdra vytvářejí pletěň – **plexus arteriosus periarticularis articulationis articulotemporalis**. Z laterální strany přichází cévní zásobení z arteria transversa faciei, arteria temporalis media a vzácně i z arteria zygomaticoorbitalis, z dorzální strany přichází krev z kmene arteria temporalis superficialis, z arteria auricularis profunda a z arteria tympanica anterior. Mediální část kloubu zásobují arteria meningea media, přímé větve z kmene arteria maxillaris, z arteria temporalis profunda, ze svalově-fasciálních tepenných větví musculus pterygoideus lateralis a výjimečně i arteria pharyngea ascendens.

Zajímavé je, že cévní zásobení čelistního kloubu nevykazuje stranovou symetrii. U novorozenců a malých dětí jsou cévy výrazně širší a cévní zásobení kloubu je i bohatší. Obecně je v krajině kloubu poměrně obtížné odlišit tepny a žíly. Napomoci může zjištění, že tepny mívají rovnější průběh a lépe znatelné větvení. Tepny vytvářejí společně se žilami ve vazivovém pouzdře kloubu poměrně husté cévní pletěně. Zatímco u novorozence pronikají cévy téměř až do středu discus articularis, u dospělého pozorujeme cévy pouze na okrajích kloubního disku. Kloubní hlavici zásobují jednak větve arteria alveolaris inferior, jednak drobné arteriae nutriciae, které vstupují do oblasti hlavice a krčku mandibuly z ventrální a dorzální strany.

Kloubní žíly – žilní pletěně kloubu (**plexus venosi periarticulares articulationis articulotemporalis**) jsou velmi bohaté, zejména v dorzální části kloubu. Krev je odváděna do venózní pletěně ve vazivovém pouzdře – **plexus intracapsularis**, odkud směřuje do pletěně v okolí pouzdra – **plexus periarticularis**. Zenkerův retroartikulární polštář přímo souvisí s **plexus pterygoideus**.

Senzitivní nervy kloubu – přicházejí cestou **rami articulares nervi auriculotemporalis a rami masseterici et rami temporales profundi nervi mandibularis**. Veškerá senzitivní inervace temporomandibulárního kloubu je v souladu s obecným pravidlem – **Hiltonovým zákonem**, který říká, že oblast kloubu je zásobena ze stejných zdrojů jako svaly, které kloubem pohybují. V oblasti temporomandibulárního kloubu jsou somatosenzitivně zásobeny zejména capsula articularis, ligamentum temporomandibulare a Zenkerův retroartikulární vazivový polštář.

Ve vztahu ke kloubu obecně rozeznáváme čtyři typy receptorů, které se uplatňují v registraci somatosenzitivních signálů z kloubních struktur: (1) **Typ I** – jsou to drobná, globulární, ovoidní nebo vřetenovitá (fusiformní) opouzdřená zakončení, jež jsou široce distribuována hlavně v povrchových vrstvách kloubního pouzdra. Zahrnují hlavně Ruffiniho tělíska. Funkčně se jedná o nízkoprahové, pomalu se adaptující mechanoreceptory. Představují nejvýznamnější proprioceptory, neboť zprostředkovávají informaci o poloze kloubní hlavice a jejích pohybech. Informace získané touto cestou prostřednictvím centrálního nervového systému přímo ovlivňují funkci žvýkacích svalů. (2) **Typ II** – jsou to silně opouzdřená, kónická zakončení, uložená v hlubších částech kloubního pouzdra. Typickým zástupcem jsou Vaterova–Paciniho tělíska. Funkčně odpovídají nízkoprahovým, rychle se adaptujícím mechanoreceptorům. Rychle registrují začátek pohybu z nulové nebo klidové polohy mandibuly a zpětnovazebně aktivují žvýkací svaly k provedení žádaného pohybu. Nesprávné nastavení těchto receptorů v důsledku změněné klidové polohy mandibuly (rozsáhlé nesanované ztráty zubů, parafunkce) způsobuje patologické nastavení tonu žvýkacích svalů, které v důsledku vede k primárně extraartikulárnímu typu onemocnění temporomandibulárního kloubu. (3) **Typ III** – jsou to jemně opouzdřená spirální nervová zakončení, která se vyskytují převážně v kloubních ligamentech a na okrajích discus articularis. Funkčně to jsou vysokoprahové, pomalu se adaptující mechanoreceptory. Příkladem jsou Golgiho šlachová tělíska. Tyto mechanoreceptory jsou aktivovány pouze v případě přetažení ligamentum temporomandibulare. Způsobí reflexní reakci v podobě uvolnění svalů uzavírajících čelist a naopak zvýšení aktivity musculus mylohyoideus et pterygoideus lateralis. (4) **Typ IV** – zahrnují myelinizovaná i nemyelinizovaná volná nervová zakončení vedoucí **bolest**, která se zde vyskytují samostatně i ve složitých pleteních. Tato vlákna se vyskytují hlavně ve vnější, fibrózní části capsula articularis. Fundamen-

tálním zjištěním je skutečnost, že tato nervová vlákna jsou aferenty nucleus spinalis nervi trigemini, což tvoří klinicky významný morfologický substrát pro přenesenou bolest z oblasti horní krční míchy do oblasti temporomandibulárního kloubu a naopak. Vzhledem k tomu, že nervus auriculotemporalis inervuje rovněž senzitivně celou řadu okolních struktur (bubínek, boltec, spánková krajina) a komunikuje s okolními nervy (nervus facialis), může se bolest čelistního kloubu promítat na různá místa obličeje a působit diagnostické rozpaky. Do čelistního kloubu rovněž přichází řada **sympatických a parasympatických** nervových vláken, která regulují průsvit cév a ovlivňují tak jak produkci synoviální tekutiny, tak funkci Zenkerova polštáře.

Literatura

- Anagnostopoulou S, Venieratos D, Antonopoulou M. Temporomandibular Joint and Correlated Fissures: Anatomical and Clinical Consideration. *Cranio*. 2008;26(2):88–95.
- Connelly ST, Tartaglia GM, Silva RG. Contemporary Management of Temporomandibular Disorders. Fundamentals and Pathways to Diagnosis. Cham: Springer, 2019.
- Čihák R. Anatomie I. Praha: Grada, 2001.
- Dawson PE. Functional Occlusion. From TMJ to Smile Design. St. Louis: Elsevier, 2007.
- Eliška O. Lymfologie. Praha: Galén, 2018.
- Eliška O, Elišková M. Systematická, topografická a klinická anatomie XI. Kůže a chirurgické přístupy. Praha: Karolinum, 1996.
- Eliška O, Elišková M. Systematická, topografická a klinická anatomie VII. Srdce a cévní systém. Praha: Karolinum, 1995.
- Federative Committee on Anatomical Terminology. Terminologia Anatomica. International Anatomical Terminology. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1998.
- Griffin CJ, Hawthorn R, Harris R. Anatomy and Histology of the Human Temporomandibular Joint. *Monogr Oral Sci*. 1975;4:1–26.
- Cheyne F, Guyot L, Richard O, Layoun W, Gola R. Discomalleolar and Malleomandibular Ligaments: Anatomical Study and Clinical Applications. *Surg Radiol Anat*. 2003;25(2):152–157.
- Juniper RP. Temporomandibular Joint Dysfunction: A Theory Based upon Electromyographic Studies of the Lateral Pterygoid Muscle. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1984;22(1):1–8.
- Králíček P. Úvod do speciální neurofyzologie. Praha: Galén, 2011.
- Lang J. Clinical Anatomy of the Masticatory Apparatus and Peripharyngeal Spaces. Stuttgart: Thieme, 1995.

