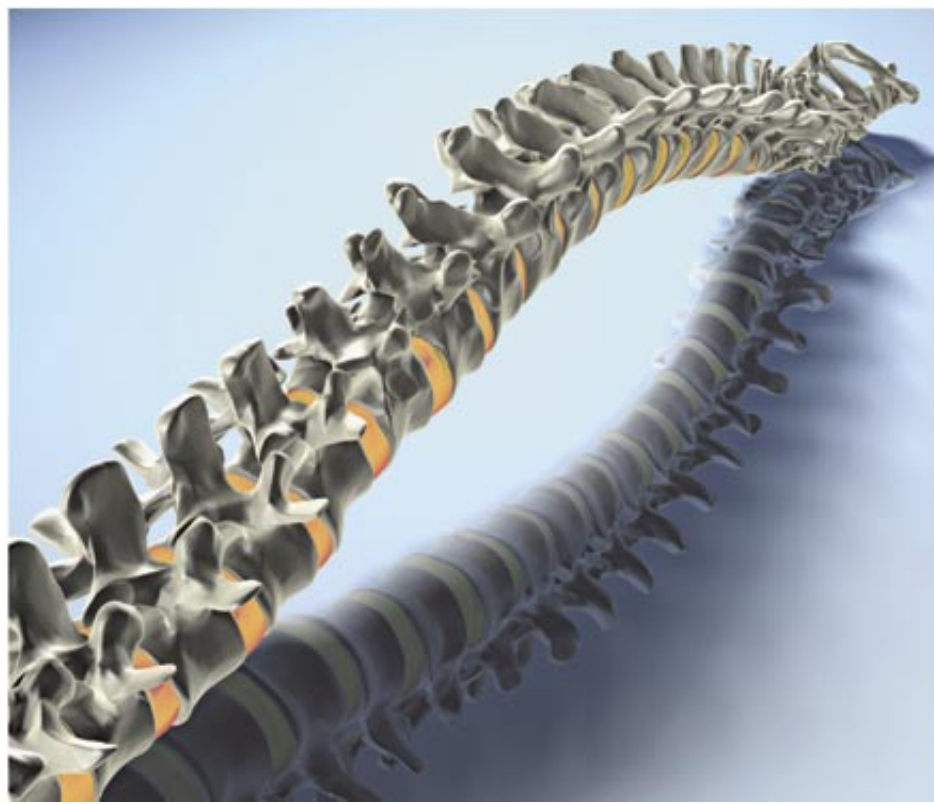


Ivan Dylevský

Funkční anatomie



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**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.





Copyright © Grada Publishing, a.s.

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.

FUNKČNÍ ANATOMIE

Recenze:

prof. MUDr. Miroslav Kučera, DrSc.

doc. ing. Monika Šorfová, Ph.D.

© Grada Publishing, a.s., 2009

Cover Photo © fotobanka Profimedia CZ s.r.o., 2009

© Ivan Dylevský – ilustrace v knize

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 3778. publikaci

Odpovědná redaktorka PhDr. Alena Palčová

Sazba a zlom Václav Juda, Ondřej Tulis

Počet stran 544

1. vydání, Praha 2009

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

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

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

Všechna práva vyhrazena. Tato kniha ani její část nesmějí být žádným způsobem reprodukovány, ukládány či rozšiřovány bez písemného souhlasu nakladatelství.

ISBN 978-80-247-3240-4 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7030-7 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

OBSAH

ÚVOD	11
1 ZÁKLADNÍ MORFOLOGICKÉ POJMY	15
1.1 HISTORIE A METODOLOGIE MORFOLOGICKÝCH VĚD	15
1.1.1 Anatomie – obsah, pojetí a stručný historický přehled	16
1.1.2 Metodologie morfologických oborů	22
1.2 ANATOMICKÉ NÁZVOSLOVÍ A ZÁKLADY ORIENTACE NA TĚLE	24
1.2.1 Anatomická nomenklatura	24
1.2.2 Orientace na lidském těle	25
2 VÝVOJ, RŮST A KONSTITUCE	35
2.1 VÝVOJ A RŮST	35
2.2 ZÁKLADY KONSTITUČNÍ BIOLOGIE – SOMATICKÝ TYP	39
3 FUNKČNÍ ANATOMIE TKÁNÍ POHYBOVÉHO SYSTÉMU	45
3.1 POJIVOVÉ TKÁNĚ	45
3.1.1 Charakteristika pojiv	45
3.1.2 Vazivová tkáň – vazivo	46
3.1.3 Chrupavčitá tkáň – chrupavka	54
3.1.4 Kostní tkáň	58
3.2 SVALOVÁ TKÁŇ	60
3.2.1 Charakteristika svalové tkáně	60
3.2.2 Hladká a srdeční svalovina	61
3.2.3 Příčně pruhovaná (kosterní) svalovina	62
3.2.4 Typy svalových vláken	65
4 OBECNÁ ANATOMIE KOSTÍ	71
4.1 STAVBA KOSTÍ	71
4.1.1 Obecná charakteristika skeletu	71
4.1.2 Stavba dlouhých kostí	72
4.1.3 Kostní dřev	77
4.1.4 Stavba krátkých a plochých kostí	78
4.1.5 🌀 Fibrilární kost	78
4.2 OSIFIKACE KOSTÍ	79
4.2.1 Kostní věk	80
4.2.2 Růst kostí	80
4.3 🌀 TRANSPLANTACE A REPARACE KOSTI	83
4.3.1 Kostní cévy a nervy	84
4.3.2 🌀 Transplantace a reparace (hojení) kosti	85
4.4 OSTEOLOGICKÁ NOMENKLATURA	86

5	OBECNÁ ANATOMIE KLOUBU	89
5.1	TYPY KOSTNÍCH SPOJENÍ	89
5.1.1	Obecná charakteristika kostních spojů	89
5.1.2	Kloub – articulus	91
5.2	🕒 ANATOMICKÉ PŘEDPOKLADY VYŠETŘENÍ KLOUBU	100
6	LEBKA	103
6.1	OBECNÉ PRINCIPY STAVBY	103
6.2	ZÁKLADNÍ POPIS LEBKY	104
6.2.1	Boční norma	104
6.2.2	Obličejová norma	106
6.2.3	Týlní norma	107
6.2.4	Bazální norma	107
6.2.5	Vertikální norma	109
6.3	LEBEČNÍ DUTINA	109
6.3.1	Zevní plocha lebeční báze	109
6.3.2	🕒 Vnitřní plocha lebeční báze	112
6.4	SPOJENÍ LEBEČNÍCH KOSTÍ	117
6.5	ZÁKLADY KRANIOLOGIE	119
6.6	🕒 ANATOMICKÉ ZÁKLADY TRAUMATOLOGIE LEBEČNÍCH KOSTÍ	121
7	AXIÁLNÍ SYSTÉM	125
7.1	ZÁKLADNÍ POJMY – POHYBOVÝ SEGMENT	125
7.2	NOSNÉ KOMPONENTY PÁTEŘE – OBRATLE	126
7.2.1	Obratel	126
7.2.2	Křížová kost	130
7.2.3	Kostrč	132
7.3	FIXAČNÍ KOMPONENTY PÁTEŘE – VAZY	132
7.4	HYDRODYNAMICKÉ KOMPONENTY PÁTEŘE – DESTIČKY, CÉVY	135
7.4.1	Meziobratlové destičky	135
7.4.2	🕒 Cévní systém páteře	136
7.5	KINETICKÉ KOMPONENTY PÁTEŘE – KLOUBY A SVALY	137
7.5.1	Meziobratlové klouby	137
7.5.2	Kraniovertebrální spojení	139
7.5.3	Páteřní svaly	140
7.6	ZAKRÍVENÍ PÁTEŘE	140
7.7	🕒 ÚVOD DO KINEZILOGIE AXIÁLNÍHO SYSTÉMU	141
7.7.1	Páteřní sektory	141
7.7.2	Stabilita páteře	143
7.8	HRUDNÍK – ZÁKLADNÍ POJMY	144
7.8.1	Kostra hrudníku	145
7.8.2	Spojení na hrudníku	146
7.8.3	Hrudní svaly	147
7.9	FUNKČNÍ ANATOMIE HRUDNÍKU	148
8	KOSTRA A SPOJE HORNÍ KONČETINY	151
8.1	STAVEBNÍ PLÁN HORNÍ KONČETINY	151
8.2	PLETENEC HORNÍ KONČETINY	152
8.2.1	Klíční kost	152
8.2.2	Lopatka	152
8.2.3	Spoje pletence	153
8.3	FUNKČNÍ ANATOMIE PLETENCE HORNÍ KONČETINY	155
8.4	PAŽE A PŘEDLOKTÍ	156
8.4.1	Pažní kost	156
8.4.2	Ramenní kloub	158
8.4.3	Kostra předloktí	159
8.4.4	Loketní kloub	162
8.4.5	Mezikostní membrána	163
8.4.6	Distální radioulnární kloub	163
8.5	RUKA	164

8.5.1	Kostra ruky	164
8.5.2	Klouby ruky	166
9	KOSTRA A SPOJE DOLNÍ KONČETINY	171
9.1	STAVEBNÍ PLÁN DOLNÍ KONČETINY	171
9.2	PLETENEC DOLNÍ KONČETINY	172
9.2.1	Kyčelní kost	172
9.2.2	Sedací kost	173
9.2.3	Stydká kost	173
9.2.4	Spoje pletence	173
9.3	PÁNEV	176
9.3.1	☉ Pánevní roviny	177
9.3.2	Pohlavní rozdíly na pánvi	178
9.4	FUNKČNÍ ANATOMIE PLETENCE	179
9.4.1	Pánev – transmisní systém	179
9.4.2	Pánev – protektivní a podpůrný systém	179
9.5	STEHNO A BÉREC	180
9.5.1	Stehenní kost	180
9.5.2	Kyčelní kloub	182
9.5.3	Kostra bérce	184
9.5.4	Kolenní kloub	187
9.5.5	Spojení lýtkové a holenní kosti	191
9.5.6	Mezikostní membrána	192
9.6	NOHA	192
9.6.1	Kostra nohy	192
9.6.2	Klouby nohy	196
9.7	NOŽNÍ KLENBA	201
10	FUNKČNÍ ANATOMIE KOSTERNÍHO SVALU	205
10.1	STAVEBNÍ PRINCIPY	205
10.1.1	Kontraktilní tkáň	205
10.1.2	Kosterní svalovina	206
10.2	STAVBA KOSTERNÍHO SVALU	209
10.3	STAVBA SVALOVÉHO ÚPONU	211
10.3.1	Šlacha	211
10.3.2	Sval – šlacha – kost	211
10.4	PŘÍDATNÉ ORGÁNY SVALU A ŠLACH	213
10.4.1	Burzy	213
10.4.2	Šlachové pochvy	213
10.5	TVAR A VNITŘNÍ ARCHITEKTURA SVALU	214
10.5.1	Síla svalu	214
10.5.2	Typy svalové kontrakce – aktivace	216
10.6	CÉVNÍ ZÁSOBENÍ SVALU A ŠLACHY, INERVACE SVALU	218
10.6.1	Cévní zásobení svalu	218
10.6.2	Cévní zásobení šlach	219
10.6.3	Inervace svalu a řízení svalové kontrakce	219
10.7	REGENERACE, TRANSPLANTACE A RŮST SVALU	220
10.7.1	Regenerace svalu	220
10.7.2	☉ Transplantace svalu	221
10.7.3	Růst svalu	222
10.8	MYOLOGICKÁ NOMENKLATURA	222
11	HYBNÉ SLOŽKY POHYBOVÉHO SYSTÉMU – SVALY	225
11.1	POHYBOVÝ SYSTÉM – FUNKČNÍ CELKY	225
11.2	SVALY HLAVY	226
11.2.1	Mimické svaly	226
11.2.2	Žvýkácí svaly	233
11.2.3	Hluboké šíjové svaly	234
11.2.4	☉ Fascie hlavy	235
11.3	SVALY KRKU	236
11.3.1	Povrchové svaly krku	236

11.3.2	☯ Nadjazylkové svaly	237
11.3.3	☯ Podjazylkové svaly	238
11.3.4	Šikmé krční svaly	239
11.3.5	☯ Prevertebrální svaly	240
11.3.6	☯ Meziobratlové svaly	241
11.3.7	☯ Krční fascie	242
11.4	HRUDNÍ SVALY	242
11.4.1	Torakohumerální svaly	242
11.4.2	Hluboké hrudní svaly	242
11.4.3	☯ Hrudní fascie	244
11.5	BRÁNICE	244
11.6	FUNKČNÍ ANATOMIE DÝCHAČÍCH SVALŮ	245
11.7	BŘIŠNÍ SVALY	246
11.7.1	Přední svalová skupina	246
11.7.2	Boční svalová skupina	247
11.7.3	Zadní svalová skupina	249
11.7.4	Tríselný kanál	249
11.7.5	☯ Břišní fascie	250
11.8	ZÁDOVÉ SVALY	251
11.8.1	Hluboké zádové svaly	251
11.8.2	Stabilita osového systému	253
11.8.3	Povrchové zádové svaly	254
11.8.4	☯ Zádové fascie	255
11.8.5	☯ Základní kineziologická analýza pohybů trupu	255
11.9	SVALY HORNÍ KONČETINY	256
11.9.1	Svaly pletence	256
11.9.2	☯ Postavení lopatky	259
11.9.3	Svaly ramenního kloubu	260
11.9.4	Svaly loketního kloubu	264
11.9.5	Svaly kloubů ruky	267
11.9.6	Svaly prstů ruky	268
11.9.7	☯ Koordinační systém prstů	271
11.9.8	Svaly palce	272
11.9.9	Svaly malíku	275
11.9.10	☯ Fascie horní končetiny	276
11.9.11	☯☯ Základní kineziologická analýza pohybů horní končetiny	277
11.10	SVALY PÁNEVNÍHO DŇA	280
11.10.1	Pánevní dno	280
11.10.2	Diaphragma urogenitale	281
11.10.3	☯ Pánevní fascie	282
11.11	SVALY DOLNÍ KONČETINY	283
11.11.1	Svaly kyčelního kloubu	283
11.11.2	Svaly kolenního kloubu	289
11.11.3	Svaly kloubů nohy	292
11.11.4	Svaly prstů nohy	295
11.11.5	Svaly palce	298
11.11.6	☯ Svaly malíku	300
11.11.7	☯ Fascie dolní končetiny	300
11.11.8	☯☯ Základní kineziologická analýza pohybů dolní končetiny	302
12	TRÁVICÍ SYSTÉM (APPARATUS DIGESTORIUS)	307
12.1	OBECNÉ PRINCIPY STAVBY TRÁVICÍ SOUSTAVY	307
12.2	STAVBA STĚNY TRÁVICÍ TRUBICE	308
12.3	ŽLÁZY TRÁVICÍ TRUBICE	310
12.4	ORGÁNY TRÁVICÍ SOUSTAVY	311
12.4.1	Ústní dutina	311
12.4.2	Hltan	318
12.4.3	Jícen	321
12.4.4	Žaludek	322
12.4.5	Tenké střevo	324
12.4.6	Tlusté střevo	327
12.4.7	Játra	331