- Lemež L, a kol. Topografická anatomie pro stomatology. Praha: Avicenum, 1985.
- Lieberman DE. Evolution of Human Head. Cambridge: Belknap Press, 2011.
- Lieberman DE. Příběh lidského těla. Evoluce, zdraví a nemoci. Brno: Jan Melvil Publishing, 2016.
- Machoň V, et al. Léčba onemocnění čelistního kloubu. Praha: Grada, 2008.
- Machoň V, a kol. Atlas onemocnění temporomandibulárního kloubu. Praha: Triton, 2014.
- Miller AJ. Craniomandibular Muscles: Their Role in Function and Form. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- Musil V, Blanková A, Báča V. A Plea for an Extension of the Anatomical Nomenclature: The Locomotor System. *Bosn J Basic Med Sci.* 2018;18(2):117–25.
- Musil V, Blanková A, Dvořáková V, Turyna R, Báča V. A Plea for an Extension of the Anatomical Nomenclature: Organ Systems. *Bosn J Basic Med Sci.* 2019;19(1):1–13.
- Ohnishi M. Arthroscopy of the Temporomandibular Joint. *J Stomatolog Soc Jpn.* 1975;42(2): 207–13.
- Okeson JP. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. St. Louis: Elsevier, 2020.
- Petrovický P, a kol. Anatomie s topografickými a klinickými aplikacemi. I. svazek. Pohybové ústrojí. Martin: Osveta, 2001.
- Pinto OF. A New Structure Related to the Temporomandibular Joint and Middle Ear. *J Prosthet Dent.* 1962;12(1):95–103.
- Posselt U. Physiology of Occlusion and Rehabilitation. Oxford: Blackwell Science, 1968.
- Pringle H. Anatomy. The Dilemma of Pernkopf's Atlas. *Science.* 2010;329(5989):274–5.
- Rees LA. The Structure and Function of the Mandibular Joint. *Br Dent J.* 1954;96(6):125–33.
- Rocabado M, Iglarsh ZA. Musculoskeletal Approach to Maxillofacial Pain. Philadelphia: J. B. Lippincott Comp., 1991.
- Šedý J. Kompendium stomatologie I. Praha: Triton, 2012.
- Šedý J. Kompendium stomatologie II. Praha: Triton, 2016.
- Šedý J, Foltán R. Klinická anatomie zubů a čelistí. Praha: Triton, 2010.
- Šedý J. Anatomie a fyziologie čelistního kloubu. In: Machoň V, Hirjak D, et al. Atlas léčby onemocnění temporomandibulárního kloubu. Praha: Triton, 2014: 12–23.
- Šedý J. Základy evoluční teorie pro stomatology. Praha: Galén, 2019.
- Šedý J. Základy gnatologie. Praha: Triton, 2023.
- Šedý J, Kieslingová A, Žižka R, Kikalová K, Foltán R, Hanzelka T. Klinická anatomie a fyziologie musculus pterygoideus lateralis: nové poznatky. *LKS.* 2019;29(11):226–35.
- Šedý J. Somatické vyšetření ve stomatologii. Praha: Galén, 2020.
- Šedý J. Terminologie pohybů mandibuly. *LKS.* 2020;30(10): 173–5.
- Šedý J, Kieslingová A, Žižka R, Kikalová K, Tauber Z, Kachlík D. Klinický význam vazů temporomandibulárního kloubu v nových kontextech. *LKS.* 2020;30(6):102–9.
- Šedý J. Response to: Cardinal L, da Silva TR, Andujar ALF, Gribel BF, Dominguez GC, Janakiraman N. Evaluation of the Three-Dimensional (3D) Position of Cervical Vertebrae in Individuals with Unilateral Posterior Crossbite. *Clin Oral Investig.* 2021;25(12):6961.
- Šedý J, Kieslingová A, Kachlík D, Žižka R, Foltán R, Voborná I. Klinická anatomie a fyziologie musculus temporalis: nové poznatky. *LKS.* 2021;31(2):34–47.
- Šedý J. Kompendium stomatologie II. Praha: Triton, 2022.
- Šedý J, Kieslingová A, Mičánková K, Kachlík D, Žižka R, Kikalová K, Marek I, Voborná I, Tauber Z. Klinická anatomie a fyziologie musculus masseter: nové poznatky. *LKS.* 2022;32(7–8 Suppl.):A1–A21.
- Šedý J, Šedá N, Bartoš M, Hovořáková M, Tauber Z, Žižka R. Anatomie, histologie a embryologie zubů. Praha: Galén, 2022.
- Williams PL, Bannister H. (Eds.). Gray's Anatomy. New York: Churchill Livingstone, 1995.
- Zenker W. Das retroarticuläre plastische Polster des Kiefergelenkes und seine mechanische Bedeutung. *Z Anat Entwickl Gesch.* 1956;119:375–88.

1.2 Temporomandibulární kloub z pohledu gnatologie

Jiří Šedý

Opěrný a pohybový aparát se skládá z (1) pojivové tkáně, kterou tvoří různé druhy vazivové, chrupavčité a kostní tkáně, jež vytvářejí zejména oporu ostatním částem těla, a dále (2) tkáně svalové, která je vlastním vykonavatelem pohybu. Komplexně studuje fyziologii opěrného a pohybového aparátu **biomechanika** (řec. *bios* – život; *mēchanē* – stroj). V orofaciální oblasti se jí zabývá **gnatologie** (řec. *gnathos* – čelist), odborník v této oblasti je označován jako **gnatolog** (angl. *gnathologist*). Pojem gnatologie jako první použil kalifornský ortodontista **Harvey Stallard** (1888–1974) na počátku 20. století. Tuto disciplínu následně definoval ve 20. letech 20. století „otec gnatologie“ **Beverly B. McCollum** (1883–1968) jako „vědu zabývající se biologickými mechanizmy mastikace, tj. morfologií, anatomií, histologií, fyziologií, patologií a léčbou orálního ústrojí, zejména čelistí, zubů a vztahů těchto orgánů ke zbytku těla“.

Tuto klasickou definici lze dnes posunout tak, že **gnatologie zkoumá vzájemné strukturální a funkční vztahy čelistí a zubů, zprostředkované funkcí svalů, čelistního kloubu a nověji rovněž krční páteře**. Dnes tedy považujeme gnatologii za **biomechaniku kraniovertebromandibulárního systému**, která se snaží o fyzikální vyjádření jeho složitých funkcí. Stojí na pomezí obecné fyziologie orofaciálního systému a orofaciální patologie. Význam gnatologie spočívá v komplexním chápání vztahů jednotlivých součástí orofaciálního systému za účelem vytváření reprodukovatelných definic fyziologického stavu, pochopení etiopatogeneze jednotlivých onemocnění a jejich správné terapie. Hraje důležitou roli v konzervačním a zvláště protetickém a ortodontickém ošetření chrupu, zejména ve smyslu začlenění nových součástí do kontextu fyziologických orofaciálních morfologicko-dynamických souvztažností.

Chápání gnatologie je rovněž klíčem k správné ortodontické i ortodonticko-chirurgické terapii. Mezi součásti gnatologie patří: (1) anatomie zubů, čelistí, čelistního kloubu, svalů a vazů orofaciální oblasti a krční páteře, (2) biomechanika zubů, čelistí, čelistního kloubu, krční páteře a svalů orofaciální oblasti, (3) příslušné součásti periferního a centrálního nervového systému, ovlivňující činnost stomatognathního systému, a (4) fyziologie orofaciálních úseků trávicího systému. Obtížnost gnatologie tkví v tom, že integruje problematiku tvrdých tkání (ve smyslu morfologie, vzá-

jemného postavení, měření či zobrazování) a měkkých tkání (ve smyslu napětí, tlaku, tahu, bolesti atd.). Gnatolog musí být schopen pracovat současně jak s tvrdými tkáněmi (např. úprava vzájemného postavení obratlů, rekonstrukce okluze), tak s měkkými (např. uvolňování či posilování svalů), což je pro stomatologa do značné míry nezvyklé. Pokud se však gnatolog soustředí pouze na jednu z těchto složek (např. výlučná koncentrace na okluzi u tzv. „okluzionistů“ nebo na *discus articularis* u tzv. „diskomaniaků“), může druhá složka působit antagonisticky a terapeutickou snahu tak zhatit. Musíme si uvědomit, že v gnatologii platí podobně jako v ortodoncii třetí Newtonův zákon, zákon akce a reakce.

1.2.1 Terminologie a současnost gnatologie

Ačkoliv pro některé autory má termín gnatologie určitý nádech archaičnosti, není důvod jej neužívat nadále, neboť alternativní, výstižný, a přitom dostatečně jednoduchý a prakticky použitelný název dosud nemáme k dispozici. V principu ani není třeba, neboť neustále je třeba dále posouvat jeho obsah, nikoli název. Hlavním problémem moderní gnatologie totiž není terminologie, nýbrž vznik nepřehledného množství gnatologických škol, které spolu vzájemně vůbec nekomunikují, případně jen omezeně. Každá z těchto škol má svou část pravdy, avšak navzájem jsou velmi nesmiřitelné a někdy se svou mírou ortodoxie a persvazivity blíží až náboženskému uskupení.

Řada těchto škol navíc nepracuje zcela podle zásad medicíny založené na důkazech, tj. relevantních vědeckých studiích, čímž se velmi odchyluje od klasické gnatologie, která pro všechny jevy a úkony hledala vysvětlení a ověřovala je. Někteří autoři dokonce hovoří o „pseudovědách, založených na mechanistických, ledabylých procedurách a využívání pofidérního instrumentária, které mají o gnatologii zcela zkreslené představy, vzdálené medicíně založené na důkazech“, případně o „gnatologii založené spíše na rétorice, slepé víře, vyumělkovanosti, pocitech či managementu privátní praxe než na vědě a důkazech“. O takové gnatologii se sarkasticky hovoří jako o „vědě zkoumající, jak žvýkají artikulátory“. Tímto problémem však netrpí pouze gnatologie, nýbrž i její velmi blízká fyzioterapie. Závažným problémem moderní gnatologie jsou také velké rezervy v mezioborové spolupráci, typicky mezi stomatologem, fyzioterapeutem, rehabilitačním lékařem, psychologem, neurologem a dalšími profesemi. Všechny tyto jevy je proto třeba vnímat jako výzvy a jejich řešením je třeba posouvat gnatologii dále, a to především k lepší péči o naše pacienty.

1.2.2 Obecná fyziologie kloubů

Kloub (angl. joint) je poměrně komplikovaná funkční jednotka, tvořená řadou struktur. Obecná fyziologie kloubů se označuje jako **artrokinematika** (angl. arthrokinematics). Fyziologický pohyb ve zdravém kloubu, tj. v **kloubu ušlechtilé konfigurace**, je **hladký** (angl. smooth joint movement), **bez tření** (angl. friction-free movement), **bez interferencí** (angl. interference-free) a v **fyziologickém rozsahu** (angl. normal range of motion/joint play). Charakter pohybu v kloubu je závislý na morfologii kloubních zakončení artikulujících kostí, absolutní velikosti i poměru velikosti kontaktní plochy hlavice a jamky, na pevnosti kloubního pouzdra a na svalové hmotě, která má potenciální pohyb realizovat.

Každý kloub má svůj typický směr a rozsah pohybu – **pohybový vzorec** (angl. pattern of movement), který je pro daný kloub fyziologický, ale podle kterého také dochází k omezování pohyblivosti kloubu za patologických stavů. Pohybový vzorec kloubu dovoluje při vyšetření posoudit i fyziologické limity – **fyziologická omezení kloubního pohybu**. Kloub sám pohyb negeneruje (to provádějí svaly či gravitační síla), je ale vždy jeho účastníkem. Vlastnosti jednotlivých kloubních struktur se fyziologicky mění s věkem, což ovlivňuje fyziologický rozsah pohybu a pevnost a pružnost pojivového aparátu kloubu. Pružnost a protažitelnost vazivových struktur jsou největší v předškolním věku a v období puberty, kdy je možné vykonat i pohyby přesahující běžný fyziologický rozsah, později se snižují – proto je nutné rozsah kloubních pohybů vždy posuzovat ve vztahu k věku jedince. Fyziologický pohyb kvalitativně ani kvantitativně kloubní struktury nepoškozuje, naopak je pro ně velmi prospěšný.

Stupně volnosti pohybu

Pohyb kloubů popisujeme z kinematického hlediska ve vztahu k základním anatomickým rovinám (frontální, transversální a sagitální), jež se protínají ve třech navzájem kolmých osách X, Y a Z, které současně vytvářejí základní kartézský souřadnicový systém. Popisy pohybu příslušného kloubu proto vztahujeme k těmto **třem osám pohybu kloubu**, vůči kterým jsou možné dva základní typy pohybu:

Rotační pohyb (otáčivý, úhlový) – značí pohyb kolem těchto os. V principu je to takový pohyb, při kterém všechny body pohybujícího se útvaru opisují kruhové oblouky se středem na ose pohybu kloubu (ose otáčení). Tyto pohyby jsou typické pro kulové, válcové, elipsovitě a kladkové klouby. V lidském těle jsou nejčastější. Pohyb kolem osy X (frontální) je v základním provedení **ab-**

dukce a **addukce**, pohyb kolem osy Y (transverzální) je v základním provedení **flexe** a **extenze** a pohyb kolem osy Z (sagitální) je v základním provedení **vnitřní rotace** a **vnější rotace**. Rotační (úhlové) pohyby jsou klinicky nejvýznamnější a nejčastější typy pohybů, které jsou také nejčastěji vyšetřovány.

Translační pohyb (posuvný, klouzavý) – je to pohyb ve směru os pohybu kloubu. Jinými slovy je to pohyb, při kterém všechny body pohybujícího se útvaru urazí stejnou dráhu. Tento typ pohybu je realizován především v plochých kloubech, může se však vyskytovat i v kloubech s nepravidelným zakřivením kloubních ploch, například ve válcových či sedlových kloubech. Translační pohyb je méně častý a z funkčního hlediska i méně významný než pohyb rotační.

Tyto dva základní typy pohybů kloubu (každý s třemi podtypy) se v praxi často navzájem kombinují. Každý z těchto pohybů představuje jeden stupeň volnosti – každý kloub má tedy teoreticky **šest stupňů volnosti** (angl. degrees of freedom). Kolik **stupňů volnosti** se u jednotlivého kloubu může uplatnit, závisí na tvaru kloubních ploch a na uspořádání vazivového aparátu kloubu. Prakticky žádný rotační ani translační pohyb není geometricky ideální. Kloubní hlavice a jamky se tvaru geometrických těles u skutečných kloubů pouze přibližují a řada dalších kloubních struktur může rozsah i charakter pohybu značně modifikovat.

Přenos sil

Kromě možnosti pohybů slouží všechny klouby i k přenosu sil, vznikajících v menší míře hmotností příslušných částí těla, ve větší míře pomocí kontrahujících se svalů.

Přenos tlaku

Při každém tlakovém zatížení kloubu dochází k tlakové deformaci. Ta je tím větší, čím mladší je příslušný jedinec.

Základní postavení v kloubu

Základní postavení v kloubu je takové postavení, které kloub zaujímá v základní anatomické poloze člověka. Má význam hlavně deskriptivní, od této polohy odvozujeme nomenklaturu jednotlivých pohybů v kloubech.

Střední postavení v kloubu

Ve středním postavení v kloubu jsou nejméně, ale vzájemně rovnoměrně napjaté kloubní vazy i kloubní pouzdro a současně je napětí synergistických i antagonistických svalových skupin v **dynamické rovnováze**.

To na jedné straně udržuje kloubní struktury v potřebné blízkosti, na druhé straně zabraňuje jejich nadměrnému kontaktu. Většina pojivových tkání má ve středním postavení 70–80 % své maximální fyziologické délky. Střední postavení je pro každý kloub typické. Vychází se z něj při vyšetření. Toto postavení zaujímá kloub spontánně při nejrůznějších onemocněních, a je proto voleno i při terapeutickém znehybnění kloubu (fixaci). Snižuje tak dráždivost senzitivních nervových zakončení ve vazivovém aparátu kloubu a tím i bolestivost kloubu. V kineziologii je střední postavení považováno za „funkční nulové postavení“, ze kterého se vychází při goniometrickém vyšetření kloubu.

Stabilita kloubu

Stabilita kloubu (angl. joint stability) je dynamický stav, kterého kloub dosahuje v určité poloze. Je vždy v určitém konfliktu s pohyblivostí – **mobilitou kloubu**; čím větší je mobilita, tím menší je stabilita. A naopak.

Stabilitu kloubu zajišťují dvě základní skupiny faktorů: (1) **Pasivní stabilizační faktory** – jsou určovány vzájemným poměrem tvaru kloubních povrchů, úpravou vazů a kloubních pouzder, tvarem disků, menisků a chrupavčitých lemů. Mezi pasivními faktory zajišťujícími stabilitu kloubu hraje rozhodující roli kongruence kloubních ploch artikulujících kostí. Přestože se tvary povrchů kloubních hlavic a jamek velmi přibližují tvaru geometrických ploch, k úplnému vzájemnému krytí, tj. k pasivně stabilizovanému postavení kloubu, dochází jen v určité poloze spojovaných kostí. (2) **Aktivní stabilizační faktory** – generují je svaly podílející se na zabezpečení všech pohybových aktivit v daném kloubu.

Stabilní postavení kloubu (angl. close-packed position) – u spojovaných segmentů odpovídá stavu napodobujícímu situaci neexistence kloubu, tj. zpevnění určitého celku, který může být uveden do pohybu pouze vnější silou. Kloubní plochy jsou v tomto postavení maximálně kryty, kloubní chrupavky rovnoměrně zatíženy a vazivové struktury pod přiměřeným napětím. V této poloze je kloub vystaven nebezpečí poškození, neboť je vnější silou poměrně snadno překročena mez pevnosti jednotlivých, již značně zatížených kloubních tkání. Z energetického hlediska je stabilní postavení velmi ekonomické, neboť zúčastněné svaly jsou ve vzájemné rovnováze.

Nestabilní postavení kloubu (angl. loose/soft-packed position) – je v principu opakem stabilního postavení. Kontakt kloubních ploch je redukován na malou plochu, zlepšuje se výživa nezatížených částí chrupavky a kloubní pouzdra jsou uvolněna.

Rozsah a hranice pohybu v kloubu

Každý kloub má určitý **rozsah pohybu** (angl. range of motion, ROM), vymezený určitými hranicemi (angl. motion barriers).

Pohyb v kloubu může být: (1) **Aktivně prováděný** (angl. active movement) – můžeme jej provést vlastní vůlí, aniž bychom příslušný kloub nějak ovlivnili. (2) **Pasivně vyvolaný** (angl. passive movement) – pohyb provede naše ruka či ruka vyšetřujícího. (3) **Pohyb v rámci kloubní vůle** (angl. joint play) – pohyb, který nedovedeme sami aktivně provést, ale který je základním předpokladem pohybu v kloubu. Jde o pasivně prováděné oddalování kloubních ploch a drobné posuny v nejrozmanitějších směrech, které jsou ve svém rozsahu zcela závislé na tvaru kloubních ploch. Je-li v kterémkoliv směru kloubní vůle omezena, dochází i k celkovému omezení aktivní pohyblivosti kloubu.