12.4.8	Slinivka břišní	335
12.4.9	Pobříšnice	336
13	DÝCHAČÍ SYSTÉM (APPARATUS RESPIRATORIUS)	341
13.1	OBECNÉ PRINCIPY FUNKČNÍ ANATOMIE DÝCHAČÍCH CEST	341
13.2	DÝCHAČÍ CESTY	342
13.2.1	Nosní dutina	343
13.2.2	Hrtan	344
13.2.3	Průdušnice a průdušky	347
13.3	PLÍCE	348
13.4	MECHANIKA DÝCHÁNÍ A ŘÍZENÍ DÝCHÁNÍ	351
14	MOČOVÝ SYSTÉM (ORGANA URINARIA)	355
14.1	FUNKČNÍ ANATOMIE LEDVIN	355
14.2	LEDVINY	356
14.3	VÝVODNÉ MOČOVÉ CESTY	360
15	MUŽSKÝ POHLAVNÍ SYSTÉM (ORGANA GENITALIA MASCULINA)	365
15.1	REPRODUKCE	365
15.2	POHLAVNÍ ŽLÁZA	366
15.3	VÝVODNÉ POHLAVNÍ CESTY	367
15.3.1	Nadvarle	367
15.3.2	Šourek	368
15.3.3	Chámovod a semenné vajíčky	369
15.3.4	Předstojná žláza	369
15.3.5	Pyj	371
15.3.6	Pohlavní vývoj muže	372
16	ŽENSKÝ POHLAVNÍ SYSTÉM (ORGANA GENITALIA FEMININA)	375
16.1	FERTILIZACE A GESTACE	375
16.2	POHLAVNÍ ŽLÁZY	376
16.3	POHLAVNÍ CESTY	378
16.3.1	Vejcovod	378
16.3.2	Oplození vajíčka	378
16.4	DĚLOHA A FUNKČNÍ ANATOMIE MENSTRUACNÍHO CYKLU	380
16.4.1	Děloha	380
16.4.2	Funkční anatomie menstruačního cyklu	382
16.5	POCHVA A ZEVNÍ POHLAVNÍ ORGÁNY	383
16.5.1	Pochva	383
16.5.2	Zevní pohlavní orgány	383
16.6	POHLAVNÍ VÝVOJ ŽENY	384
17	OBĚHOVÝ SYSTÉM (ANGIOLOGIA)	389
17.1	TĚLNÍ TEKUTINY – KREV A MÍZA	389
17.1.1	Anatomie krve	390
17.1.2	Anatomie krvetvorby	392
17.2	CÉVNÍ SOUSTAVA – SRDCE	394
17.2.1	Stavba cév	394
17.2.2	Funkční anatomie srdce	397
17.3	KREVNÍ A MÍZNÍ OBĚH	403
17.3.1	Cirkulace tepenné krve	404
17.3.2	Cirkulace žilní krve	408
17.3.3	Specifické oblasti krevního oběhu	411
17.3.4	Mízní systém	413
17.3.5	Slezina	416
17.4	BRZLÍK – ANATOMIE IMUNITY	417
18	ŽLÁZY S VNITŘNÍ SEKRECÍ (GLANDULAE ENDOCRINAE)	423
18.1	NEUROSEKRECE, MOZKOVÝ PODVĚSEK A ŠÍŠINKA	423
18.2	ŽLÁZY S VNITŘNÍ SEKRECÍ	426

18.2.1	Štítná žláza	426
18.2.2	Příštítné žlázy	428
18.2.3	Langerhansovy ostrůvky	428
18.2.4	Nadledviny	429
19	NERVOVÝ SYSTÉM (SYSTEMA NERVOSUM)	431
19.1	OBEČNÉ PRINCIPY STAVBY NERVOVÉHO SYSTÉMU	431
19.1.1	Centrální a periferní nervový systém	432
19.1.2	Nervová buňka a glie	432
19.2	STAVBA PERIFERNÍCH NERVŮ A SYNAPSE	434
19.2.1	Periferní nerv	434
19.2.2	Synapse	435
19.2.3	☛ Regenerace periferních nervů	436
19.3	RECEPTORY – SMYSLOVÉ ORGÁNY (OKO, UCHO)	437
19.3.1	Obecná stavba a typy receptorů	437
19.3.2	Mechanoreceptory a termoreceptory	438
19.3.3	Chemoreceptory	440
19.3.4	Zrakové ústrojí	441
19.3.5	Sluchové ústrojí – orgány polohy a pohybu	446
19.4	MÍCHA A MÍŠNÍ NERVY	452
19.4.1	Stavba hřbetní míchy	452
19.4.2	Zapojení míšních nervů	455
19.4.3	Členění míšních nervů	456
19.5	MOZKOVÝ KMEN, MOZEČEK, HLAVOVÉ NERVY	462
19.5.1	Prodloužená mícha	462
19.5.2	Střední mozek	466
19.5.3	Mozeček	467
19.5.4	Přehled stavby hlavových nervů	468
19.6	MEZIMOZEK A ŘÍZENÍ AUTONOMNÍCH FUNKCÍ	471
19.6.1	Mezimozek	471
19.6.2	Systém sympatických vláken	473
19.6.3	Systém parasympatických vláken	474
19.7	MOZKOVÉ HEMISFÉRY	474
19.7.1	Přední mozek	474
19.7.2	Mozková kůra	475
19.7.3	Bazální ganglia	478
19.8	KOMOROVÝ SYSTÉM A MOZKOVÉ OBALY	480
19.8.1	Komorový systém	480
19.8.2	Mozkové obaly a cirkulace mozkomíšního moku	481
19.9	MOZKOVÉ A MÍŠNÍ DRÁHY – ŘÍZENÍ MOTORIKY	483
19.9.1	Základní přehled nervových drah	483
19.9.2	☛ Senzitivní dráhy	484
19.9.3	☛ Senzorické (smyslové) dráhy	486
19.9.4	☛ Motorické dráhy	487
19.9.5	☛ Přehled řízení motoriky	489
19.9.6	☛ Chemické dráhy	499
20	KOŽNÍ SYSTÉM (INTEGUMENTUM COMMUNE)	507
20.1	KŮŽE A PŘÍDATNÉ KOŽNÍ ORGÁNY	507
20.1.1	Funkční anatomie kůže	508
20.1.2	Kožní žlázy a přídatné kožní orgány	510
20.1.3	Mléčná žláza	511
	REJSTŘÍK	515

*Pokud v textu nerozumíte nějakému slovu, nevěšte hlavu.
Text dává smysl i bez něho. Pokud text bez tohoto slova
smysl nedává, pak by ho nedával ani s ním.*

Úvod je obvykle tou částí textu, kterou většina studentů nečte.

Je jistě možné vynechat i následující řádky. Přesto bych doporučoval věnovat pozornost alespoň závěrečným odstavcům – čtenář v nich totiž nalezne návod, jak s textem pracovat.

Vycházející učebnice je v naší odborné literatuře dalším pokusem o vytvoření uceleného textu funkční anatomie lidského těla určeného studentům nemedicínských oborů. Navazuje na tradici učebních textů určených pro studující tělovýchovných, rehabilitačních a fyzioterapeutických disciplín i dalších biomedicínských oborů. Solidní základ tohoto segmentu odborné literatury reprezentuje Fleischmannova a Lincova „Anatomie člověka“. Byla ovšem koncipována před 35 lety, vycházela zcela z konceptu systematických anatomii určených pro studenty lékařských fakult a její text již nezachytil nově nastupující trendy mikroskopické a submikroskopické morfologie.

Za poslední desetiletí nejen narostly poznatky o stavbě a funkci těla tak enormním způsobem, že na ně bylo nutné reagovat v celé koncepci didaktiky základních oborů, ale nebývale se rozšířil i počet oborů a specializací (tzv. biomedicíny), které spíše generují značně odlišné požadavky na výběr anatomických (morfologických) poznatků, než reflektují dosud užívané a často již nedostupné texty. Obsahový, ale i didaktický pohyb v oboru vyžaduje příčinnou reakci nejen v přímé výuce, ale i v obsahu učebnic, které kodifikují pojmový aparát, a tedy i vědomostní požadavky vyučovaného oboru.

Funkční anatomie není samostatný vědní obor. Představuje jednu z odnoží aplikované anatomie a reprezentuje didaktický celek vycházející z funkce tkáně nebo orgánu a podřizující popis jeho stavby jeho dalšímu funkčnímu uplatnění.

S pojetím funkční anatomie souvisí i terminologické otázky – užívání mezinárodní (řecko-latinské) anatomické nomenklatury a v biomedicínských oborech i použití českého názvosloví. V učebnici je používána výhradně nejnovější verze nomenklatury zavedená čtvrtým vydáním „Nomina Anatomica“ (Amsterdam, Oxford: Excerpta Medica, 1977). Dále bylo přihlédnuto k nomenklatorickým zvyklostem zavedeným překladem „Anatomického obrazového slovníku“ (Feneis H, autor; Čihák R, Lemež L, překladatelé. Praha: Grada, Avicenum, 2000). Autorovi jsou samozřejmě známy některé nomenklatorické problémy s latinskými novotvary (např. **peronaeus** – **peroneus** atd.) i další nedůslednosti oficiální nomenklatury. Proto se v několika případech přidržel

terminologie obrazového slovníku, který nepodlehl „nomenklatornímu fundamentalizmu“ a byl lékařskou veřejností dobře přijat. V učebnicích určených pro nemedicínské obory se s českou anatomickou nomenklaturou jednotliví autoři vypořádávají různě. **Anatomie člověka** je věda o tvaru a stavbě lidského organismu. **Anatomická nomenklatura** je prostředek komunikace mezi lékaři a zdravotnickými pracovníky a stále častěji i mezi zdravotníky a pracovníky kontaktních oborů.

Stavět dnes na národních, tj. českých anatomických názvech je nejen věcně nesprávné, ale i neekonomické. Latinu, která byla tisíciletí světovým vědeckým jazykem, vystřídala angličtina. Latinská anatomická nomenklatura má přímou projekci v anglické lékařské, tj. i anatomické terminologii, což významně usnadňuje studium anglicky psaných textů a elektronických nosičů včetně internetu. Také se radikálně změnil přístup k výuce latiny na středních školách a přestává být problém získat základní jazykové znalosti nutné ke zvládnutí anatomického názvosloví.

Žádné české anatomické názvosloví nikdy nebylo oficiálně přijato. Pokud někteří autoři publikovali učební texty, slovníky atd. s českým anatomickým názvoslovím, je to jistě záslužný počín, ale jimi používané názvosloví nikoho k ničemu nezavazuje. Pokusil jsem se sice dodržet běžné zvyklosti v překladu latinských a latinsko-řeckých názvů do češtiny, ale v některých případech je lépe český název buď vůbec nezavádět a pouze vysvětlit význam oficiálního nomenklatorního názvu, nebo se přidržet třeba i nesprávného, ale vžitého, a tedy i jazykově „živého“ českého ekvivalentu.

Z principů, které byly stručně naznačeny, vychází obsahová i formální stránka textu. Jde o vícestupňový text, určený pro různě zaměřené studijní obory. Text tištěný standardní velikostí a typem písma je závazný pro všechny studijní směry. Představuje obecný základ každého studijního oboru. Pokud jsou v textu některé názvy, pojmy nebo pojmové vazby zvýrazněny *kurzívou* nebo **tučnou kurzívou**, jde o dvojstupňovou didaktickou pomůcku upozorňující na různý stupeň závažnosti probírané skutečnosti nebo zdůrazňující pojmové třídění.

Text označený svislou čarou je doplňkový, rozšiřující znalosti a upozorňující na širší souvislosti. Je určený pro zájemce o hlubší porozumění dané problematice.

Odstavce (výjimečně celé kapitoly nebo části kapitol), které uvádí značka ☉, jsou koncipovány pro rehabilitační a fyzioterapeutické obory, ergoterapii, porodní a rentgenové asistenty, záchranáře studující ošetrovatelství, případně pro zájemce orientované na speciální výchovu zdravotně postižených. Pro tyto obory je také znalost tohoto textu závazná. Odstavce nebo kapitoly uvedené značkou © jsou určeny pro studium TVS a managementu.

Pro rychlou orientaci v textu, ale i pro budoucí využití hypertextové formy učebnice a CD je použit i další symbol, detailněji strukturující text kapitol. Poznatky nebo aplikace funkční anatomie uvádí symbol počítače ☒.

Text řeší i nároky na znalost nomenklatury.

Odborné české anatomické názvy (pokud jsou uváděny) jsou závazné pro všechny směry studia a jsou tištěny *kurzívou*, např. *bederní pleteň*. (Není-li český název vůbec uveden, jde o terminologii, která je natolik „exotická“, že je naprosto nevhodné ji zavádět, např. „dráhy deklomíšní“ apod.).

Odborné latinské anatomické názvy – opět závazné pro všechny studijní směry – jsou vždy tištěny *tučnou kurzívou*, např. ***plexus lumbalis***. Jde-li o termín, jehož znalost je nezbytná pro všechny studijní směry, je uveden ve formě zachycené v předchozí větě. Jde-li o znalost nutnou pouze u oborů studia fyzioterapie, je příslušný termín psán

sice také tučnou kurzívou. Je však ponecháno na vyučujícím, aby zvážil, které latinské, respektive řecko-latinské termíny bude v daném oboru považovat za nezbytnou jazykovou výbavu studenta.

Komunikační slovník představuje doplněk, který poslouží každému, kdo přichází do styku s medicínskými obory.

Anatomie je poměrně těžký předmět, náročný na paměť, prostorovou a tvarovou představivost a soustavnou studijní práci. V anatomii platí, že teprve ohromná suma faktických vědomostí dovoluje logické a kombinatorní užití získaných poznatků. Učební text a celá koncepce „Funkční anatomie“ se snaží rychleji přiblížit fáze pochopení vnitřních souvislostí a logické harmonie morfologických oborů. Žádný didaktický přístup ale nemůže nahradit vlastní a dlouhodobé studium. Každý, kdo začíná se studiem anatomie lidského těla (i když z něho nikdy nebude lékař nebo zdravotnický pracovník), by si měl uvědomit důsledky, které vyplývají z méně známého Termanova inovačního zákona: „Chcete-li, aby vaše lehkotletické družstvo vyhrálo skok vysoký, potřebujete jednoho člověka, který skočí přes dva metry, a ne dva lidi, kteří skočí přes metr.“ V této větě je zachycen i rozdíl mezi univerzitním a neuniverzitním vzděláním, vzděláním a dovedností, intelektuálem a odborníkem atd.