V artrokinematicce existuje pět možných hranic pohybu v kloubu: (1) **Fyziologická hranice pohybu** (angl. physiologic barrier) – je přirozenou hranicí aktivně prováděného pohybu při volném pohybu, tj. místem, kde jedinec přirozeně skončí svůj pohyb, bez napětí (angl. tension free), bez zatížení (angl. zero-load/load free) a bez bolesti. Oblast uvnitř, mezi všemi fyziologickými hranicemi, se označuje jako **neutrální zóna** (angl. neutral zone). Krátkodobé vychýlení z neutrální zóny je možné, přičemž pacient jej vnímá jako napětí až mírnou bolest (zatímco neutrálního postavení si není vědom). Dlouhodobé vychýlení z neutrální zóny již způsobuje bolest, případně morfologické poškození kloubních struktur. (2) **Elastická hranice pohybu** (angl. elastic barrier/zone) – je dosažena okamžikem vzniku napětí měkkých tkání při pasivním pohybu v kloubu. Adekvátním cvičením se hranice posouvá vně od neutrálního (středního) postavení v kloubu a rozsah možných pohybů se zvyšuje, naopak žádným nebo neadekvátním pohybem se hranice posouvá směrem k neutrálnímu postavení a rozsah pohybu v kloubu se zmenšuje. Oblast uvnitř, mezi všemi elastickými hranicemi, je **zóna aktivního pohybu** (angl. active motion zone/range). (3) **Anatomická hranice pohybu** (angl. anatomic barrier) – odpovídá maximálnímu rozsahu pohybu v kloubu, při jeho maximálním fyziologickém zatížení. Za touto hranicí se již objevuje bolest a poškození kloubních struktur. Oblast mezi anatomickou a elastickou hranicí se označuje jako **zóna pasivního pohybu** (angl. passive motion zone/range) neboli **zóna vazové rezilience** (angl. ligamentous resiliency zone). (4) **Restriktivní hranice pohybu** (angl. restrictive barrier) – odpovídá nefyziologickému zmenšení rozsahu přirozeného pohybu. Má

četné příčiny, může být výsledkem poruch svalů, fascií, kloubního pouzdra, ligament, kloubních povrchů či přídatných kloubních struktur, případně jejich kombinací. Pokud není adekvátně léčena, může vést k trvalému omezení pohybu. Restrikční omezení pohybu kloubu se rozděluje na: (i) **lehké** (angl. minor motion loss), odpovídající ztrátě do 50 % rozsahu pohybu, a (ii) **těžké** (angl. major motion loss), odpovídající ztrátě nad 50 % rozsahu pohybu. Restrikční hranice má (i) **počátek** (angl. feather-edge), který je ještě vysoce pružný v reakci na tlak a tah, a (ii) **konec** (angl. end-range of restriction), který je při reakci na tlak a tah výrazně rigidní. Fyzioterapeuticky můžeme, v závislosti na použité technice, působit jak na počátek, tak na konec restrikční hranice pohybu. Příkladem působení na počátek restrikční hranice pohybu jsou osteopatické techniky, příkladem působení na konec restrikční hranice je manipulační léčba. (5) **Destabilizovaná hranice pohybu** (angl. destabilized barrier) – odpovídá hypermobilnímu (nestabilnímu) kloubu, tj. posunu anatomické hranice pohybu kloubu vně, až do mezí, které nejsou u jiných lidí možné.

Propriocepce kloubu

Pro jakoukoliv pohybovou aktivitu je velmi významná propriocepční úloha kloubních struktur, která umožňuje podávání přesných informací nejen o postavení kloubu, ale i o kvalitě a rychlosti změn v jeho postavení.

Arthron

Arthron je termín zavedený pro vyjádření funkční souvislosti kloubních struktur a svalů. Kloubní spojení má často velmi složitou stavbu, na níž se podílejí prvky pasivních podsystemů – kosti, šlachy, vazy, chrupavky. Vlastnosti těchto prvků podmiňují jak reakci, tak adaptaci pohybového systému na zátěž. Arthron zahrnuje i reflexní úroveň vztahu mezi relativně pasivním kloubem a relativně aktivním svaem. Pokud dojde k funkční poruše kloubu, například k podráždění kloubního pouzdra, dochází současně k reflexní odpovědi v okolních svalových skupinách a ke svalovému spasmu, který má primárně obrannou funkci, neboť kontrahované svaly fixují (blokuji) pohyb a brání tak dalšímu poškození kloubu. Kloub je v těchto případech nadřazen svalovému systému i některým řídicím povelům nervového systému.

1.2.3 Základy biomechaniky

Biomechanika (řec. *bios* – život; řec. *mēchanē* – stroj, prostředek) studuje vzájemné staticko-dynamické sou-

vislosti, tedy strukturu a chování součástí pohybového aparátu. Představuje **mechaniku**, tedy nauku o pohybech a silách, aplikovanou na živý organismus. Studium pohybu jako takového se zabývá **kinematika**, studium příčiny pohybu **dynamika**. Dynamika těles v rovnovážném stavu je **statika**, dynamika těles v pohybu je **kinetika**. Nauka o rovnováze sil v určitém biologickém systému se označuje jako **biostatika**. Pohyblivost jednotlivých kostí závisí na morfologickém a funkčním uspořádání muskuloskeletálního aparátu, zejména na tvaru a orientaci kloubních ploch, vzdálenosti úponu svalu od vlastního kloubu, úhlu úponové šlachy svalu k dlouhé ose kosti, vnitřním uspořádáním (zpeřenosti) svalových vláken, typu svalových vláken a svalové síle.

Biomechanika rozděluje pohybový aparát těla na jednotlivé strukturální základy – **segmenty**. U těchto segmentů nejprve určí základní vlastnosti, zejména hmotnost, rozměry, složení, hustotu, viskoelasticitu, stupeň homogenity, anizotropii, těžiště a moment setrvačnosti. Při definici segmentů stanovíme jejich vzájemné vazby. Nejjednodušším systémem segmentů je soustava segmentu, kloubu a svalu, která se označuje jako **mechanická triáda**. Následně určí krok za krokem vzájemné vztahy segmentů v průběhu určitého pohybu – **biokinematický řetězec**. Struktury, které přenášejí biomechanické zatížení (tah, tlak), označujeme v biomechanice jako **transmisní struktury**.

Síly působící na tělo

Na lidské tělo působí tři základní typy sil:

Tíhová síla – síla, která působí na všechna tělesa na povrchu Země. Dle Newtonova gravitačního zákona je výslednicí gravitační síly Země a odstředivé síly vzniklé otáčením Země kolem své osy. Tíhová síla při pohybových aktivitách (1) **brzdí nebo podporuje určitý typ pohybu**, (2) **ovlivňuje postavení těla s cílem dosažení co nejstabilnější polohy** a (3) **minimalizuje své působení při provádění pohybů v horizontální rovině**. Proti tíhové síle (antigravitačně) působí činnost celé řady svalových skupin, zejména svaly posturální, dále plasticita vazivových struktur páteře, pružnost meziobratlových plotének a adheze kloubních ploch. Artificiálně působí antigravitačně i určité manévry, jako je například tříbodová opora těla.

Svalová síla – výslednice sil, kterými působí v dané chvíli aktivní svaly na příslušnou část těla.

Ostatní síly („třetí síla“) – zahrnují nárazy, deformační síly a řadu dalších.

Těžiště těla

Těžiště těla (hmotný střed těla) představuje působíště tíhové síly lidského těla neboli **bod, do kterého se soustřeďují síly působící na lidské tělo**. Vzhledem k tomu, že je lidské tělo členité, segmentované a nehomogenní, dochází při každé změně polohy končetiny, hlavy či trupu jak ke změně těžiště příslušného segmentu, tak ke změně těžiště celého těla. Vzhledem k tomu, že poloha těžiště rozhoduje o stabilitě těla, je zřejmé, že jakákoliv nestabilní poloha vyžaduje silovou korekci, tj. aktivní svalové úsilí spojené s výdejem energie.

Těžiště těla nemá stálé místo, jeho poloha se neustále mění, osciluje podle pohybu jednotlivých částí těla. Pokud je tělo v základní anatomické poloze, leží **těžiště těla** ve střední čáře ve výši obratlů S2–S3, přibližně 4–6 cm ventrálně od předního okraje obratlových těl. Ženy mají vzhledem ke konstituci těžiště mírně kaudálněji než muži. Přímkou procházející těžištěm kolmo k zemi se označuje jako **těžnice těla**. Plocha částí těla v kontaktu se zemí včetně plochy mezi těmito částmi se označuje jako **podpěrná plocha**. Pokud směřuje těžnice těla do středu podpěrné plochy, je tělo ve **stabilní a rovnovážné poloze**. Aktivní práce s těžištěm je tedy nedílnou součástí jakéhokoliv fyziologického pohybu lidského těla, a tedy i ústředním prvkem rehabilitační léčby.

Stabilitu těla zvyšují následující faktory: (1) **Zvětšení hmotnosti těla** – například u vzpěračů. (2) **Snížení těžiště** – například dřep. (3) **Zvětšení podpěrné plochy** – například rozkročení. (4) **Fixace jednotlivých tělových segmentů** – především fixované postavení kloubů. Pro snížení stability těla platí faktory opačné; například zmenšení podpěrné plochy při stoji na jedné noze nebo na špičkách stabilitu výrazně snižuje.

Co se týče **jednotlivých segmentů**, mají těžiště v následujících místech: (1) **Hlava** – těžiště se promítá na ventrální okraj sella turcica. (2) **Trup** – přední obvod těla obratle L1. (3) **Trup a hlava souborně** – těžiště se promítá na ventrální plochu obratle Th11. (4) **Horní končetina** – střed loketního kloubu. (5) **Předloktí s rukou souborně** – na hranici distální a střední třetiny předloktí. (6) **Ruka** – hlavička druhého metakarpu. (7) **Dolní končetina** – 6–10 cm nad šterbinou kolenního kloubu. (8) **Bérec a noha souborně** – ve střední třetině délky bérce. (9) **Noha** – mezi os naviculare a os cuneiforme intermedium.

Biomechanika kosterního systému

Obecné biomechanické vlastnosti kostí nejlépe vystihuje **modifikovaný Rouxův zákon**, který říká, že maximální pevnosti kosti je dosaženo s minimální spotřebou mate-

riálu. Biomechanika zde studuje uspořádání kompaktní a spongiózní kosti a zejména směr trámců spongiózní kosti do geometrických obrazců (linií) spojujících místa největšího zatížení kosti (**trajektorii**), což se souborně označuje jako **architektonika kosti** (kostní architektonika), která je pro danou kost v dané chvíli charakteristická a vypovídá o její dynamice.

Na kost působí celá řada sil, jimiž se systematicky zabýval německý ortoped **Julius Wolff** (1836–1902), který je podrobně popsal ve své monografii. Jeho práce jsou natolik propracované a nadčasové, že jsou dodnes vydávány a čteny. Základní princip působení sil na kost označil již v roce 1892 jako „zákon kostní transformace“, jenž byl později přejmenován na **Wolffův zákon**. Ten říká, že každá změna ve funkci kosti je doprovázena určitými nevratnými změnami ve vnitřní architektuře kosti, které vedou k obnově souladu mezi tvarem, strukturou a funkčním zatížením dané kosti. Obecně platí, že při fyziologické zátěži kost celkově a zejména v místech úponu aktivních svalů mohutní a zvyšuje se její celková pevnost. Naopak při nadměrné či výrazně snížené zátěži je kost spíše poškozována a odolává biomechanickým vlivům výrazně hůře.

Lamely **kompaktní** kosti splňují základní požadavek pevnosti s minimální spotřebou stavebního materiálu (modifikovaný Rouxův zákon). Lakuny lamel vzhledem ke svému oválnému tvaru nesnižují významněji pevnost kompakty, stejně jako canaliculi ossium paprskovitě prořezávají stěny lamel. Mezi vrstvenými lamelami je málo kolagenu a intersticiální hmota je vysoce mineralizována. Pouze ojedinělá jsou kolagenní vlákna pronikající z jedné lamely do druhé. Dalším důležitým faktorem je nerovnoměrná distribuce minerálů v kompaktní kosti. Mezi Haversovými osteony i vmezeřenými lamelami jsou místa méně mineralizované kosti, která plní z mechanického hlediska funkci určitých absorbérů kinetické energie působící na kompaktu.

Co se týče ovlivňování struktury **trámčité** kosti, platí pravidlo, že se kostní trámečky staví paralelně s převládajícími tlaky. Když se vektory těchto tlaků změní, kostní trámečky se přestavují do nové situace. Vzájemně se křížící trámce vytvářejí prostorově komplikované struktury v silokřivkách, vytvořených na základě tlaku a tahu, které na kost působí. Svým tvarem a uspořádáním zpravidla připomínají gotické oblouky, připomínající chrámové klenby. Trámčina však není z biomechanického hlediska pouze souborem trámců kostní tkáně. Prostory mezi trámci jsou vyplněny tukovými buňkami, buňkami kostní dřeviny, cévami, nervy a mezibuněčnou tekutinou. Tukové buňky velmi dobře adherují k povrchu trámců.

Celý systém buněk a cév spongiózy lze chápat jako elastický hydraulický systém chránící kostní trámce. Do systému přitéká krev z cév, které jsou uvnitř kosti, a odtéká oběma směry – do žil dřeně i mimo kostní tkáň do žilního systému periostu. Hydraulické vlastnosti kostní spongiózy se projevují při jakémkoliv zatížení pohybového systému zvýšením hydrostatického tlaku v dutinách spongiózy. Zátěž je tak zčásti absorbována a rigidní kostní trámce jsou zatíženy až ve druhém sledu. Hydraulický systém trámčiny můžeme chápat i jako tlumič nárazů (angl. shock absorber) kosti a stimulátor růstu, remodelace a obnovy kosti.

Vláknitá kost nemá univerzální, resp. ve všech směrech shodnou směrovou pevnost, jak by snad její pleixiformní uspořádání mohlo naznačovat. Právě naopak – její vlákna jsou orientována převážně ve směru, ve kterém je daná kost nejvíce zatěžována, a v tomto směru také vykazuje i určitou mechanickou pevnost.

Obecně vzato je kost **velmi pevná struktura** – pevnost kompakty je srovnávána s mosazí, litinou nebo kujným železem.

Tah – působením tahu dochází k prodloužení a zúžení kosti. Maximální účinek se projeví v rovině kolmé na směr působící síly. **Pevnost kosti v tahu** je přímo úměrná velikosti průřezu kosti. Její hodnoty jsou pro kompaktní kost 106 N/mm².

Tlak – působením tlaku dochází ke zkrácení a rozšíření kosti. Maximální působení nacházíme v rovině kolmé na směr působící síly. **Pevnost v tlaku** je rovněž přímo úměrná velikosti průřezu kosti. Její hodnoty jsou pro kompaktní kost 206 N/mm².

Ohyb – při ohybu se jedná o kombinaci tlaku a tahu, které působí na různých stranách kosti. Velikost působení narůstá směrem od středu kosti k jejím okrajům. Důležité je zde zejména rozložení kostní hmoty kolem neutrální podélné osy kosti.

Smyk – při smyku působí síla kolmo na povrch kosti, avšak v jiných úsecích kosti z opačných stran.

Krut – je vyvolán rotačním pohybem kolem podélné osy. Velikost síly narůstá směrem k povrchu kosti. S rostoucí vzdáleností hmoty od podélné osy kosti se zvyšuje moment setrvačnosti. První porušení je způsobeno smykem, zatímco tah a tlak působí v rovině diagonální vzhledem k ose kosti. Obecně jsou kosti ve zkrutu relativně méně odolné než při jiných typech zatížení. To je dáno chyběním kolagenních vláken mezi lamelami kompaktní kosti a také relativně málo častým fyziologickým zatížením kostí tímto typem zátěže.

Kombinovaná zátěž – je typická pro většinu pohybových činností. Fyziologické zatížení kosti spadá do

zóny zatížení. Při dlouhodobě působícím násilí stačí jeho menší dávka, aby došlo k poškození kosti (**zóna únavy**), než v případě jednorázového zatížení, které musí překročit vyšší **zónu přetížení**. Nejprve nastává reverzibilní **elastická deformace** (ohnutí kosti), následně ireverzibilní **plastická deformace** (fraktura kosti). Vztah deformace kosti a tlaku určuje **Hookův zákon**, který udává, že deformace kosti je přímo úměrná tlaku vyvíjenému na kost. Tento vztah je korigován pomocí konstanty v podobě **Youngova modulu pružnosti** pro kostní tkáň.

Rychlost zatížení – změny kostěné tkáně jsou velmi závislé na rychlosti pohybu, přičemž zatížení kosti stoupá s rychlostí exponenciálně, nikoliv lineárně. Proto i velmi malý, ale rychlý náraz dokáže způsobit zlomeninu kosti.

Páky – funkci pák plní kosti spojené pohyblivými klouby. Kostí zde představují ramena pák s opěrným bodem v ose kloubu. Za rameno síly považujeme vzdálenost úponu svalu od osy kloubu a na rameno břemena pak působí hmotnost příslušné části těla.

Biomechanika chrupavky

Z biomechanického hlediska je chrupavka vysoce heterogenní, těžko definovatelná směs. Maximální pevnost v tahu dosahuje u chrupavek hodnot, které odpovídají přibližně 5 % pevnosti v tahu u kosti. Pružnost chrupavek závisí do značné míry na obsahu vody (hydrataci), proto ji nelze obecně stanovit, neboť chrupavka se chová jako porézní materiál, ve kterém je voda vázána jen velmi volně. Při zatížení proto dochází v iniciální fázi k poměrně rychlému vytlačení vody ze základní hmoty a ke změně tvaru chrupavky (oploštění, protažení). V následné fázi zatížení se uplatňuje vyšší rigidita vláknité komponenty základní hmoty a tvar chrupavky se již téměř nemění. Toto bifazické chování zatížených chrupavek je velmi významné především pro biomechaniku kloubů a pro chování meziobratlových plotének.

Kloubní chrupavka – funkcí chrupavky je snižování tření v kloubu a potenciace rovnoměrného rozložení působící síly a tlumení rázových sil. Z hlediska biomechaniky se jedná o anizotropní a nehomogenní materiál s fyziologickým zatěžováním v tlaku. Kolagenní fibrily se v kloubní chrupavce neshlukují ve vlákna, naopak jsou uloženy difúzně v podobě prostorových sítí, které u kloubních chrupavek vykazují architektonickou úpravu odpovídající mechanickému zatížení chrupavky, což se souborně označuje jako **architektonika kloubní chrupavky**. Typickým architektonickým prvkem kloubních chrupavek jsou **arkády** (oblouky) navzájem se kří-

žících fibril. Většina vláken probíhá proto kolmo k ose pohybu. Mez pevnosti v tahu se u chrupavky pohybuje kolem 5 % pevnosti kosti.

Kloubní chrupavka je **vysoce porézní**, což umožňuje prostupování vyživující tekutiny do jejího nitra. Ve své hmotě má submikroskopické otvory o průměru okolo 6 nm, kterými je do ní vtačována a odtud vytlačována synoviální tekutina. Svým chováním se podobá houbě, schopné zadržet velké množství tekutin. Proteoglykanové molekuly amorfni mezibuněčné hmoty vážou nejen obrovské množství vody, ale přítomnost chondroitinsulfátu a kyseliny hyaluronové výrazně zvyšuje také viskozitu vnitřního prostředí chrupavky. Při zatížení kloubní chrupavky dochází k její pružné deformaci, kdy je z amorfni mezibuněčné hmoty chrupavky vytlačována synoviální tekutina do kloubní štěrbiny a zároveň roste denzita mezibuněčné hmoty.