Neznám žádnou dobrou učebnici, jejíž první verze by byla bezproblémová. Bylo by nelogické, aby tomu bylo jinak i s textem „Funkční anatomie“. Případným kritikům budu vděčný za každou pozitivní připomínku, pouze bych si je dovolil upozornit na slova moudrého rabína, který svému nejmilejšímu žáku pravil: „*Milý synu, spíše než tele sát, chce kráva, aby byla sána.*“

1 ZÁKLADNÍ MORFOLOGICKÉ POJMY

Ó, jak je krásné umět jednu věc – nebo dokonce dvě!

(Molière, 1622–1673)

Anatomie — obsah, pojetí, prognóza • Historický přehled • Metodologie morfologických věd
• Anatomické názvosloví • Orientační roviny a směry • Základy antropometrie

1.1 HISTORIE A METODOLOGIE MORFOLOGICKÝCH VĚD

Dějiny medicíny jsou součástí historických věd. Medicína je ovšem souborem mnoha specializovaných a převážně biologických disciplín, z nichž každá má za sebou různé dlouhé období vývoje, různě dlouhou historii. Také historie anatomie je proto pouze součástí dějin celé medicíny, respektive biologie.

Dějiny medicíny – lékařství jako specifického vědního oboru začínají tam, kde došlo k prvnímu utřídění poznatků, jejich zápisu (uchování) a k provádění léčebných úkonů odborně školenými pracovníky. *Dějiny vědecké anatomie* proto začínají až Vesalem (1543), který vytvořil první systém třídění anatomických poznatků, ačkoliv řada dílčích anatomických znalostí pochází již ze starověku. Většina lékařských oborů je vzhledem k anatomii nesrovnatelně mladší. Medicína totiž zdaleka není „stará jako lidstvo samo“, ale většina jejích oborů se do podoby *vědeckých disciplín* konstituovala až v 19. století. Pokud bychom pátrali po prvním „skutečném léku“, který byl cíleně vyroben a využit k léčení, dostáváme se dokonce až do 20. století (jde o Salvarsán ničící původce syfilis, který byl P. Ehrlichem vyroben až v roce 1910).

Dějiny *léčitelství* a *dějiny lékařství* jsou dva zcela rozdílné pojmy a v dalším textu je proto zcela striktně rozlišujeme.

Dějiny medicíny jsou tedy až na malé výjimky (anatomie a některé obory chirurgie) velmi krátké, ale především ve 20. a 21. století mimořádně dynamické.

Mimořádně krátká a dosud zcela nedostatečně zpracovaná je historie specializované odnože anatomie – *funkční anatomie*, určené pro potřeby tělovýchovných a biomedicínských oborů, fyzioterapie a léčebné rehabilitace. U zrodu této specializace v našich zemích stál lékař, anatom prof. MUDr. Karel Weigner (1874–1937).

Prof. MUDr. K. Weigner je zakladatelská osobnost, jejíž přínos pro řadu oborů nebyl dosud objektivně a spravedlivě zhodnocen.

Weigner měl nejen osobní a velmi pozitivní vztah k tělesné výchově (starosta Sokola), ale byl i široce klinicky orientovaný lékař se smyslem pro aplikaci anatomie a v neposlední řadě byl i osobností, která výrazně zasáhla do politického i akademického života první republiky. Weigner byl první, kdo již ve 20. letech navrhl (včetně stavebního projektu) zřízení široce koncipovaného anatomického pracoviště, které

zahrnovalo i oddělení pro neuroanatomii, kineziologii, typologii a rtg. anatomii. Jeho na tu dobu zcela mimořádně prozíravé plány byly zčásti realizovány až v roce 1953, kdy vzniklo anatomické pracoviště ITVS (budoucí FTVS UK), ale důsledněji byly uskutečněny až po roce 1995. Základy specializované funkční anatomie pohybového systému na FTVS UK postupně vytvářeli **prof. MUDr. J. Fleischmann** (1916–1984) a **doc. MUDr. R. Linc** (1924).

☞ Pojem *rehabilitace* se v léčebném smyslu slova objevuje v první polovině 19. století. V širokém pojetí je rehabilitace resocializační proces, jehož cílem je navrácení jakkoliv postiženého člověka do optimálního stavu – do aktivního života. Léčebná rehabilitace je jedním z nejmladších oborů medicíny. Je civilizačním paradoxem, že teprve „epidemie zranění“ mladých lidí v 1. světové válce, obrátila pozornost společnosti k léčebné a pracovní rehabilitaci.

Světovou prioritu v léčebné a pracovní rehabilitaci představuje osobnost českého chirurga **prof. MUDr. R. Jedličky** (1869–1926), který již v roce 1915 založil velmi moderně koncipovaný a vybavený rehabilitační „Ústav pro zmrzačené“, kde se provozovalo nejen léčení, ale i pracovní přškolení pro přiměřená zaměstnání (dnes Jedličkův ústav).

Dalším vynuceným impulzem pro rozvoj rehabilitace byla meziválečná epidemie dětské obrny a opakovaná epidemie zraněných ve 2. světové válce. Přes ohromný morální, společenský i ekonomický přínos léčebné rehabilitace, fyzioterapie a léčebné tělesné výchovy (LTV) nemají ani dnes tyto obory u nás snadnou situaci a o jejich plném a faktickém docenění zatím ještě nelze hovořit.

Léčebná rehabilitace se stala samostatným lékařským oborem až v roce 1973. Specializované vysokoškolské studium rehabilitace a fyzioterapie bylo zahájeno teprve roku 1982 na UK FTVS.

1.1.1 Anatomie – obsah, pojetí a stručný historický přehled

Anatomie je vědní obor, který se zabývá tvarem, stavbou a vývojem těla jako celku i jeho jednotlivých částí.

Název oboru pochází z řeckého označení nejstarší anatomické pracovní metody – *pitvy* (anatomnein). Název anatomie je používán nejen při studiu stavby *lidského těla*, ale i při studiu stavby těla jiných živočišných druhů (např. veterinární anatomie) a rostlin (fytoanatomie). V dalším textu se budeme zabývat výhradně problematikou anatomie lidského těla, tzn. *humánní anatomii*.

Pro původní chápání hranic anatomie byla rozhodujícím kritériem metoda oboru, tj. *pitva* prováděná na makroskopické úrovni, maximálně s použitím lupy. Pro dnešní pohled na anatomii je nutné tyto hranice rozšířit a chápat je i v nových souvislostech.

Anatomie je sice historicky silně zakořeněný název, ale již v minulém století svým původním vymezením nepostačoval rychlému vývoji disciplín studujících mikroskopickou stavbu orgánů a tkání a zabývajících se jejich vývojem. Nevyhovoval ani vědním oborům zabývajícím se vývojem člověka jako živočišného druhu.

Určitým východiskem se stalo zavedení pojmu *morfologie*, tj. vědy integrující obory zabývající se zkoumáním tvaru, stavby a vývoje těla.

Anatomie je v tomto pojetí součástí morfologických věd, a pokud se např. v dalších kapitolách zabýváme makroskopickou, mikroskopickou a submikroskopickou stavbou

orgánů, měli bychom spíše mluvit o „morfologii svalu“ nebo o „funkční morfologii“ určité tkáně. Nomenklatura tohoto typu není obvyklá a „anatomie“ v sobě podvědomě stále zahrnuje poznatky i dnes již zcela samostatných vědních disciplín.

Nejde ani tak o nové vymezení anatomie, jako o skutečnost, že v celém textu učebnice chápeme „anatomii“ jako velmi široký biologický obor, spíše pojímaný jako morfologie lidského těla.

Nejstarší a stále základní vědeckou disciplínou anatomie je **soustavná** neboli **systematická anatomie** (gross anatomy). Soustavná anatomie slučuje stavebně, funkčně a vývojově příbuzné orgány do celků – soustav, systémů, které pak z různého hlediska popisuje. Je-li popis zaměřen na funkci daného orgánu a systému, mluvíme o **funkční anatomii**, je-li koncipován pro využití v klinických oborech medicíny, jde o **klinickou anatomii**. Funkční i klinická anatomie je vždy určitou aplikací základních poznatků – obvykle systematické a topografické anatomie. Proto se pro oba přístupy někdy používá označení **aplikovaná anatomie**.

Potřeby operativních oborů si už v minulém století vynutily vznik **topografické anatomie**. Původně šlo o anatomii řezů lidským tělem, které učí chirurga orientovat se ve vzájemných vztazích orgánů, cév, nervů atd. Topografická anatomie řezů se vyvinula v topografickou anatomii tělních krajin a řezy se staly její součástí.

Dnešní topografická anatomie člení tělo na několik desítek krajin s přesně stanovenými hranicemi a s ustáleným stylem popisu. V každé krajině je obvykle uveden přesný sled vrstev, ve kterých je možné krajinu preparovat, včetně popisu hmatných útvarů a možnosti projekce v hloubce uložených struktur. Znalost topografické anatomie je předpokladem zvládnutí **chirurgické anatomie**, která je anatomii operačních přístupů, tj. z anatomického a funkčního hlediska optimálních cest k nejrozmanitějším strukturám, které jsou předmětem dalšího léčebného zásahu. Různé části topografické anatomie, včetně klasické anatomie řezů, prodělávají v posledních letech obrovskou renezanci zájmu různých medicínských i nemedicínských oborů. V podstatě jde o důsledek exploze poznatků a možností tzv. zobrazovacích technik využívaných především v klinické medicíně. K těmto technikám a k jejich anatomickým obrazům se v dalším textu ještě vrátíme. Jde zřejmě o „metodologickou revoluci“, která má a bude mít značné důsledky nejen pro výuku anatomie, ale i pro další směry anatomického výzkumu, který se ve své klasické, tj. makroskopické formě zdál již ukončen.

Klasická anatomie celá století pracovala na úrovni **makroskopické anatomie**, tj. anatomie studující organismus sice různými technikami, ale vždy technikami limitovanými rozlišovací schopností lidského zraku. Od 17. století zdokonalovaný světelný mikroskop a technika řezání, fixace a barvení tkání teprve dovolily mikroskopické vyšetření orgánů a tkání a položily základy **mikroskopické anatomie**.

Světelná mikroskopie vyčerpala během první poloviny 20. století své základní technické možnosti dané především rozlišovací schopností optického mikroskopu. Konstrukce elektronového mikroskopu (ELM) položila základ nejdynamičtějšího oboru morfologie druhé poloviny 20. století – **ultramikroskopie**, která se již dnes dále člení na řadu disciplín spojujících morfologii s molekulární biologii, genetikou, biochemií a imunologií.

Také vývojová, evoluční biologie našla velmi pevnou oporu především ve srovnávací (komparativní) anatomii a v embryologii.

Srovnávací anatomie se zabývá studiem podobností i rozdílů ve stavbě těl různých živočišných druhů včetně rodu Homo, s cílem zachytit základní vývojové trendy.

Embryologie studuje individuální vývoj zárodků (embrya) a plodu (fétu).

Vývoj všech vědních oborů dnes charakterizuje stírání hranic mezi klasicky vymezenými disciplínami a vznik nových oborů na pomezí tradičních disciplín. Tento proces se nevyhnul ani anatomii, respektive morfologii.

Na jedné straně se anatomie vnitřně štěpí na řadu více či méně samostatných oborů (neuroanatomie, angioanatomie atd.), na straně druhé se integruje s obory, jakými jsou biomechanika nebo kineziologie. Integrace anatomie (morfologie) probíhá i za vzniku zcela netradičních oborů, jakými jsou neurovědy, tkáňové a biomedicínské inženýrství atd.

Anatomie, podobně jako celá medicína, je *součástí biologických věd*. Její historii je proto nutné vnímat vždy v kontextu historie přírodních věd, tj. ne jako pouhý sled objevů jednotlivostí spojených s určitými jmény, ale jako poznávací proces, který má svá převratná období i fáze poklidu, až zdánlivé stagnace naplněné nenápadnou prací připravující nový, zásadní posun.

Zdá se, že konec 20. století opět připravil určitý předěl v chápání, postavení a zařazení oboru anatomie v rámci vědních disciplín.

Každý pokus o prognózování vývoje vědního oboru je zatížen subjektivním pohledem na historii oboru a osobním vnímáním jeho současného postavení. Dříve, než se pokusím formovat vlastní představu o krátkodobé *koncepci anatomie* a jejího vztahu k různým typům biomedicínských oborů, je nezbytné orientovat se v základních datech *historie oboru* i o objevech, které jej významně ovlivňovaly.

K dispozici je dostatečně rozsáhlá literatura, která zájemci o dějiny anatomie poskytne detailní informace. Proto se omezím pouze na výklad některých méně zdůrazňovaných skutečností a údajů na nesporné události a objevitelské osobnosti, jejichž místo v historii lidského poznání prošlo prověrkou času.

Anatomie se stala *vědeckým oborem* v roce 1543, kdy v Basileji vyšlo dílo **Andrea Vesalia** (Andries van Wesele, 1514–1564) „De humani corporis fabrica libri septem“ (obr. 1.1). Sedm knih o anatomii jednotlivých orgánových soustav doprovázelo nezvykle velké množství dokonalých ilustrací, malovaných podle preparátů Vesaliovým přítelem, malířem G. Calcarem (Tizianovým žákem). Toto dílo představuje vědecký základ anatomie.

Vesalius nejen opravil řadu chyb, které se v anatomii tradovaly od starověku (původně zamýšlel pouze „opravit“ Galena), ale především vytvořil metodologický základ anatomie. Naprostou většinu nových poznatků odvozoval z osobních pitevních zkušeností (většinou nespekuloval); obrazovou dokumentací zachycoval reálné objekty (preparáty) a při popisu stavby těla zvolil jasnou a zcela novou *soustavu třídění poznatků*. Orgány popisoval podle jejich (tehdy ještě předpokládané) funkční a anatomické příbuznosti, tj. v rámci orgánových soustav (systémů).

Vesalius vlastně založil základní obor anatomie – *soustavnou* neboli *systematickou anatomii* – a v anatomii jako první použil základní metodický princip všech vědeckých disciplín – jednotnou soustavu třídění získaných poznatků. Publikoval své dílo v roce, ve kterém Koperník podal heliocentrický výklad pohybu planet. Je až symbolické, že takřka současně vycházejí práce vnášející řád do mikrokosmu těla a makrokosmu vesmíru.