Již v iniciální fázi fyziologického zatížení se z kloubní chrupavky uvolňuje až 60 % tekutiny. Při odlehčení naopak proudí synoviální tekutina zpět do chrupavky, kam je nasávána osmotickými silami proteoglykanů. Při konstantní zátěži nedochází ke konstantní deformaci; ta se zvyšuje v čase s postupným vytlačováním tekutiny až do okamžiku, kdy již více tekutiny nejde vyloučit. V biomechanice chrupavky hraje prostup této tekutiny klíčovou roli a chování chrupavky při deformaci je v podstatě určováno stupněm její nasycenosti synoviální tekutinou. Vytlačovaná tekutina přispívá k **lubrikaci** povrchu kloubu a je zpětně reabsorbována s poklesem zátěže. Lubrikační proces je charakteristický vytvořením povlaku – **filmu**, který vzniká mezi povrchy chrupavek a absorpcí takto uloženého lubrikantu v průběhu pohybu. Tento pohyb lze charakterizovat jako kombinaci válení a klouzání. Způsob lubrikace je ovlivněn zejména tvarem a kvalitou povrchů, rychlostí pohybu a velikostí zatížení. Kloubní chrupavka je ovlivňována intermitentním zatěžováním a pohybem, bez těchto faktorů je její výživa zhoršena a chrupavka začíná degenerovat.

Pružnost kloubních chrupavek není u všech kloubů stejná, obecně platí, že čím silnější je chrupavka, tím je i pružnější. Slabší okraje kloubních chrupavek nemohou absorbovat vyšší mechanické zatížení, a proto na tlak reagují malou deformací, ale značným vzrůstem vnitřního napětí obloukovitě probíhajících a napínaných kolagenních vláken. Proudění synoviální tekutiny interfibrilárními prostory chrupavky však není jen otázkou pružnosti kloubního povrchu. Proudění tekutiny je základním předpokladem metabolismu chrupavky a výživy jejích buněk. Zátěž kloubní chrupavky je fyziologicky v podstatě trvalá, neboť i chrupavka aktuálně odlehčeného

kloubu je vystavena setrvalému tlaku 6–8 kg/cm², který vyvolává svalový tonus svalů souvisejících s příslušným kloubem. Tato klidová zátěž však není pro adekvátní výživu chrupavky dlouhodobě dostatečná. Pokud není chrupavka adekvátně, tj. střídavě (intermitentně) zatěžována, je porušen její metabolismus, zejména v hlubších vrstvách chrupavky, kde může docházet k rozpadu chondrocytů a dalším degenerativním změnám.

Kostní kompakta, do které je kloubní chrupavka vsazena, má velmi funkční uspořádání. U silně zatížených kloubů je kostní kompakta dokonce silnější než vlastní kloubní chrupavka. U nezatížených kloubů je naopak velmi tenká.

Fyziologické opotřebení kloubních chrupavek není velké a v dětství je dokonce kompenzováno mírným intususcepčním růstem chrupavek. V dospělosti již chrupavka neroste a chondrocytů ubývá. Pružnost kloubních chrupavek s věkem klesá a snižuje se i jejich výška. Opotřebení povrchu chrupavek je však po určitou dobu kompenzováno zmnožením amorfni mezibuněčné hmoty. Mění se však její složení – úbytek chondroitinsulfátu a kyseliny hyaluronové vede u starších osob ke ztrátě viskozity mezibuněčné hmoty chrupavky a ke snížení schopnosti chrupavky vázat vodu. Chrupavka se pak nejen celkově snižuje, ale demaskují se také vazivová vlákna povrchových vrstev, která jsou tak vystavena přímému mechanickému zatížení pohybujících se kloubních ploch. Tato anatomická změna je pokládána za iniciální proces degenerativních změn chrupavek. Demaskováním vazivových vláken jsou ohroženy především okrajové zóny chrupavek, které jsou tenčí a ani vlákna nepoškozených chrupavek zde nemají dostatečné překrytí mezibuněčnou hmotou.

Biomechanika růstové ploténky

Funkce růstové ploténky je ovlivňována opakujícím se stlačováním. Pokud je mechanické namáhání nižší, než je fyziologická potřeba, klesá její růstová aktivita. Pokud je naopak mechanické namáhání růstové chrupavky nad fyziologickou hranici, množí se buňky na obvodu růstové ploténky, její celková plocha se zvětšuje a měrný tlak se vrací k fyziologickým hranicím. Totéž platí při nerovnoměrném zatěžování růstové chrupavky, kdy se na přetěžované straně chrupavka zvětšuje, na odlehčované atrofuje. Výsledkem je osová odchylka rostoucí kosti.

Biomechanika šlach

Šlachy slouží pro pružný přenos svalové síly na kost nebo chrupavku a umožňují uložení elastické energie. Z biomechanického hlediska tvoří šlachy systém sekun-

dárních mechanických efektorů, představují tedy pasivní pohyblivý a nosný systém. Jejich funkce je dána zejména paralelním uspořádáním kolagenních vláken. Nejodolnější jsou v tahu, méně odolná jsou v tlaku a smyku. Nejvíce odolávají zátěži v ose, nejméně mimo osu. Pevnost šlachy je velká, její nosnost je 6–12 kg na 1 mm² jejího průřezu. Pevnost šlachy v tahu je odvozena především od pevnosti kolagenních vláken, která u většiny šlach tvoří 80–90 % jejich hmoty. **Mez pevnosti šlachy** je hodnota závislá na věku, konkrétním anatomickém uspořádání šlachy, typu cévního zásobení a lokálních anatomicko-funkčních podmínkách, které pevnost šlachy buď zvyšují, nebo snižují.

Také **pružnost šlach v protažení** je rozdílná – zatímco u novorozence lze šlachy protáhnout o přibližně 18 % její klidové délky, u dospělého je to již jen 10 % a s věkem tato hodnota dále klesá. Při zatěžování šlachy dochází nejprve k napínání zřasených kolagenních vláken, následně dochází k mikrorupturám, rupturám vláken až přetržení celé šlachy. Patologické změny při úponu šlachy na kost se obecně nazývají **entezopatie**. Při posuzování šlachové zátěže hodnotíme průřez šlachy vzhledem k průřezu s ní spojeného svalu. K maximálnímu zatížení šlachy dochází při maximální kontrakci svalu. Se zvýšeným zatížením šlachy se rovněž setkáváme při rychlé excentrické kontrakci svalu, kdy nedochází k předchozí úplné relaxaci v důsledku nedostatku času. Velikost pevnosti šlachy v tahu je přibližně dvojnásobná než u příslušného svalu, což je jedním z důvodů, proč je častěji postižen sval než šlacha. Naopak při porovnání s kostí jsou hodnoty naměřené u šlach poloviční. Z hlediska přenosu síly mezi svačem a šlachou je důležitý způsob, kterým vstupují svalová vlákna do šlachy. Toto spojení může být realizováno pomocí plochého tvaru šlachy nebo ve formě provazce. Biomechanické vlastnosti šlach jsou ovlivněny celou řadou faktorů, zejména věkem, mírou pohybové aktivity, těhotenstvím a léky.

Biomechanika vazů

Vaz (*ligamentum*) stabilizuje kloub, podílí se na spojení kostí a v limitních situacích **vymezuje pohyblivost** kloubního spojení. Představuje tedy **pasivní**, limitující součást pohybového aparátu (angl. passive restraining device, restriction guidewire). Kolagenní vlákna ve vazech probíhají navzájem propletena do spirál, jež se při větším tahu mohou narovnávat. Vazy však nejsou, s výjimkou v těle relativně vzácných elastických vazů, primárně určeny k prodloužování – to vyplývá ze skutečnosti, že kolagenní vlákna jsou fyziologicky schopna prodloužení maximálně o 8–10 %. Vazy jsou

proto méně odolné proti patologickému prodloužení až přetržení než šlachy.

Fyziologická prostorová rezerva, která má funkci tlumiče při náhle vzniklém napětí (angl. shock absorber), je maximálně 6 % délky vazů. Za touto mezí již u kolagenních vazů nehovoříme o „natažení“ či „protažení“, které by evokovalo možnost návratu, nýbrž o prodloužení – **elongaci**. Ta je možná v rozsahu maximálně 20–30 % délky vazů, přičemž při každém natažení vazů už dochází k remodelaci uspořádání vláken, případně reparaci mikrotraumat. Každý vaz má však tuto schopnost – **elongační kapacitu** (angl. realignment capacity) – jen do určité míry, přičemž po jejím dosažení již dochází k významnému ireverzibilnímu poškození vazů, ztrátě jeho pevnosti a poruše jeho stabilizační funkce – v případě kloubu to může znamenat jeho nestabilitu. Elongační kapacitu lze přesáhnout jak opakovanými mikrotraumaty – **repetitivní elongace**, tak makrotraumatem – **excesivní elongace**. Odolávání vazů zátěži je nejvýraznější v ose, avšak dobře reagují i na zatížení mimo osu. Snášejí větší napětí v délce, avšak menší celkové zatížení. Chování vazů v průběhu zátěže je závislé především na: (1) uspořádání vláken uvnitř vazů a (2) poměrném zastoupení kolagenních a elastických vláken.