Obr. 1.1 Titulní list prvního vydání vědecké anatomie lidského těla. Andreas Vesalius: „De humani corporis fabrica libri septem“ (Basilej, 1543)

Následující objevy položily základy nejen anatomie (morfologie), ale celé vědecké medicíny:

- 1561 G. Fallopio** (Benátky) doplnil Vesalia a *zdokonalil systematickou anatomii* především ženských pohlavních orgánů a smyslových orgánů.
- 1561 A. Paré** (Paříž) založil *chirurgickou anatomii* a v podstatě vybudoval základy chirurgie a válečné chirurgie (podvaz cév apod.).
- 1564 G. Aranzio** (Řím) publikoval jednu z prvních prací o *anatomii plodu*.
- 1573 C. Varolio** (Padova) se zabýval stavbou mozku, byl jedním z *prvních neuro-anatomů*.
- 1616 W. Harvey** (Londýn) formuloval *teorii krevního oběhu*.
- 1622 G. Aseli** (Pavia) objevil a popsal *mízní cévy*.
- 1661 M. Malpighi** (Řím) postupně popsal mikroskopickou stavbu plic, jater, sleziny, krve i ledvin, a v podstatě položil *základy mikroskopické anatomie*.
- 1662 G. A. Borelli** (Pisa) dokončil dílo, ve kterém se pomocí matematiky a fyziky pokusil řešit otázky fyziologie živých systémů; je *zakladatelem biomechaniky*.
- 1668 A. Leeuwenhoek** (Delft) s pomocí primitivní soustavy čoček („mikroskopu“) *identifikoval buňku* a popsal velké množství různých mikroskopických objektů; 1679 objevil příčné pruhování svalů.
- 1672 R. Graaf** (Leiden) objevil ve vaječníku váček, který pokládal za lidské vajíčko.
- 1757 A. Haller** (Bern) začal publikovat osmisvazkové dílo o fyziologii lidského těla, ve kterém nejen položil základy fyziologie, ale v podstatě začal budovat *funkční anatomii*, přinejmenším funkční anatomii nervosvalového aparátu.
- 1784 J. Prochaska** (Praha) v principu pochopil a popsal *anatomii reflexního oblouku* – základního funkčního prvku nervové soustavy.
- 1800 M. Bichat** (Paříž) pokoušel se vytvořit integrovaný obor z anatomie, fyziologie a patologie; položil základy nauky o *tkáních – histologii*.
- 1822 F. Magendie** (Paříž) rozlišil přední (motorické) a zadní (senzitivní) *míšní kořeny*.
- 1827 K. E. Baer** (Petrohrad) objevil savčí a *lidské vajíčko*.
- 1828 K. E. Baer** (Petrohrad) na základě výzkumu vývoje zárodků položil *základy embryologie* a vytvořil předpoklady pro formulaci vývojové teorie.
- 1832 J. E. Purkyně** (Vratislav) získal složený mikroskop a zahájil sérii objevných histologických prací, poprvé fixoval živočišné tkáně, zdokonalil histologickou techniku, objevil části převodního srdečního systému a specifické buňky mozečku.
- 1837–1839 J. E. Purkyně, M. Schleiden, T. Schwann** (Praha, Berlín) postupně formulovali ucelenou *buněčnou teorii*, která se stala klíčovým objevem přírodních věd 19. století.
- 1843 N. I. Pirogov** (Petrohrad) vytvořil základní principy *topografické anatomie*.
- 1855 R. Remak** (Berlín) popsal *tři zárodečné listy* a orgány, které z nich vznikají.
- 1855 C. Bernard** (Paříž) definoval a zdůvodnil pojem „žláza s vnitřní sekrecí“ a položil tím *základy endokrinologie*.
- 1858 R. Virchow** (Berlín) aplikoval buněčnou teorii a histologii v nauce o chorobách (patologii); založil tak buněčnou tkáňovou a orgánovou patologii – v podstatě první morfologickou *vědeckou patologii*.

- 1859 Ch. Darwin** (Londýn) vydal epochální dílo „O vzniku druhů přírodním výběrem“, které zásadně ovlivnilo přírodní vědy 19. a 20. století, včetně anatomie; v podstatě formuloval základní principy *vývojové biologie* živočišných druhů, mezi něž zařadil i člověka.
- 1861 P. Broca** (Paříž) lokalizoval v mozku *řečové centrum*.
- 1866 E. Haeckel** (Berlín) rozšířil Darwinovy myšlenky o vývoji druhů v morfologii a postupně došel až k formulaci tzv. biogenetického zákona (pravidla); vytvořil pojem *ekologie*.
- 1870 C. Golgi** (Pavia) zavedl metodu impregnace tkání dusičnanem stříbrným; v histologii jde o zásadní metodický počín, který umožnil rozvoj *neurohistologie* (neuroanatomie).
- 1888 Raymón y Cajal** (Barcelona) začal studovat stavbu nervové tkáně a spoje (dráhy) uvnitř CNS; jeden ze zakladatelů neurohistologie a budovatelů *neuronové teorie*.
- 1895 K. Roentgen** (Würzburg) objevitel katodových paprsků – technický objev znamenající vznik nového oboru medicíny (rentgenologie) a obrovské zlepšení vyšetřovacích i léčebných možností; základní předpoklad vzniku *rtg. anatomie*.
- 1896 Ch. S. Sherrington** (Londýn) objevil a popsal způsob spojení neuronálních výběžků – *synapsí*.
- 1910 A. Carrel** (New York) vypracoval techniku pěstování buněk v umělém prostředí a položil tak základy pro budoucí techniky transplantace orgánů – vědního oboru *transplantologie*.
- 1920 S. A. Krogh** (Kodaň) objevil mechanismus regulace cévního zásobení svalu, čímž umožnil rozvoj *anatomie a fyziologie vlásečnic* (látkové výměny na tkáňové úrovni!).
- 1921 E. Kretschmer** (Tübingen) publikoval základní práci tzv. *konstituční teorie*, která dává do souvislosti tělesnou stavbu a psychické založení člověka a snaží se postihnout vztah tělesného typu, psychických a psychiatrických (chorobných) změn.
- 1931 E. Ruska** (Berlín) zkonstruoval první elektronový mikroskop, který mj. umožnil studium *submikroskopické stavby tkání* a buněčných organel; vznik *ultramikroskopie*.
- 1953 J. Watson a F. Crick** (Cambridge) učinili snad největší biologický objev 20. století – objev struktury DNA; položili základy *molekulární biologie*.
- 1973 G. Hounsfield** (Londýn) publikoval principy *počítačové (CT) tomografie*; nové metody rtg. vyšetření pomyslnými řezy tělem.

Telegrafický a především na morfologii zaměřený přehled základních objevů, byl koncipován především s ohledem na autory, s jejichž jmény se nejčastěji setkáváme i v dnešní anatomii. Přehled je proto nesymetrický a časový rozestup klíčových objevů se postupně zvětšuje. Pionýrské období „velkých“ objevů makroskopické anatomie (morfologie) trvalo zhruba do konce 19. století. Dvacáté století přineslo obrovský posun ve znalosti „mikrosvěta“ organismu a ELM sblížila morfologii s biochemií, molekulární biologii, genetikou a dalšími, metodicky i obsahově zdánlivě vzdálenými obory.

Obsahový posun byl v anatomii (morfologii) vždy poměrně těsně vázán na technické možnosti, které bylo možné při studiu tvaru a struktury uplatnit. Lze proto

prognózovat, že se hlavní výzkumné směry v *makroanatomii* 21. století obrátí ke stále se zdokonalujícím možnostem nových zobrazovacích technik a k bezprostřednímu využití anatomie v léčebné praxi – především v endoskopické chirurgii, diagnostice, transplantologii a konstrukci arteficiálních orgánů. Na druhé straně se bude nepochybně rozvíjet spolupráce až fúze anatomie s různými biomedicínskými disciplínami a aplikovanými obory techniky, především s biomechanikou, biomedicínským inženýrstvím, bionikou a s matematickým modelováním struktur. Klasická anatomie „bez přívlastku“ nemá jako *vědní obor* pravděpodobně větší budoucnost.

Na *mikroskopické a submikroskopické* úrovni půjde nepochybně o další prolínání fyziologie buňky a tkání s přístupy molekulární biologie. V oblasti *morfologie pohybového systému* se poměrně jasně rýsuje vznik samostatného vědního oboru – *kineziologie* – s novým chápáním obsahu a poslání.

Bylo by neúplné, kdybych neuvedl i názor na dlouhodobější *perspektivu anatomie*. Jsem přesvědčen, že anatomie, ale nejen anatomie v dnešním chápání svých hranic, forem výuky a postavení oboru v systému věd postupně zanikne. Ve své klasické formě zanikla nebo zanikne i v biomedicínských disciplínách.

Při explozivním růstu *dílčích* poznatků stále atomizovanějších lékařských oborů, musí vzniknout „teorie biomedicínských věd“ jako široce integrovaný vědní obor s vnitřní strukturou respektující *celostní* chápání stavby a funkcí lidského organismu ve zdraví a nemoci. V rámci tohoto „oboru“ bude samozřejmě existovat i anatomie (morfologie), ale v podstatně komprimované formě a ve zcela jiných hranicích. Ve své výukové komponentě bude muset celá morfologie provádět stále přísnější selekci poznatků podle kritéria jejich využitelnosti v praxi. K obdobné situaci pak musí sekundárně dojít i v dalších biomedicínských disciplínách. Aditivní rozvoj „katedrových oborů“ je zcela bezperspektivní.

1.1.2 Metodologie morfologických oborů

Základní a nejstarší metodou anatomického zkoumání je *pitva (nekropsia)*. Pitva může být prováděna z různých důvodů. Jde-li o pitvu, jejíž cíl je didaktický, tj. pitvající se vlastní preparací nebo demonstrací připravených preparátů učí anatomii, považujeme tento typ pitvy za *anatomickou pitvu* (obr. 1.2). Anatomická pitva je dnes prakticky výhradně součástí výuky anatomie. Je-li cílem pitvy zjištění příčiny smrti a určení rozsahu chorobných změn, jde o *patologicko-anatomickou pitvu*. Součástí tohoto typu vyšetření je obvykle odběr vzorků tkání na histologické, mikrobiologické a další vyšetření. Pokud jsou nejasné okolnosti smrti nebo jde o náhlé, respektive násilné



Obr. 1.2 Pitva prasete. Prase bylo oblíbeným objektem starověké i středověké anatomie. Řada poznatků „humánní anatomie“ byla získána na těchto zvířatech.

úmrtí mimo léčebné zařízení, případně existuje nebo vznikne podezření, že ke smrti došlo v důsledku cizího zavinění – zanedbání, je prováděna *soudně-lékařská pitva*. Jde vlastně o patologicko-anatomickou pitvu, která je doplněna řadou speciálních vyšetření, která mají určit příčinu a mechanismus smrti. Jiné typy pitev, např. *pitvy za účelem konzervace těla* (balzamace), se v našich podmínkách provádějí výjimečně.

☉ Anatomie – *makroskopická anatomie* má dnes kromě pitevních metodik i značně široký rejstřík jiných vyšetření, která jsou většinou zároveň vyšetřovacími – diagnostickými metodami humánní medicíny. Tyto techniky lze v některých případech aplikovat i na mrtvém těle (nácvik vyšetřovacích, respektive léčebných postupů) nebo je jimi možné studovat některé anatomické problémy přímo na živém organismu, a spojit tak výuku anatomie s výukou vyšetřovacích a diagnostických metod, pro které se v našem písemnictví užívá označení *zobrazovací techniky*.

Rentgenové vyšetření je nejstarší neinvazivní zobrazovací technikou, použitelnou jak při vyšetření živého organismu, tak při vyšetření mrtvého těla. Metodicky lze využít nejen klasickou rtg. techniku založenou na různé prostupnosti tkání těla pro odražené katodové záření (tzv. paprsky X), ale vyšetření lze doplnit i použitím různých kontrastních látek. Ty dovolují zobrazit duté orgány, průběh a větvení cév a řadu dalších, pro klasický rtg. snímek „neviditelných“ struktur. Použití rtg. vyšetření si vyžádalo vznik specializovaného odvětví anatomie – **rentgenové anatomie**. Rentgenové vyšetření dodnes poskytuje základní dvojrozměrné údaje o stavbě orgánů, ale přes nesmírné zdokonalení, které tato technika za 100 let své existence dožila, nerozlišuje velmi jemné rozdíly v hustotě (denzitě) různých typů tkání. Tyto nevýhody odstranila až tzv. počítačová tomografie.

Počítačová tomografie (CT, computed tomography) spojuje principy rtg. vyšetření a počítačové techniky. Zdroj rtg. záření se pohybuje kolem těla a vysílané paprsky jsou po projití tělem zachyceny citlivými senzory. Protože jsou jednotlivé orgány různě „husté“, množství zachyceného a prošlého záření je také různé – a je závislé na denzitě tkání, ze kterých se daný orgán skládá. Senzory zaznamenávající tyto jemné rozdíly předávají naměřené signály do počítače, který je po zhodnocení převádí do obrazové podoby a zaznamenává na vhodném nosiči nebo na monitoru. CT tomografie dovoluje provádět řezy kteroukoliv krajinou těla v libovolné rovině (nejčastěji se užívají příčné řezy) a s různou rozlišovací schopností. Rozlišovací schopnost CT je dnes 10–20× lepší než při použití rtg. technik.

Variantou klasické CT tomografie je zařízení provádějící tzv. *dynamickou prostorovou rekonstrukci obrazu* (DSR), umožňující trojrozměrné zobrazení vyšetřovaného útvaru. Zařízení tohoto typu dovolují nejen získat a hodnotit anatomický obraz tvaru, např. srdečních dutin, ale dávají možnost provádět i výpočet objemů dutin, rozměrů orgánových stěn, měření průtokových parametrů atd.

Předchozí zobrazovací techniky patří do arzenálu rtg. technik. Principiálně zcela novou se stala metodika magnetické neboli nukleární magnetické rezonance.

Nukleární magnetická rezonance (NMR) je založena na principu působení silného magnetického pole, které mění rotační moment určitého atomového jádra, jehož rezonanci měří a počítačem převádí do obrazové podoby. Dnešní NMR přístroje dovolují získat trojrozměrný, podle potřeby i barevný obraz prakticky jakéhokoliv útvaru v těle včetně měkkých tkání (např. kosterních svalů), jejichž zobrazení bylo vždy velkým problémem. Výhodou NMR je eliminace rtg. záření a vysoká rozlišovací schopnost (asi 1 mm) obrazu. Další zdokonalení NMR povede nepochybně k postupnému omezování rtg. i CT technik a ve spojení s holografií poskytne NMR zřejmě anatomicky dokonalý („plastický“) obraz struktur lidského těla (obr. 1.3).

Ultrazvukové – sonografické vyšetřovací metody (US) patří také k nerentgenovým zobrazovacím technikám, které poměrně levným a snadno dostupným způsobem generují dvojrozměrný, i když ne tak anatomicky dokonale „čitelný“ obraz.



Obr. 1.3 *Demonstrační středověká pitva. Demonstrující je údajně Andreas Vesalius (1514–1564).*

této techniky je zatím tak velká, že k výukovým účelům je možné využívat spíše jejich okrajové produkty. Slouží především k diagnostice a v léčebné praxi.

Dá se říci, že *pohybový systém* byl jeden z posledních orgánových systémů, jejichž stavba byla a je předmětem aplikace nejmodernějších vyšetřovacích technik. Důvodů je více, ale lze předpokládat, že např. NMR rekonstrukce svalů a svalových skupin doplněná *telemetrickou myografií* zřejmě dost pronikavě zasáhne především do kineziologie a dovolí položit solidní vědecké základy patokineziologie.

Díličí studie, které v oblasti *myologie* (nauky o svalech) a *artrologie* (nauky o kloubech) již existují, tento názor velmi podporují. Postačí uvést, že např. určení typu svalových vláken nebo fyziologického průřezu svalu *in vivo* (z NMR řezů) bylo ještě před několika roky zcela nemyslitelné, podobně jako anatomické zkoumání tvarových změn kontrahujících se svalů, sledování tvarů kloubních dutin a kinetiky dutých orgánů.

1.2 ANATOMICKÉ NÁZVOSLOVÍ A ZÁKLADY ORIENTACE NA TĚLE

1.2.1 Anatomická nomenklatura

Tak jak se vyvíjelo poznání stavby lidského těla, vyvíjel se i způsob pojmenování orgánů a všech významnějších útvarů, charakterizujících tvar nebo stavbu. Středověké anatomické názvosloví bylo latinské, respektive často využívalo složených řecko-latinských termínů. Pojmenování bylo v podstatě libovolné a přes dodržování určité tradice bylo možné vytvářet různá názvosloví, takže řada útvarů měla i několik jmen. Devatenácté století přineslo ještě módu oslavovat objevitelské osobnosti tím, že jimi popsané struktury byly označovány jejich jménem.

Medicína se jako vědecká disciplína konstituovala v průběhu druhé poloviny 19. století a v zájmu srozumitelné a jednoznačné komunikace i třídění pojmů bylo nutné vytvořit především obecně platnou a závaznou **anatomickou nomenklaturu**, která se postupně stala i základem slovníku ostatních medicínských oborů.

Mezinárodní dohodou bylo v Basileji (1895) navrženo jednotné názvosloví, označované BNA (Basileana Nomina Anatomica). Po revizi byla přijata v Jeně (1935) tzv. JNA (Jenaensia Nomina Anatomica). Teprve pařížská dohoda (PNA, Parisiensia Nomina Anatomica 1955) měla skutečně mezinárodní dopad a názvoslovná verze přijatá v roce 1960 jako Nomina Anatomica (NA) položila základ všech dalších verzí. Učebnice funkční anatomie používá nomenklaturu zavedenou čtvrtým vydáním Nomina Anatomica (Oxford, 1977, 1987).

Souběžně s pokusy o sjednocení latinského názvosloví, byla patrná snaha o vytvoření i národních nomenklatur. V případě češtiny byly tyto snahy umocněny vůlí prokázat, že lze česky vyučovat i na vysokých školách (např. výuka na jediné lékařské fakultě byla až do roku 1883 vedena převážně v němčině) a že čeština patří mezi jazyky schopné obsáhnout pojmový aparát různých vědních oborů.

Zvláštní postavení má **české anatomické názvosloví** v oborech, které výrazně ovlivňují anatomické a fyziologické parametry organismu a přitom nejsou součástí lékařských věd. Jde především o tělovýchovné a sportovní disciplíny a biomedicínské inženýrských obory.

Základní problém lze formulovat otázkou: V jaké nomenklatuře vyučovat funkční anatomii a jaké názvosloví se pak sekundárně stane komunikačním prostředkem mezi reprezentanty biomedicínských a nemedicínských oborů? (Komunikační problémy jsou i v soudním lékařství, které má úzkou vazbu na kriminalistiku a kriminologii.)

České anatomické názvosloví neexistuje, respektive nebylo nikdy oficiálně přijato. Je nesporné, že v řadě biomedicínských oborů je důsledné používání pouze latinské anatomické nomenklatury problematické a bez znalostí základů latiny i velmi obtížné. Situace v dostupnosti výuky latinskému jazyku se však v posledních letech změnila natolik radikálním způsobem, že adeпти studia oborů zasahujících do biomedicínských disciplín se musí seznámit alespoň s nezbytnými základy jazyka, chtějí-li tyto obory studovat.

Určitým přechodným řešením je rozumný kompromis preferující oficiální latinskou nomenklaturu a používající pouze ty české názvy, které nejsou vnímány jako umělé jazykové konstrukce.

Nejvíce problematická je zřejmě anatomická nomenklatura kosterních svalů. Až na malé výjimky je české názvosloví svalů velmi těžkopádné a pro lékaře nebo zdravotnického pracovníka spíše nesrozumitelné. České názvy svalů – pokud je dále užíváme – mají proto především výkladový význam. Je nezbytné pojmenování svalů rozumět, ale není nutné je používat.

Ve fyzioterapeutických oborech (rehabilitaci) je situace poměrně jednoduchá. Vzhledem k jejich genetické vazbě na různé obory lékařských věd je používání oficiální latinské anatomické nomenklatury samozřejmé.

1.2.2 Orientace na lidském těle

■ Roviny a směry

Lidské tělo je trojrozměrné těleso. Těleso s bohatě a proměnlivě členěným povrchem a se vzájemně pohyblivými články. Máme-li standardním způsobem tělo popisovat, orientovat se a provádět srovnatelná měření, musíme vycházet z dohodnuté, tzv. anatomické polohy (postavení) a při měření respektovat soustavu dohodnutých bodů a míst měření.

Anatomická poloha (*anatomická norma*) je taková poloha těla, která vyhovuje popisu těla v jakékoliv poloze a dovozuje jednoznačné určení směrů.

Anatomické postavení zaujímá tělo ve spojném stoji, se vzpřímenou hlavou, s končetinami volně spuštěnými podél těla a s dlaněmi obrácenými dopředu (obr. 1.4).

Při každém popisu těla nebo polohy orgánů vycházíme z tohoto postavení – bez ohledu na to, v jaké aktuální poloze se např. zraněný trup, hlava nebo končetiny nacházejí. Je také jedno, jde-li o popis sedícího nebo ležícího těla.

Tělo je trojrozměrný útvar a můžeme jím proto vést **tři orientační osy**:

- *svislou, vertikální osu* procházející středem těla od temene po kostrč,
- *předozadní osu* jdoucí od plochy tvořené břišní stěnou ke straně zádové (hřbetní),
- *příčnou osu* probíhající z pravé boční plochy těla ke straně levé.

Podobně můžeme stanovit **čtyři základní roviny**:

- *střední, mediální rovinu* dělící tělo na dvě souměrné poloviny, s níž rovnoběžné jsou *sagitální roviny* (rovnoběžné se střední rovinou),
- *příčnou, transversální rovinu*, která je kolmá na podélnou osu těla a dělí tělo na horní a dolní část,
- *čelní, frontální rovinu* dělící tělo na část přední a zadní.

Z popsaných čtyř základních rovin a tří os vycházíme při určování směrů na trupu i na končetinách.

Všechny útvary blíže ke střední rovině jsou uloženy *mediálně* (**medialis**). Jsou-li vzdálené střední rovinou, leží *laterálně* (**lateralis**).

Směr „k hlavě“ se označuje jako směr *kranální* (**cranialis**). Směr opačný je směr *kaudální* (**caudalis**).

Všechny útvary před čelní rovinou jsou uloženy *ventrálně* (**ventralis**). Hřbetní směr je směrem *dorzálním* (**dorsalis**).

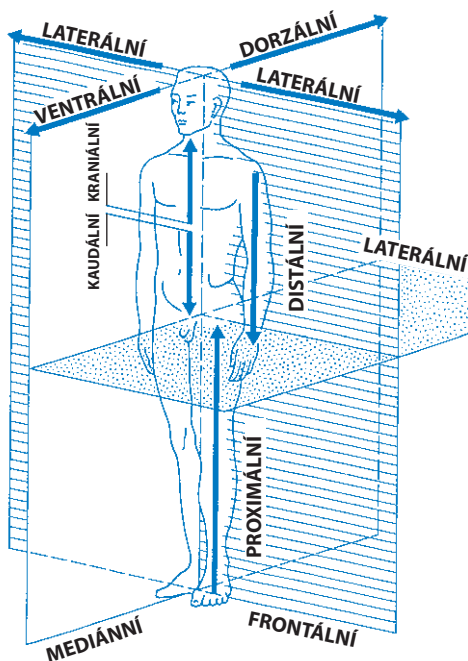
Hloubku vystihují názvy *povrchový, zevní* (**superficialis, externus**) a *hluboký, vnitřní* (**profundus, internus**).

Stranové názvy jsou *pravý* (**dexter**) a *levý* (**sinister**).

Na končetinách je sice také možné použít uvedené roviny a směry, ale jazykově i věcně je vhodnější používat označení *proximální* (blíže k trupu), **proximalis** a *distální* (blíže k prstům), **distalis**.

Anatomická nomenklatura zavádí i řadu synonymních názvů: **ventralis** = **anterior**; **dorsalis** = **posterior**; **cranialis** = **proximalis**, **superior**; **caudalis** = **distalis**, **inferior**.

Ke speciálnímu popisu jednotlivých krajin se užívá řady dalších pojmů. Nejčastěji jde o směry, k jejichž vystižení se využívá názvů jednotlivých kostí. Tak na předloktí lze místo mediální a laterální použít názvu *ulnární* (**ulnaris**)



Obr. 1.4 Orientační roviny a směry

a *radiální (radialis)*; na bérce *tibiální (tibialis)* a *fibulární (fibularis)* apod.

Podobně lze na horní končetině (nejčastěji na ruce) nahradit název *ventrální* označením *volární, (volaris)* a obdobně na dolní končetině (na noze) je směr do plosky nohy považován za *plantární (plantaris)*.

■ Krajiny těla

Tělo se z popisných důvodů rozděluje na řadu částí a krajin. Hranice mezi nimi jsou někdy přirozené a zřetelné, jindy jsou stanoveny dohodou – konvencí. Při stanovení těchto hranic se vždy vychází nejen z praktické potřeby krajinu vymezit, ale i z možnosti jejich hranice bezpečně určit zrakem nebo pohmatem (obr. 1.5).

Na těle rozeznáváme: hlavu, krk, trup, horní a dolní končetiny.

Hlava (*caput*)

Hlava má obličejovou a mozkovou část. Za hranici mezi hlavou a krkem považujeme rovinu vedenou dolním okrajem dolní čelisti.

Krk (*collum*)

Krk je spojovací částí hlavy a trupu. Přední stranu krku tvoří hrdlo, zadní straně říkáme šíje. Přejít obou krajin je určen kožní řasou podmíněnou předním okrajem trapézového svalu. Hranice krku proti hrudníku je dána transverzální rovinou procházející horním okrajem hrudní kosti a klíčními kostmi.

Hmotnost hlavy a krku představuje asi 7,5 % hmotnosti těla.

Trup (*truncus*)

Trup je složen ze tří částí: hrudníku, břicha, pánve a zad.

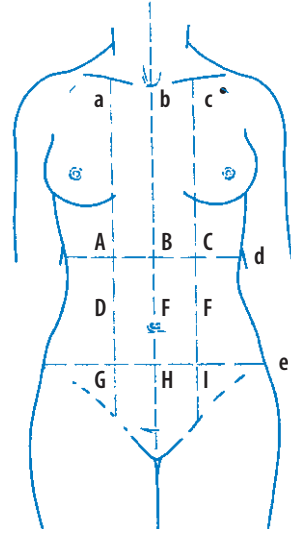
Hrudník (*thorax*)

Hrudník je horní částí trupu, která navazuje na krk. Dolní, povrchovou hranici hrudníku vytvářejí žeberní oblouky; hlubokou hranici je bránice.

Přední částí hrudníku říkáme *hrud* nebo *prsa (pectus)*, zadní stěnu popisně přiřazujeme k záďům.

Břicho (*abdomen, venter*)

Břicho je střední partií trupu. Horní hranicí jsou poslední žeberní oblouky, dolní vytvářejí tříselné rýhy oddělující břišní stěnu od stehů. Břicho po stranách přechází v *boky (latus)* a boky vzadu pokračují v *bedra (lumbus)*.



Obr. 1.5 Členění těla na jednotlivé krajiny – přední plocha trupu

a – pravá medioklavikulární čára, b – střední (mediosternální) čára, c – levá medioklavikulární čára, d – horizontála spojující dolní okraje žeberních oblouků; A+B+C – nadbřiškové krajiny (epigastrium), D+E+F – střední břišní krajiny (mezogastrium), G+H+I – podbřiškové krajiny (hypogastrium)

Pánev (pelvis)

Pánev je dolním okrajem trupu. Hranice pánve v podstatě kopírují kostěný prstenec tvořený pánevními kostmi a křížovou kostí, která je zároveň podkladem křížové krajiny. Po obou stranách křížové krajiny se vyklenují *hýždě (glutos, nates)*. Je možné je považovat za součást pánve, nebo ji přiřadit k dolním končetinám.

Záda (dorsum)

Záda jsou v užším smyslu slova zadní stranou hrudníku. Pro záda, bedra a křížovou krajinu používáme i souborné označení *hřbet*.

Hmotnost trupu tvoří asi 46 % hmotnosti těla.

Horní končetina (membrum superius)

Horní končetina je k trupu připojena v ramenní krajině. Prvním oddílem volné horní končetiny je *paže (brachium)*, přecházející v loketní krajině do *předloktí (antebrachium)*.

Horní končetina je zakončena *rukou (manus)*. (V hovorové češtině je pod názvem „ruka“ někdy nesprávně chápána celá horní končetina. V anatomii je třeba tyto pojmy přesně rozlišovat.) *Prsty ruky (digiti manus)* označujeme buď jmény, nebo je číslujeme. Prvním prstem je *palec (pollex)*.

Hmotnost horní končetiny dosahuje asi 4,7 % tělesné hmotnosti.

Dolní končetina (membrum inferius)

Dolní končetina je s trupem spojena v hýžděvé krajině. Prvním oddílem volné dolní končetiny je *stehno (femur)*. Kolenní krajina přechází v *bérec (crus)*. Posledním článkem dolní končetiny je *noha (pes)*. Prsty nohy se číslují obdobně jako na ruce; prvním prstem je opět *palec (hallux)*.

Hmotnost dolní končetiny představuje asi 18,6 % hmotnosti těla.

☉ Pro rehabilitaci a protézování amputovaných pacientů mají značný význam údaje o *hmotnosti jednotlivých segmentů končetin* (hmotnost protézy, metabolické nároky amputovaných, rehabilitační inženýrství atd.). Základní přehled dávají následující údaje: *hmotnost paže* cca 2,7 % hmotnosti dospělého těla; *hmotnost předloktí* cca 1,4 %; *hmotnost ruky* cca 0,6 %; *hmotnost stehna* cca 13,4 %; *hmotnost bérce* cca 3,7 %; *hmotnost nohy* cca 1,5 %.