Vazy se průběžně remodelují v závislosti na mechanických silách působících na příslušný kloub. Většina vazů má určenou maximální možnou délku, které mohou fyziologicky dosáhnout. Pokud jsou akutně nebo chronicky protahovány (elongovány) za tuto úroveň, dochází nejprve k iritaci jejich volných nervových zakončení se signalizací bolesti, následně k jejich poškození a snížení jejich funkce, tedy i k patologickému zvýšení pohyblivosti určitého kloubu (tj. nestabilitě kloubu), pokud je jejich účelem tento pohyb vymezovat. To může vést k poškození kloubních struktur, které se takto dostávají mimo anatomicky vymezený rozsah. Vazy jsou ovlivňovány intermitentními tahy – bez těchto vlivů rychle atrofují a zkracují se. V případě imobilizace kloubu vazy rychle ztrácejí svou délku a mechanickou odolnost, přičemž jejich rehabilitace do původního stavu může trvat i rok.

Úpon vazů do kosti – je uspořádán způsobem, jenž tlumí prudce vznikající tahové síly: (1) v úponu vazů je vrstvička, kde jsou kolagenní vlákna prostoupena chondrocyty, (2) v úponu vazů je přechod mezi úsekem s chrupavkou a úsekem, kde chrupavka kalcifikuje (modrá linie), (3) pod modrou linií je v úponu vazů linie zvápenatělé chrupavky a (4) zakončení vláken vazů směřuje mezi kostní lamely.

Biomechanika kloubního pouzdra

Kloubní pouzdro je složeno z vazivové tkáně, jež obsahuje hustou síť kolagenních vláken, uspořádaných všemi směry, s menší příměsí elastických vláken a ojedinělými fibroblasty. Kloubní pouzdro je zpevněno především ip-sikapsulárními vazy, jeho přetažení omezují extrakapsulární vazy. Chová se v principu podobně jako vazy. Ve stratum fibrosum je zachována buněčná kapacita nutná pro obnovu a hojení kloubního pouzdra, je však u různých kloubů různá. Cévní zásobení stratum fibrosum je relativně chudé, naopak cévní zásobení stratum synoviale je značně bohaté – z toho vyplývají i rozdílné regenerační schopnosti příslušných vrstev.

Biomechanika svalů

Z hlediska biomechaniky je pro sval typická jednosměrná produkce síly při stahu. Opačný proces v podobě relaxace svalu je pasivní. Každý sval se vyznačuje klidovým napětím (**tonus**). Svalový systém je charakteristický nadbytečností – **redundantností**, která umožňuje v případě ztráty části svalové hmoty celou řadu funkcí nahradit. Nadbytečnost svalů umožňuje kromě nahrazení poškozeného svalu rovněž zvýšení stability, koordinaci a odlehčení kosti v případě potřeby. Velikost a vzájemné uspořádání svalových vláken se souborně označuje jako **architektura (architektonika) svalu**. Z biomechanického hlediska je jedním z nejdůležitějších faktorů skutečnost, o jaký sval se jedná. Sval může mít při stejném tvaru své snopce upravené buď paralelně podélně – **nezpeřený sval**, nebo šikmo, od boku dlouhé začáteční šlachy k boku dlouhé šlachy úponové – **sval zpeřený**.

V nezpeřeném svalu se účastní menší množství dlouhých svalových vláken, zatímco ve svalu zpeřeném je ve stejně velkém bříšku zahrnuto daleko větší množství krátkých vláken probíhajících šikmo. Při kontrakci má sval nezpeřený větší výšku zdvihu, avšak menší sílu než sval zpeřený. Proto jsou svaly nezpeřené upnuty zpravidla dále od osy kloubu, zatímco svaly zpeřené blíže k ose kloubu, kde se na malé dráze může uplatnit větší síla. Plocha odpovídající součtu průřezů všech svalových vláken svalu se označuje jako **fyzilogický průřez svalu** a jemu je přímo úměrná síla stahu tohoto svalu. **Síla svalu** (angl. muscle power) se zvětšuje jednak zvyšováním počtu pracujících motorických jednotek, jednak zvyšováním frekvence jejich zapojování (angl. muscle unit recruitment). Některé svaly se upínají na apofýzu kosti blízko kloubního konce kosti; růstem v apofýzové chrupavce je pak udržována konstantní relativní vzdálenost mezi úponem svalu a kloubem a jeho osou.

Páky v biomechanice

Na rozdíl od klasické mechaniky, kde rozeznáváme jednozvrtnou páku, kterou lze zvrátit pouze jedním možným směrem, a dvouzvrtnou páku, kterou lze zvrátit dvěma různými způsoby, musíme v biomechanice přihlížet u jednozvrtných pák také k tomu, zda blíže od bodu otáčení (angl. fulcrum) působí tahová, nebo tíhová síla. Obecně řečeno vzdálenost úponu svalu od osy kloubu představuje rameno páky, jehož délka určuje velikost vyvinuté síly. Čím kolmější je úhel úponové šlachy svalu k dlouhé ose kosti, tím větší sílu k pohybu kosti sval vyvine.

Páka prvního druhu (páka rovnováhy; angl. class I lever system) je dvouzvrtná páka. Odráží situaci, kdy se bod otáčení nachází mezi působícími silami. Výhodou této páky je udržení polohy s minimální energetickou náročností. **Páka druhého druhu** (páka síly; angl. class II lever system) je jednozvrtná páka. Odráží situaci, kdy se vektor tíhové síly nachází mezi bodem otáčení a vektorem šlachové síly. Pomocí této páky je možné přemístit větší hmotnost po kratší dráze. **Páka třetího druhu** (páka rychlosti; angl. class III lever system) je jednozvrtná páka. Vektor šlachové síly se zde nachází mezi bodem otáčení a vektorem tíhové síly. Při svalové kontrakci vykonává distální část segmentu pohyb o velkém rozsahu a body na konci segmentu se pohybují velkou rychlostí. Příkladem je žvýkací systém z laterálního pohledu – bodem otáčení je střed hlavičky temporomandibulárního kloubu, vektor šlachové síly zde reprezentuje elevátor mandibuly a vektor tíhové síly gravitační síla (zjednodušeno). Čím více ventrálně (tj. dále od hlavičky kloubu) mezi zuby bude uloženo sousto, tím větší svalovou sílu na plochu zubů musíme vyvinout, abychom sousto rozkousli, a současně tím větší tlak bude vznikat uvnitř kloubu. To je důvodem, proč fyziologicky vykonáváme pohyby vyžadující velkou sílu (drčení, rozměňování potravy) v laterálních úsecích chrupu – je to efektivnější a šetrnější vůči temporomandibulárnímu kloubu.

1.2.4 Fyziologie temporomandibulárního kloubu

Temporomandibulární kloub je nejsložitější pohybové ústrojí orofaciální oblasti. Je to jeden z nejpohyblivějších kloubů v lidském těle. Z tohoto důvodu je i pohyb v temporomandibulárním kloubu jeden z nejsložitějších v lidském těle. Je párový. Je přizpůsoben rozmanitosti lidské potravy. Temporomandibulární klouby obou stran pracují jako jeden celek. Jakákoli funkční a/nebo

morfologická změna jedné strany tedy automaticky postihuje i stranu druhou. Příkladem mohou být rozsáhlé změny dentice, poúrazové stavy a nesprávné protetické ošetření. Temporomandibulární kloub má poměrně mělkou kloubní jamku, se kterou caput mandibulae prakticky nepřijde do přímého styku, neboť je odděluje discus articularis. Temporomandibulární kloub má sám o sobě poměrně velký rozsah možných pohybů, což v biomechanice označujeme jako **vysoký počet stupňů volnosti** (angl. degrees of freedom). Tato pohyblivost je však do značné míry limitována rigidním spojením s druhostranným kloubem. Kondyl může vykonávat v podstatě dva druhy pohybů: otáčivý – **rotační** (angl. rotation; hinging motion) – a posuvný – **translační** (angl. translation; gliding motion).

Funkční klasifikace čelistního kloubu

Některé klasické anatomické učebnice popisují čelistní kloub jako **kloub elipsovité** (articulatio elipsoidea), u kterého jsou možné rotace kolem dlouhé osy kondylu a posuny kondylu, nejsou však možné rotace kondylu samotného. Toto zařazení však při bližším pohledu neobstojí, neboť u čelistního kloubu díky přítomnosti discus articularis rotace kondylu v dlouhé ose těla možné jsou – to obcházejí někteří autoři tím, že čelistní kloub označují jako „zvláštní typ elipsovitého kloubu“. To má význam didaktický, pro klinickou gnatologii je však toto zařazení nedostatečné.

Z hlediska funkce se dnes čelistní kloub charakterizuje nejčastěji jako **šarnýrově-kulovitý** (angl. ginglymoarthrodial joint). Z funkčního pohledu je totiž čelistní kloub kombinací dvou typů: (1) **Válcový kloub** (šarnýrový, věřejový, ginglymus; angl. ginglymoid joint) – mající osu pohybu (v tomto případě mediolaterální) postavenou kolmo k podélné ose kosti (v tomto případě ramus mandibulae) a kolem této jediné osy vykonává pohyb. Sklouznutí stranou zabírají kolaterální kloubní vazy. U čelistního kloubu tomu odpovídá fáze pohybu, při níž probíhá rotace hlavičky v jamce. (2) **Kulový kloub** (volný kulový kloub; articulatio spherioidea; arthrodia; angl. ball and socket joint; spheroidal joint) – plocha jamky (zde konkavita discus articularis) je menší než plocha hlavičky (zde kondyl), a proto je možný velký rozsah pohybů podle tří navzájem kolmých os, neboť i při značném vychýlení ze základní polohy je styčná plocha hlavičky v kontaktu s jamkou.