Podmínkou každého použitelného *měření na lidském těle* je standardizace používaných metod a respektování dohodnutých a přesně definovaných somatometrických neboli antropometrických bodů.

Základními „odběrateli“ získaných výsledků jsou různé obory léčebné rehabilitace, biomechanika, rehabilitační inženýrství, ale i sportovní typologie (viz další kapitoly) a plastická chirurgie.

■ Antropometrie těla

Antropometrické body tvoří soustava bodů, jejichž polovina je definována hmatnými i viditelnými znaky na kostře (body určené pomocí „měkkých částí“ nejsou přesné, a pokud to není nevyhnutelné, nemají se používat) (obr. 1.6).

K měření se mohou používat různé, speciálně konstruované pomůcky, které ale nejsou běžně dostupné. Obvykle však vystačíme s posuvným měřítkem, pelvimetrem a pásovou mírou. Přípustná chyba měření na těle je $\pm 0,5$ cm a na hlavě $\pm 0,1$ cm.

Hlava

Nad kořenem nosu je na čelní kosti drobná ploška, tzv. **anatomická glabella**. Bod ve střední rovině nad kořenem nosu, kde čelní kost nejvíce vystupuje dopředu, je **antropometrická glabella**. Ta je výchozím bodem pro měření délky a obvodu hlavy.

Délku hlavy měříme od antropometrické glabelly k nejvzdálenějšímu bodu ve střední rovině týlní kosti. (U dospělého muže je délka hlavy 16,9–19,4 cm; u ženy 16,1–18,5 cm.)

Šířka hlavy je dána vzdáleností mezi nejvíce vystupujícími body spánkové (temenní) kosti. (U dospělého muže se šířka hlavy pohybuje mezi 13,9–16,4 cm; u ženy mezi 13,4–15,8 cm.)

Obvod hlavy měříme pásovou mírou v horizontální rovině. Začátek měřidla pokládáme těsně nad glabellu a míru otočíme kolem hlavy přes nejvíce vyčnívající týlní hrbol. Měření základních rozměrů hlavy je i ve zdravotnických zařízeních spíše výjimečné. Běžné je toto měření u novorozenců a v pediatrické praxi. (Normální rozměry novorozenecké hlavičky jsou: obvod 34 cm, šířka 10 cm, délka 12,5 cm.)

Obvod krku můžeme měřit těsně pod štítnou chrupavkou pásovou mírou orientovanou v horizontální rovině.

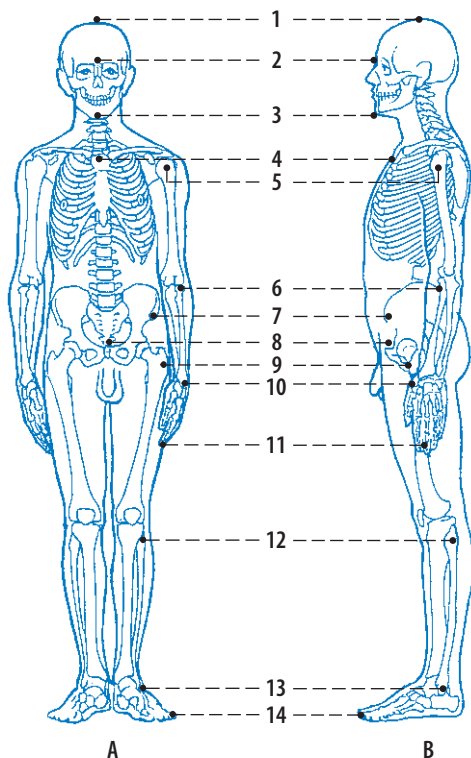
Trup

Pro měření na trupu je nejprve nutné orientovat se v poloze základních bodů. Na hrudníku vyhledáme horní okraj hrudní kosti (**jugulare**) a pohmatem určíme přední okraj zářezu. Vyhmatáme průběh klíční kosti a určíme její střed. V ramenní krajině určíme zevní okraj nadpažku (**akromiale**). Na rozhraní přední stěny hrudníku a břicha vyhmatáme přechod hrudní kosti a mečovitého výběžku hrudní kosti (**xiphosternale**).

Šířku ramen měříme jako vzdálenost mezi pravým a levým zevním okrajem nadpažku.

Výška hrudníku je dána vzdáleností mezi horním okrajem hrudní kosti a mečovitým výběžkem (**jugulare–xiphosternale**).

☉ Popsané antropometrické body na hrudníku jsou více než k přímému měření používány k projekci a vyšetření nitrohrudních a nitrobrříšních orgánů. V rehabilitačních oborech lze dosud popsané rozměry využít např. při vyšetření mechaniky dýchání.



Obr. 1.6 Základní antropomotorické a orientační body

A – pohled zepředu, B – pohled z boku;
1 – vertex, 2 – glabella, 3 – bradový výběžek (mentale), 4 – jugulare, 5 – hlavičce pažní kosti (nad hlavičcí je zevní okraj nadpažku – akromiale), 6 – radiale, 7 – iliospinale, 8 – horní okraj symfýzy, 9 – trochanterion, 10 – styliion, 11 – daktylion, 12 – fibulare, 13 – zevní kotník, 14 – okraj nejdelšího prstu

Obvod hrudníku měříme pásovou mírou, kterou klademe na záda těsně pod lopatky. Vpředu přikládáme míru na střed hrudní kosti. Obvod měříme v okamžiku výdechu, tj. nejlépe když vyšetřovaný odpovídá na naše otázky.

Obvod břicha lze měřit v horizontální rovině, ve výši pupku.

Končetiny

Končetiny a jejich segmenty jsou měřeny nejčastěji.

Délka horní končetiny: vzdálenost mezi zevním okrajem nadpažku a koncem třetího, respektive nejdelšího prstu. Délku paže určíme jako vzdálenost mezi akromiálním bodem na vřetenní kosti (**radiale**). Poloha bodu odpovídá hmatné hlavičce vřetenní kosti. Délka předloktí je vzdálenost mezi tímto bodem a bodcovým výběžkem vřetenní kosti (**styliion**). Délku ruky určíme od bodcového výběžku ke konci nejdelšího prstu.

Obvod paže a předloktí: největší obvod příslušného segmentu končetiny. Měření provádíme na volně visící končetině.

Délka dolní končetiny: vzdálenost mezi předním horním trnem kyčelní kosti (**iliospinale**) a ploskou nohy. Podobně jako na horní končetině i zde měříme délky jednotlivých segmentů končetiny.

Délka stehna: vzdálenost od horního trnu kyčelní kosti ke hmatnému okraji vnitřního kloubního výběžku bérce (**tibiale**).

Délka bérce: vzdálenost mezi vnitřním kloubním výběžkem holenní kosti a dolním okrajem vnitřního kotníku (**sphyrion**).

Délka nohy: vzdálenost od hrbolu patní kosti k okraji distálního článku palce.

Obvod stehna měříme těsně pod dolním okrajem hýžďových svalů, respektive pod kožní rýhou, která se tvoří na přechodu stehna a hýžďové krajiny.

Obvod bérce: maximální obvod lýtky.

■ Těžiště, těžnice a stabilita těla

Na tělo působí tři síly: *gravitace*, *síla svalů* a tzv. „*třetí síla*“ (nárazy, deformační síly apod.).

Pro základní analýzu pohybu je nejdůležitějším údajem určení těžiště těla, těžiště jednotlivých segmentů těla a charakteristika působení gravitačních sil. Můžeme totiž zjednodušeně vycházet z představy, že působení kterékoliv z uvedených sil na určitý článek těla se soustřeďuje do jediného bodu, kterému říkáme *těžiště*.

Lidské tělo je článkované, segmentované a nehomogenní těleso. To znamená, že při každé změně polohy končetiny, hlavy, trupu, se mění nejen poloha těžiště příslušného segmentu, ale i poloha těžiště celého těla.

Poloha těžiště tedy rozhoduje o *stabilitě těla*. To je ve fyziologii pohybu i v rehabilitační praxi velmi významný prvek. Jakákoliv nestabilní poloha vyžaduje totiž silovou korekci, tj. aktivní svalové úsilí a tím také příslušnou spotřebu energie.

☞ Při poruchách svalové funkce (při svalových parézách) musíme cvičením obnovit např. stabilní stoj pacienta, aktivovat příslušné, třeba i náhradní stabilizační svalové skupiny apod. Také nácvik chůze s opěrnými pomůckami (trojbodová opora) a rehabilitace pohybu končetinových segmentů je vlastně práce s těžištěm a gravitačními silami, které při cvičení buď potencionujeme, nebo působíme proti nim.

Těžiště těla nemá stálé místo, jeho poloha se mění – osciluje podle pohybu jeho jednotlivých částí. Je-li tělo v klidové základní anatomické poloze, leží těžiště ve střední čáře ve výši S_2-S_3 , asi 4–6 cm před přední plochou obratlových těl.

Např. u stojícího muže, praváka vysokého 175 cm a vážícího 70 kg, je těžiště 1 cm před třetím křížovým obratlem – asi 105 cm nad zemí.

U ženy stejných „parametrů“ je těžiště těla o něco níže (větší hmotnost dolní poloviny těla) než u muže (obr. 1.7). Padá-li *těžnice těla* (přímka procházející těžištěm) do středu podpěrné plochy, je tělo ve stabilní a rovnovážné poloze. (Podpěrnou plochou rozumíme nejen plochu obou chodidel, ale i celou plochu mezi nimi.)

Stabilitu těla zvyšuje:

- *zvětšení hmotnosti těla* (vzpěrači),
- *snížení těžiště* (dřep),
- *zvětšení podpěrné plochy* (rozkročení),
- proto je stoj na jedné končetině nebo na špičkách nohou vratký a nestabilní,
- *fixace jednotlivých tělních segmentů*, tj. především fixované postavení kloubů.

Také jednotlivé části těla (segmenty) mají svá těžiště.

Těžiště horní končetiny leží ve středu loketního kloubu. Předloktí s rukou má těžiště na hranici distální a střední třetiny délky předloktí; těžiště ruky leží v hlavici druhé záprstní kosti.

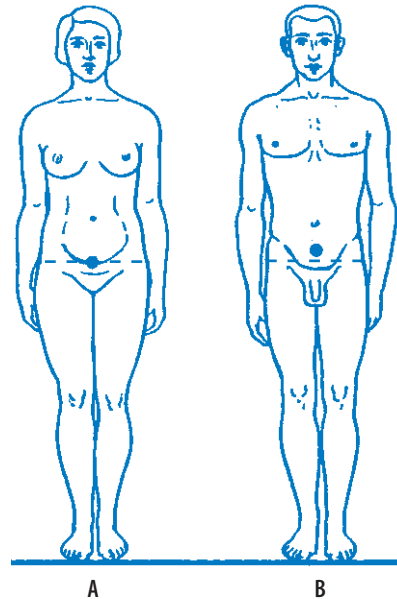
Těžiště dolní končetiny je 6–10 cm nad šterbinou kolenního kloubu. Těžiště bérce a nohy je ve střední třetině délky bérce a noha má těžiště na vnitřním okraji, mezi člunkovou kostí a druhou klínovou kostí.

Těžiště trupu a hlavy se promítá na přední plochu 11. hrudního obratle. Samotná hlava má těžiště na předním okraji tureckého sedla a trup na předním obvodu těla L_1 .

Gravitační síla se při pohybových aktivitách uplatňuje různě:

- *brzdí nebo podporuje* určitý typ pohybu (pohyb proti působení gravitace je bržděn a naopak),
- *ovlivňuje postavení těla*, v podstatě nutí k zaujetí nejstabilnější polohy,
- *minimalizuje své působení* při provádění pohybů v horizontální rovině.

Antigravitačně působí činnost řady svalových skupin – především tzv. posturální svaly. Antigravitačně se prezentuje i plasticita vazivových struktur páteře, pružnost meziobratlových disků a adheze kloubních ploch. Antigravitační je i arteficiální, trojbodová opora těla.



Obr. 1.7 Poloha těžiště – u ženy (A) cca L_3/L_4 ; u muže (B) cca L_2/L_3



Komunikační slovník

- anatomie** (ř. anatome – rozřezávání, ř. anatomnein – rozřezat) – vědní obor, který se zabývá studiem tvaru, stavby a vývoje těla
- antropometrie** (ř. anthropos – člověk, ř. metria – měření) – jedna z vyšetřovacích metod fyzické antropologie; měření různých délkových, obvodových a hmotnostních parametrů těla a jeho částí
- embryologie** (ř. embryon – zárodek, ř. logos – věda) – věda o zárodečném vývoji organismu; o vývoji embrya a plodu
- endokrinologie** (ř. endon – uvnitř, ř. kinein – dělit, třídit, ř. logos – věda) – nauka o žlázách s vnitřní sekrecí; o endokrinním řízení a regulacích v organismu
- glabella** (glabella, glaber – hladký) – anatomická glabella je ploška na čelní kosti, nad kořenem nosu mezi nadočnicovými oblouky; tzv. antropometrická glabella je definována jako bod v průsečíku horizontály vedené nadočnicovými oblouky a čelním švem, respektive střední rovinou
- gravitace** (gravitas – tíže, váha, gravis – těžký) – vlastnost všech hmotných objektů vzájemně se přitahovat; hypotetické gravitační kvantum (graviton) nebylo dosud objeveno
- kinantropologie** (ř. kinesis – pohyb, ř. anthropos – člověk, ř. logos – věda) – multidisciplinární obor zabývající se studiem všech aspektů lidských pohybových aktivit
- kineziologie** (ř. kinesis – pohyb, ř. logos – věda) – vědní obor, který studuje pohybový projev (člověka) z hlediska stavby (anatomie) a funkce (fyziologie) pohybové soustavy a mechanismů řídících a regulujících pohyb
- morfologie** (morfologia, ř. morfe – tvar, ř. logos – věda) – označení pro komplex oborů zabývajících se studiem tvaru, stavby a vývoje organismů (např. anatomie, histologie, embryologie)
- rehabilitační lékařství** (rehabilitatio – obnova zdatnosti, re – zpět, habilitas – ohebnost, zdatnost) – rehabilitace je kombinované a koordinované využití lékařských, sociálních, výchovných a pracovních prostředků pro výcvik nebo znovuzískání nejvyššího možného stupně funkčních schopností (definice WHO)
- transplantace** (transplantatio, trans – přes, plantare – sázet; ř. logos – věda) – věda o podmínkách, způsobu a technice přenosu buněk, tkání a orgánů
- xiphosternale** (ř. xifos – meč, sternum – hrudní kost) – antropometrický bod v místě spojení mečovitého výběžku s hrudní kostí

Shrnutí

Anatomie a metodika studia

- *Anatomie je věda* o tvaru, stavbě těla a o struktuře, poloze a vzájemném vztahu jeho částí.
- *Anatomie, histologie a embryologie* jsou součástí morfologických věd.
- *Funkční anatomie* je aplikovaná, systematická, topografická a plastická anatomie, která vybírá a vykládá morfologická fakta podle jejich fyziologického významu, vazeb a souvislostí.

- *Užité směry anatomie* reprezentují funkční a klinická anatomie, chirurgická a rtg. anatomie a řada dalších disciplín.

Pracovní metody anatomie

- Klasickou pracovní *metodou* anatomie je pitva – *nekropsie*.
- *Funkční anatomie* preferuje logický, vyvozovací a syntetický postup výuky s akcentací funkce při popisu tvaru a výkladu struktury.
- Funkční anatomie využívá tzv. základních *vyšetřovacích metod* (pohled, pohmat, poslech, poklep) a *zobrazovacích technik* (RTG, CT, NMR, sonografie, PET, endoskopie aj.).

Anatomické názvosloví

- Základem dnešního mezinárodního anatomického názvosloví je *Parisiensia Nomina Anatomica* (PNA) z roku 1955 v poslední verzi New York, 1989.

Orientace na lidském těle

- V *základní anatomické poloze* je tělo ve spojném stoji, se vzpřímenou hlavou, s končetinami volně spuštěnými podél těla a s dlaněmi obrácenými dopředu. Tato poloha je výchozí pro jakýkoliv anatomický popis.
- Útvary uložené blíže ke střední rovině jsou *mediálně*, vzdálené útvary jsou *laterálně*. Směr „k hlavě“ je *kraniální*, opačný je směr *kaudální*. Na končetinách používáme označení *proximální* (blíže k trupu) a opačný je směr *distální*. Všechny útvary před nebo směrem k frontální rovině jsou *ventrálně*, opačný směr je *dorzální*. Hloubku vystihují názvy *superficiální* (povrchový) a *profundus* (hluboký).
- Nomenklatura zavádí řadu synonymních názvů: ventralis = *anterior* (ant.), dorsalis = *posterior* (post.), cranialis, proximalis = *superior* (sup.) a caudalis, distalis = *inferior* (inf.).
- Lidské tělo tvoří hlava – *caput*, krk – *colum*, trup – *truncus* a končetiny: horní končetina – *membrum superius* a dolní končetina – *membrum inferius*. Trup se skládá z hrudníku – *thorax*, břicha – *abdomen* a pánve – *pelvis*.
- Přední tělní dutina má dva oddíly: hrudní dutinu – *cavitas thoracis* a břišní dutinu – *cavitas abdominalis*. Tělní dutiny se dále člení na řadu dalších prostorů.
- Měření na těle vychází ze soustavy dohodnutých antropologických bodů. Délka hlavy = *glabella* → *opisthokranion*. Šířka hlavy = *euryon* → *euryon*. Obvod hlavy = pásová míra v rovině dané body *glabella* → *opisthokranion*. *Membrum superius* = *akromiale* → *daktylion*. *Membrum inferius* = *iliospinale* → *ploska nohy*.

Analýza pohybu

- *Těžiště těla* v základní anatomické poloze leží ve střední čáře ve výši S_2-S_3 , asi 4–6 cm před přední plochou obratlových těl. Poloha není stálá a při pohybu osciluje.

- *Poloha těžiště* rozhoduje o stabilitě těla. *Stabilitu* můžeme zvýšit zvětšením hmotnosti, snížením těžiště, zvětšením podpěrné plochy a fixací tělních segmentů.
- *Antigravitačně* působí především tzv. posturální svaly.
- Pohyb popisujeme pomocí termínů odtažení – *abdukce*, přitažení – *addukce*, ohnutí – *flexe*, natažení – *extenze*, úklon – *laterální flexe*, otáčení – *rotace*, odvrácení – *supinace*, přivrácení – *pronace*, vtočení – *everze*, vytočení – *inverze*.

2 VÝVOJ, RŮST A KONSTITUCE

*Zblízka nic nevypadá tak dobře jako z dálky.
Anebo – zdálky nic nevypadá tak dobře jako z blízka.
(Murphyho zákon pozorování)*

Vývoj a růst • Růstová a životní období • Základy konstituční biologie • Somatotypy

2.1 VÝVOJ A RŮST

Jedním z ukazatelů zdraví je přiměřený růst. Růst je složitý biologický proces, který je výsledkem interakce celé řady faktorů. Růst je sice determinován geneticky, ale hlavní mechanismus, který převádí genetickou informaci do reality růstových procesů, reprezentují žlázy s vnitřní sekrecí, respektive jejich produkty – hormony.

V procesu regulace a řízení růstu se uplatňuje i celá řada dalších složek – výživa, pohyb, ekologické faktory, psychosociální vlivy atd.

Nejvýznamnějším růstovým hormonem prenatálního období je nejspíše placentou tvořený *laktogen* a slinivkou břišní plodu produkovaný *inzulin*.

Růstovým hormonem postnatální růstové fáze je *somatotropní hormon* (STH, GH), který se sice tvoří již u plodu, ale řízení růstu přebírá až ve druhém roce života. Růstový účinek somatotropního hormonu je zprostředkovaný látkami, které dostaly označení somatomediny I a II. V regulaci růstu před narozením se zřejmě nejvíce uplatňuje somatomedin II, postnatální růst reguluje somatomedin I.

Somatomediny produkované především játry, svaly a ledvinami jsou hlavními prostředníky vlivu STH na růstové chrupavky kostí. V období puberty potencují růstový efekt somatomedinu i pohlavní hormony, které zvyšují jeho produkci. Bylo prokázáno, že dostatek nebo i nadbytek kvalitně složené stravy také zvyšuje tvorbu somatomedinu.

Tělesným růstem a růstovými poruchami se zabývá multidisciplinární vědní obor *auxologie*.

☹ Existují desítky chorobných stavů, které ovlivňují růst. Osoby podprůměrného vzrůstu společensky strádají více než lidé nadprůměrně velcí. Kvalita života menších lidí je často menší (naše civilizace preferuje vyšší postavu).

Dnes je možné pro většinu dětí trpících růstovým deficitem (jedno ze 4–5 tisíc dětí) vytvořit individuální léčebnou strategii využívající nejen aplikaci uměle vyráběného růstového hormonu, ale i somatomedinu a v poslední době také faktorů regulujících produkci růstového hormonu. Rehabilitační lékařství má v léčení růstových poruch obecně nezastupitelnou roli, ale má i zcela specifickou úlohu při zvláštním fenoménu tzv. *catch up growth*.

Normální růst je geneticky naprogramován, tj. je promítnut do určitého času. Za fyziologických podmínek odpovídá fyzický růst kalendářnímu věku. Je-li léčení deficitního růstu zahájeno pozdě, dožene léčený sice velikostní parametry odpovídající jeho chronologickému věku (catch up), ale toto dohánění představuje nefyziologické zatížení organismu. Jde vlastně o „zatížení růstem“, na které reaguje především pohybový aparát – od přetížení kloubů přes svalovou disbalanci až ke specifickým zlomeninám dětského věku, při kterých dochází k odtržení kloubních konců kostí, tzv. epifyzeolýzám.

Pod pojem *tělesný (somatický) vývoj* obvykle zahrnujeme dva základní morfologické procesy: diferenciaci a růst.

- *Diferenciace* můžeme chápat jako sled změn, které nejprve vedou ke vzniku, k rozlišení (rozrůznění) jednotlivých typů tkání a orgánů a u již vytvořených tkání k jejich trvalé obnově a náhradě. V popisu procesu diferenciaci tedy spíše akcentujeme *kvalitativní stránku* tělesného vývoje.
- *Růst* lze považovat za proces charakteristický pro všechny živé systémy, které v určitém časovém období své existence nebo i trvale zvětšují své rozměry. Při popisu růstu obvykle klademe důraz na *kvantitativní stránku* vývoje. Definovat růst přesněji znamená především vymezit objekt, jehož růst má být definován. V našem výkladu půjde o růst lidského těla, a proto jsou i další údaje platné především pro lidský organismus. Z obecně biologického hlediska nejsou a ani nemohou být proto úplné.

Růstem těla rozumíme zvětšování jeho celkových rozměrů – výšky těla, délky (obvodů) jeho jednotlivých částí, zvětšování ploch, objemů a hmotností jednotlivých orgánů i celého těla.

V podané definici pokládáme za růstový proces i zvětšování hmotnosti těla. Toto pojetí není jednoznačně přijímáno, i když u některých růstových procesů skutečně jde o pouhé ukládání zásobních látek v již konstantním počtu tkáňových buněk nebo o zvětšování objemu (hmotnosti) stávajících struktur, např. objemu svalových vláken.

Biologickou podstatou růstových změn je především *buněčné dělení* – *buněčná proliferace* (zvětšování počtu buněk) a v některých případech i *zvětšování buněk* – *buněčná hypertrofie* (zvětšování velikosti, objemu buněk) a *zvyšování množství mezi-buněčné hmoty*.

Další problémy spojené s chápáním pojmu *růst* spočívají v přijímání existence tzv. *negativního růstu*. Při tomto procesu se buď patologicky (atrofie), nebo fyziologicky (involuce) orgány nebo tkáně zmenšují. Také definice tzv. *nulového růstu*, při kterém dochází k úplné velikostní (rozměrové) stabilitě dané struktury, je problematická. V praxi je také někdy velmi obtížné rozlišit hranice normality (fyziologie) a patologie obou procesů, zvláště v počátečních fázích těchto pochodů.

Růst lidského těla jako celku i jeho jednotlivých skladebných částí (orgánů, tkání) je *nerovnoměrný* – *heterochronní proces*. Znamená to, že v průběhu života probíhá růst těla, jeho částí i jednotlivých orgánů nestejně rychle.

Platí tedy *pravidlo alternace* a *pravidlo periodicity* růstu.

Pravidlo alternace

Pravidlo alternace vyjadřuje skutečnost, že jednotlivé části těla a jednotlivé orgány nerostou stejně rychle a jejich růstová rychlost tedy alternuje (střídá se).

Alternace růstové rychlosti orgánů umožňuje vyčlenit čtyři skupiny různě rychle rostoucích orgánů:

- kosterní a svalový systém, dýchací a trávicí systém, srdce a ledviny rostou *střídavě rychle a velmi pomalu*,
- orgány mízního systému rostou do puberty vcelku plynule a *velmi rychle*; v postpubertálním období se jejich růst *zastavuje* a jejich hmotnost se pomalu *snižuje*,
- mícha, mozek, smyslové orgány a kůže rostou *velmi rychle* a již asi v sedmi letech dosahují 95 % své konečné hmotnosti,
- orgány pohlavního systému až do prepubertálního období prakticky nerostou; pak následuje *prudké zrychlení* růstu, které trvá až do dosažení dospělosti.

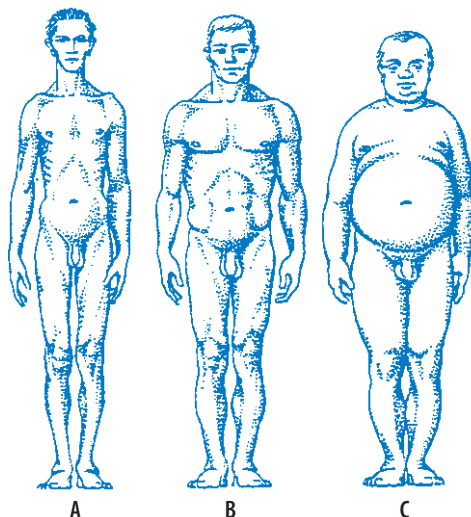
Výsledkem alternujícího růstu jsou i různé proporce těla. Např. původně větší velikost hlavy novorozence se proporčně vyrovnává zrychleným tempem růstu trupu a délky končetin. U dětí předškolního věku se zmenšuje i nápadný nepoměr mezi malou obličejovou a velkou mozkovou částí lebky. Mění se i velikostní poměry měkkých orgánů, např. zmenšování brzlíku a rychlý růst pohlavních žláz v pubertě (obr. 2.1).

Pravidlo periodicity

Pravidlo periodicity zachycuje časovou nerovnoměrnost růstu. V průběhu života se střídají periody (vlny) rychlého a pomalého růstu délky těla. Do délky roste nejrychleji člověk od druhého měsíce nitroděložního vývoje a v prvním roce postnatálního života. Tato první růstová fáze vyznívá mezi 2.–4. rokem života (tzv. růstová komponenta I – infancy). V závěru nitroděložního vývoje a v prvních měsících postnatálního života rostou chlapci rychleji než dívky a asi od 7. měsíce přibližně do 3 let rostou naopak rychleji dívky.

Člověk roste relativně pomalu. Dlouhé dětství je velmi specifický znak člověka.

Podruhé se zrychluje růst okolo 7. roku a třetí zrychlení odpovídá počátku dospívání (tzv. komponenta P – puberty). U tohoto zrychlení se již projevuje rozdíl v průběhu dospívání u chlapců a u dívek. Zrychlení růstu u českých dívek nastává již mezi 12.–13. rokem a dříve se zastavuje (menší výsledná výška žen); u našich chlapců se růst zrychluje až kolem 13.–14. roku. Delší trvání puberty u chlapců se projevuje i ve větší výsledné výšce těla. Roční přírůstek tělesné výšky vyjádřený procenty je v celém růstovém období velmi nerovnoměrný. Největší přírůstek dosahují děti v průběhu prvního roku života (200 %). Pak do tří let přírůstek prudce klesá (28 %, 23 %) a stabilizuje se na hladině 9–11 %. K opětovnému zrychlení dochází kolem 14 let (21 %). Toto zrychlení je poměrně krátkodobé – v 15 letech je již jen 4 %.



Obr. 2.1 Somatické typy

A – astenický (ektomorfní) typ, B – atletický (mezomorfní) typ, C – pyknický (endomorfní) typ

Biologicky závažným faktorem je celkové *zrychlení – akcelerace vývoje a růstu* lidské populace. V Evropě je zaznamenávána již více než 100 let. Jen od konce minulého století se v našich zemích zvýšila průměrná výška dospělých mužů o 7–9 cm a žen o 6–7 cm. Zdá se, že tímto zrychlením bylo dosaženo genetického maxima a růstová akcelerace se stabilizovala.

Nerovnoměrnost – periodicita a alternace růstové rychlosti reprezentují převážně kvantitativní znaky tělesného vývoje, ale vcelku charakteristickým a prakticky použitelným způsobem dovolují rozlišit základní **růstová období – růstové periody**.

Jestliže rozšíříme růstová kritéria o další složky – způsob výživy, rozvoj pohybových funkcí, psychologické aspekty, pohlavní vývoj atd., můžeme rozšířit pojem růstové období na tzv. **životní období**. Životní období pak charakterizují nejen růstové údaje, ale řada funkčních, kvalitativních parametrů.