Charakteristika pohybu temporomandibulárního kloubu

Pohyb temporomandibulárního kloubu je třeba v principu vnímat jako souběžný pohyb mezi dvěma funkčními

jednotkami, mezi hlavičkou a diskem na jedné straně a mezi diskem a kloubní jamkou na straně druhé. Díky tvaru kloubních ploch a faktu, že jsou obě hlavičky spojeny v jedné kosti, je možné provádění velkého množství pohybů – **exkurzí mandibuly**. Extrémní postavení hlavičky a jamky je dokonce takového rozsahu, že nemá nikde jinde na těle obdoby. Při podrobnějším pohledu na kloub ve funkci zjistíme, že z oblasti kloubní jamky je nejvíce využívána dorzokaudální plocha tuberculum articulare. Při oproštění se od statického pohledu tak docházíme k závěru, že **v obou funkčních kompartmentech kloubu vlastně dochází k pohybu chrupavkovitě pokryté konvexní plochy proti konkávní ploše discus articularis**, což má pro pochopení patofyziologie poruch čelistního kloubu enormní význam. Při rotačním pohybu kondylu se kloubní disk stlačuje co do tloušťky. Při posuvných pohybech kondylu se kloubní disk vytahuje do délky a opět smršťuje. Většinou se pohyby mandibulárních kondylů kombinují.

Anatomickou hranici pro pohyb čelistního kloubu vymezuje tvar kloubních ploch a disku, kloubní pouzdro a kloubní vazy. Fyziologicky se kloubní hlavička pohybuje kaudálně, ventrálně a laterálně, mírně za vrchol tuberculum articulare ossis temporalis. Na lidském skeletu je jedinečný úpon horní části musculus pterygoideus lateralis přímo do kloubního disku, a lze jej tedy považovat za chrupavčitou šlachou v prodloužení tohoto svalu a zároveň přenosovou páku pro rotační pohyby kondylu. Sbíhavost párových kondylů v úhlu 120–160° a chabé kloubní pouzdro, které se jen zřídka traumaticky protrhne, umožňují velké výchylky kondylů proti jamce. Tenká kostní přepážka vytvářející v os temporale dno jamky kloubní svědčí o nepříliš velké žvýkací síle přenášené přes vrchol jamky čelistního kloubu – většina žvýkací síly se totiž přenáší přes tuberculum articulare, zuby a alveolární výběžky čelistí. Síla, kterou vyvinou žvýkací svaly v rámci elevace v temporomandibulárním skloubení, je u žen 60 kg, u mužů 100 kg a u gorily 250 kg. Nejsilnější stisk čelistí u dospělého člověka (bez tréninku žvýkacích svalů) byl popsán v roce 1986 na Floridě a činil 433,5 kg. Centrální, při funkci zatížené části kloubů mají pevnou konzistenci, jsou bez cév a senzitivní inervace.

Tyto oblasti žvýkacího ústrojí jsou strukturálně jistěny proti poškození přetížením, neboť se zde nevyskytuje varovná bolestivost. Morfologická stálost pohybujících se částí čelistního kloubu poskytuje reprodukovatelné měřicí body, které jsou mimořádně důležité pro vytvoření normofyziologických vztahů mezi čelistními klouby a umělým chrupem. Oba čelistní klouby propojené mandibulou vytvářejí **kinematický řetězec**. I když

má lidská mandibula určité charakteristiky páky, dnes ji popisujeme jako prostorový nosič, který při symetrickém zatížení představuje rovinný systém a jako takový je nosičem vykonávajícím pohyby kolem sousta, které je zde hypomochliem. Klouby pak zabraňují extrémním pohybům mandibuly. Mastikace probíhá pouze 2–6 % času, u parafunkcí až několik hodin denně. Funkční zatížení kloubu je velmi významné pro výživu kloubu, neboť otevírání úst snižuje nitrokloubní tlak a umožňuje tvorbu a výměnu kloubní tekutiny, zatímco zavírání úst nitrokloubní tlak zvyšuje a zlepšuje tak výživu avaskulárních součástí kloubu.

Jak bude uvedeno v detailu dále, výchozí gnatologická pozice temporomandibulárního kloubu je **centrická neboli centrální poloha**. Dnes platí, že **centrální poloha je takový vztah mandibuly k maxile, kdy jsou oba fyziologické diskokondylární komplexy v nejvíce kraniálním místě kloubních jamek neboli v zenitové pozici a hlavice čelistního kloubu vykonává pouze rotační, nikoliv translační pohyb**. Význam této definice nelze dostatečně zdůraznit, neboť **pochopení významu centrické polohy je základním pilířem moderní gnatologie**. Tato poloha totiž **není závislá na funkci a postavení zubů**. Je definována vztahem kloubní hlavice, jamky a disku.

Vzhledem k různým okolnostem, daným zejména složitostí temporomandibulárního skloubení a jeho schopností remodelace, prodělala tato definice poměrně složitý vývoj, plný celé řady nejistot a mylných představ. Dnes je tato poloha chápána jako postavení čelistního kloubu v anatomicky normální pozici, tedy v takové pozici, do které se zdravý temporomandibulární kloub vrátí v klidu a ze které vychází jakýkoli pohyb kterýmkoli směrem. I laik pochopí, že nelze například dobře hrát tenis s vykloubeným ramenem. Temporomandibulární kloub však umožňuje funkci i mimo standardní rozsah pohybů a často po dlouhou dobu i bez závažných subjektivních obtíží. Pokud však lékař provádí komplexní rekonstrukce chrupu, zejména u pacienta s poškozeným temporomandibulárním kloubem a výrazně změněnými parametry stomatognátního systému, musí mít pevný bod, od kterého se bude jeho ošetření odvíjet – a tím je centrální poloha mandibuly. Proto o ní budeme hovořit i v dalším textu.

Temporomandibulární kloub je fyziologicky v **základním postavení** při normálním skusu (**okluzní postavení**). Ve **středním postavení** (neutrálním postavení; angl. loosed packed position), kdy jsou všechny složky kloubu rovnoměrně napnuty, je kloub při mírném otevření úst. Jak bylo uvedeno výše, v této pozici má většina pojivových tkání délku mezi 70–80 % své maximální fyziologické délky. V této pozici je zajištěn adekvátní

kontakt kloubních ploch a disku, tj. dostatečně blízký, avšak nikoliv příliš těsný.

Toto postavení se označuje jako „střední“ proto, že je uprostřed mezi všemi extrémy, kterými jsou: (1) **Ventrální extrémní postavení** (angl. anterior closed packed position) – odpovídá situaci, kdy se kloubní hlavice dostává zcela pod tuberculum articulare, v některých případech i ventrokaudálně či ventrálně od něj. Dochází k extrémnímu napětí bilaminární zóny discus articularis. Nastává při maximálním otevření úst (depresi mandibuly) a současně maximální protruzi. Čím častěji je hlavice čelistního kloubu při pohybu blíže ventrálnímu extrémnímu postavení, tím více se kloub stává nestabilním a hrozí poškození jeho struktur stejně jako luxace. (2) **Dorzální extrémní postavení** (angl. posterior closed packed position) – odpovídá situaci, kdy je hlavice ve funkčním kloubním prostoru zasunuta extrémně dorzálně, čímž dochází k útlaku bilaminární zóny disku (ligamentum posterior) a Zenkerova retroartikulárního plastického polštáře. Této polohy dosahuje mandibula při maximálním retruzním posunu směrem z interkuspidace. Čím častěji je hlavice čelistního kloubu při pohybu blíže dorzálnímu extrémnímu postavení, tím více je pohyblivost v kloubu omezena a hrozí poškození jeho struktur, v extrémním případě až ankylóza. (3) **Kraniální extrémní postavení** (angl. superior closed packed position) – odpovídá výraznému nárůstu intraartikulárního tlaku, kdy hlavice vyvíjí maximální tlak na discus articularis v kraniálním a také poněkud ventrálním směru (tedy nikoliv čistě kraniálním) a jeho prostřednictvím na kloubní jamku. Nastává v situaci, kdy probíhá mastikace tvrdého sousta (jednostranné extrémní postavení) nebo v případě, kdy jsou zuby v maximální interkuspidaci (oboustranné extrémní postavení), s elevátory maximálně kontrahovanými.

Temporomandibulární kloub je adaptován na občasné, krátkodobé zaujetí extrémního postavení, v řádu minut za den. Pokud však setrvává v extrémním postavení delší dobu, dochází k jeho poškození.

Rotace a translace

V temporomandibulárním kloubu dochází v podstatě ke dvěma základním pohybům, **rotaci a translaci**, přičemž většina pohybů mandibuly je kombinací obou.

Rotace – *per definitionem* je rotace otáčivý pohyb (otáčení) kolem **centrální osy** (axis). V temporomandibulárním kloubu představuje rotace otáčivý pohyb kolem centrální osy, procházející hlavicí čelistního kloubu, jenž se odehrává v dolním kloubním kompartmentu, tj. mezi hlavicí a dolní plochou discus articularis.