Časové vymezení a charakteristika růstových a životních období má svůj praktický význam nejen při posuzování výkonnosti a odolnosti jednotlivce, ale uplatňuje se i při odhadu schopnosti konkrétní osoby reagovat na daný typ onemocnění, léčebnou rehabilitační zátěž atd. Běžné je využití obou kategorií v pedagogice, psychologii a v populační biologii. Různost kritérií při časovém vymezení životních období a různost cílů, které každé podobné třídění sleduje, vedly ke vzniku systémů, jejichž časové (kalendářní) vymezení je buď zcela konvenční, nebo – vychází-li z biologických znaků – je značně nepřesné, respektive variabilní.

Z hlediska možnosti anatomického popisu dětského těla je vhodné (a většinou i možné) rozlišovat pouze období tzv. prvního a druhého dětství a dospělost. Uvnitř těchto tří skupin můžeme provádět určitou další diferenciaci. Důvody pro toto zjednodušené členění jsou v podstatě velmi prosté: chybí dostatek přesvědčivých anatomických podkladů pro preciznější vymezení kratších časových období, protože anatomie dětského věku je zpracována velmi nedostatečně. Je ovšem také třeba zdůraznit, že za anatomickou charakteristiku považujeme skutečné „stavební“ (morfologické) znaky, tj. například rozdíly ve stavbě a tvaru jednotlivých kostí, svalů, kloubů, orgánů, tkání atd. Pouhý záznam růstových proměn délky, obvodů nebo hmotnosti těla nebo orgánů není anatomii dětského věku.

První dětství (Infans I) začíná ve 4.–5. měsíci nitroděložního vývoje, pokračuje narozením dítěte (přestřižením – podvazem pupečníku), vrcholí na konci 2. roku života úplným prořezáním první dentice, a doznívá mezi 3.–4. rokem.

Období prvního dětství dále dělíme na *období novorozenecké* (prvních 28 dní života – legislativní hranice) a z časového hlediska problematické *kojenecké období* (do 12 měsíců). Pro anatomickou charakteristiku novorozeneckého období je k dispozici dostatek údajů.

Další rozdělení má spíš význam v dětském lékařství a v pedagogických oborech: batole od 1 do 3 let (vývoj chrupu, chůze), předškolní věk od 4 do 7 let (první změna proporcí – vytáhlost postavy, letová fáze běhu). Anatomické rozlišení těchto dvou životních fází je již problematické a použitelné morfologické znaky se vyvíjejí kontinuálně, vždy v širokém časovém pásmu.

Druhé dětství (Infans II) začíná asi v 7. roce (prořezání první trvalé stoličky) a končí zhruba mezi 13–15 lety. Toto období v sobě zahrnuje tzv. mladší školní věk (7–11 let) a starší školní věk (11–15 let). Zahrnuje v sobě tedy i *období puberty* (P fáze růstu). Vnitřní členění druhého dětství je pro hrubou orientaci jistě možné, ale anatomické vymezení, zvláště období tzv. mladšího školního věku, je opět velmi problema-

tické. Druhotné pohlavní znaky charakterizující začátek druhého dětství, se objevují nejen postupně a v dlouhém časovém období, ale nástup i průběh puberty je z morfologického (ale i funkčního) hlediska časově velmi variabilní proces. Např. prořezání druhé trvalé stoličky, které je považováno za biologický znak, jímž se završuje období druhého dětství, se odehrává v širokém intervalu mezi 13.–16. rokem kalendářního věku. Druhotné pohlavní znaky se často začínají vyvíjet již kolem 9. roku.

Období druhého dětství plynule pokračuje fází **mladistvé dospělosti**, *juvenilis* (15–18 let), na které navazuje **plná dospělost**, *adultus* (do 30 let), **období zralosti**, *maturus* (do 45 let) a **středního věku**, *presenilis* (do 60 let). Věk nad 60 let je považován buď za vyšší střední věk, nebo **stáří**, *senium*. Stáří končí v 75 letech.

Věk nad 75 let považujeme za vysoké stáří a věk nad 90 let je věkem kmetským. Anatomie člověka by vlastně měla být anatomii dospělého až středního věku. Často je ovšem spíše anatomii stařeckého období života, přičemž paradoxně chybí systematicky zpracovaná *anatomie gerontů*, která by přesvědčivě odlišila morfologické změny podmíněné přirozeným biologickým procesem stárnutí, od chorobných změn provázejících stárnutí.

Každý, kdo svým působením ovlivňuje růstové a vývojové parametry člověka (TV, sport) nebo je musí respektovat při provádění léčebných zásahů, potřebuje poměrně detailní znalost stavby a funkce organismu v jednotlivých růstových (životních) obdobích. Jednoduchý a obecný popis tělesných proporcí, délkových a obvodových parametrů a stručná tvarová charakteristika vybraných krajin těla mohou poskytnout základní orientaci, ale jsou obvykle jen omezeně prakticky použitelné.

2.2 ZÁKLADY KONSTITUČNÍ BIOLOGIE – SOMATICKÝ TYP

Je téměř nemožné najít dvě morfologicky zcela identické osoby. Přitom fyzická antropologie přináší dostatek kritérií, podle kterých lze lidi slučovat do určitých skupin, jejichž příslušníci mají společné znaky. Vycházíme-li při tomto třídění z morfologických (anatomických) znaků, považujeme získaný výsledek charakterizující danou osobu za *somatotyp*.

Použití typologického vyšetření v tělovýchovné a sportovní praxi je poměrně značné. Jde především o výběrová šetření, která usnadňují případné sportovní zaměření jednotlivce. Také dlouhodobější tréninkové působení mění některé parametry somatotypu.

Věda o lidských typech – *biotypologie* – je poměrně rozsáhlý vědní obor, který třídí lidskou populaci nejen na základě morfologických znaků (somatotypů), ale i funkčních parametrů a psychických projevů.

☉ V medicíně je existence lidských typů samozřejmě přijímána a respektována, ale některé typologické, respektive biotypologické konsekvence patří mezi kontroverzní kapitoly. Anatomická (morfologická) kritéria jsou v různých typologických systémech a školách různě kombinována, často s údajně „typickými“ *psychickými projevy* reprezentantů daného typu nebo s údajným výskytem typických *psychických onemocnění*.

Nechybí ani pokusy o vytvoření *funkční typologie*, která vychází z rozdílnosti jednotlivých fyziologických parametrů organismu, např. dráždivosti autonomního

nervového systému, chuťové vnímavosti, reakční doby nebo převahy určitého typu svalových vláken. Největší skepsi vyvolaly pokusy spojovat typovou příslušnost s náchylností k určitému onemocnění (k určitému typu chorob).

V psychiatrii a později i v jiných oborech medicíny nejvíce zdomácnělo *Kretschmerova třídění* lidské populace. Podle typu tělesné stavby Kretschmer původně rozlišoval: astenický, pyknický, atletický a dysplastický typ. Podle psychických (osobnostních) projevů charakterizoval především schizotypní a cyklotypní typ lidí.

Schizotyp se podle Kretschmera psychicky projevuje spíše jako idealista, případně panovačný egoista nebo jemný a logický systematik se sklonem k pedanterii.

Cyklotyp je klidný humorista, podnikavý praktik nebo pohodlný „umělec života“.

Astenik (leptosomní typ) je vyšší, často hubený typ člověka s dopředu nachýlenou hlavou a ostrým až ptačím profilem. Nemá sklon k ukládání tuku.

Pyknik je střední nebo malé výšky se spíše drobnými končetinami, velkým břichem a širokým hrudníkem. Má sklon k ukládání tuku.

Atlet má vysokou postavu s dobře patrným svalovým reliéfem. Typické jsou dlouhé končetiny s malou tendencí k ukládání tuku (obr. 2.1).

Dysplastický typ se vyznačuje nerovnoměrnou akcentací některé stavební komponenty v určité krajině těla. Je typický např. ukládáním tuku v oblasti stehen a hýždí u muže, ačkoliv jde o ukládání tuku, které je typické pro určitý ženský somatotyp.

Již z velmi povrchního výčtu osobnostních charakteristik je zřejmé, že jejich akceptování přichází v úvahu u velmi „vypreparovaných“ typů lidí, kterých je v populaci minimální počet. V češtině je pro tyto osobnostní typy hezké označení „samorost“.

V našich podmínkách se Kretschmerova biotypologie využívá v klinických oborech jako rychlý a poměrně výstižný komunikační prostředek. Je naprosto nevhodné apriorní spojení určitého somatického nebo osobnostního typu s jakýmkoliv potenciálním onemocněním. Je také nutné dodat, že původní Kretschmerova typologická škola (1921) prožívá v posledním desetiletí renesanci ve spojení se stále zpřesňovanými fyziologickými a psychologickými charakteristikami.

Přes všechna omezení, která biotypologie v praktické medicíně dosud má, je znalost možností i úskalí typologické klasifikace v rehabilitačních oborech velmi užitečná. Somatická typologie se uplatňuje především v ergonomii, ergoterapii, ale i při výběru určitého pohybového režimu.

Konstituci (biotyp) můžeme chápat jako výraz individuality člověka. Výraz, který se formuje v dětství a který je relativně stálý v průběhu celé dospělé etapy života.

Konstituce je soubor fyzických, funkčních a psychických vlastností každého jedince, které se manifestují v celkovém tvaru těla, jeho částí i v řadě fyziologických parametrů, mezi kterými můžeme pro naše účely akcentovat výkonnost a vytrvalost, pohybovou rychlost a obratnost, odolnost proti zátěži i odolnost ve smyslu obranyschopnosti při působení patogenních vlivů.

Konstituce je nadřazený pojem k pojmu *somatický typ*, který vychází především z morfologických (anatomických) parametrů. Určitá jednostrannost v použití převážně morfologických znaků při vymezení konkrétního somatického typu je zčásti kompenzována poměrně malou variabilitou somatometrických parametrů, které se pohybují mezi 2–8 % naměřených dat.

Fyziologické hodnoty kolísají i u zdravého člověka mnohem výrazněji, a proto také stanovení funkční a psychické charakteristiky somatických typů je mnohem ob-

tížnější. Přijatelný a komplexní systém *funkčního biotypologického třídění* proto dosud chybí.

Výsledkem individuálního růstu a vývoje je dospělé tělo typického tvaru a stavby. Přes určitou tvarovou a stavební rozmanitost (variabilitu) lidského organismu lze celou dospělou populaci roztrždit do plynulé škály lidí určité tělesné stavby a někdy i typických psychických projevů.

Populace je tedy z anatomického hlediska souborem jedinců s hůře nebo lépe vyjádřenými specifickými *znaky tělesné stavby*. Typické tělesné znaky dovolují vymezit i výrazněji definované skupiny lidí, tzv. *hlavní somatické typy – somatotypy*. Znovu je třeba zdůraznit, že typické somatotypy jsou v populaci zastoupeny menšinově a na škále variability tělesné stavby představují určité „milníky“, opěrné body dovolující klasifikaci.

Somatotyp je záznam (vyjádření) o okamžitém morfologickém stavu vyšetřovaného jedince. Somatotyp zachycuje prostorové utváření lidského těla vyjádřené délkovými, šířkovými a obvodovými rozměry a jejich poměry.

V dalším textu se tedy budeme zabývat ve smyslu podané definice somatického typu pouze typologií vycházející z anatomické (morfologické) charakteristiky jednotlivce, tj. *somatotypologií*.

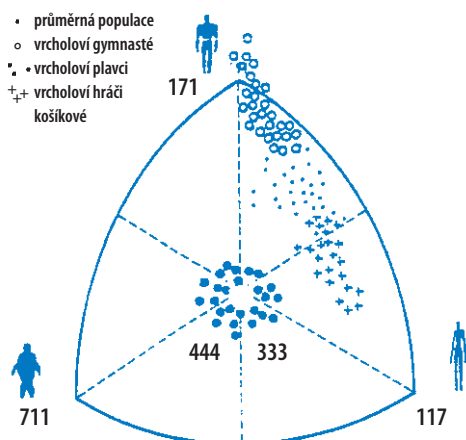
Pro sportovní a ergometrické účely je nejpropracovanější *sheldonovská metodika* určení somatotypu, jejíž základní principy budeme stručně charakterizovat. Konkrétní aplikace, technický postup a hodnocení výsledků jsou předmětem zájmu kinantropologie i dalších oborů.

Sheldonova metoda byla původně koncipována pro potřeby vojenského námořnictva USA v roce 1940 a v letech 1967–1975 modifikována Heathovou a Carterem.

Původní Sheldonova myšlenka vychází z embryologické koncepce tří zárodečných listů, které jsou zdrojem tří různých buněčných populací tvořících základ různých orgánových systémů. Z buněk entodermu (endoblastu) se mj. vyvíjí trávicí a dýchací systém; z ektodermu (ektoblastu) nervový systém, smyslové orgány a pokožka a z mezodermu (mezoblastu) vznikají především pojivové tkáně (vazivo, chrupavka, kost) a svalový systém. Poměrné zastoupení jednotlivých stavebních komponent (tj. orgánů mezo-, ekto- a entodermálního původu) je u každého člověka jiné a mění se v průběhu života. (Proto je somatotyp definován jako *aktuální záznam* daného stavu.)

- **Endomorfie** (první komponenta) vlastně vyjadřuje množství tělesného tuku, tj. „tloušťku, respektive hubenost“ posuzovaného jedince.
- **Mezomorfie** (druhá komponenta) zachycuje rozvoj kosterního svalstva a kostry.
- **Ektomorfie** (třetí komponenta) je v podstatě výrazem délky jednotlivých částí těla.

Každá z komponent se hodnotí body s přesností jedné poloviny bodu. Praktické používání teoreticky neohrazené stupnice ukázalo, že extrémní hodnoty endomorfie nepřesahují 14 bodů, mezomorfní komponenta dosahuje až 10 bodů a ektomorfní složka nebývá vyšší než 9 bodů. Somatotyp je nakonec určen třemi čísly, např. 3 5 4. Jedinec charakterizovaný uvedeným trojčíslem je dominantní mezomorf s výraznou účastí ektomorfní složky a potlačenou endomorfií. Uvedený somatotyp představuje např. ideální hodnotu pro studujícího FTVS (TV – sport), protože vyjadřuje optimální morfologické (anatomické) předpoklady pro dosažení požadované fyzické výkonnosti.



Obr. 2.2 Sheldonův somatograf (příklad krajních somatotypů)

somatografu, který velmi názorně zachycuje i celkové rozložení somatotypů vyšetřované skupiny (obr. 2.2).

Původní sheldonovská typologie byla zpracována pouze pro mužskou část populace. Dnes užívané modifikace jsou vhodné i pro ženy, u kterých je obvykle výrazněji akcentována endomorfní komponenta, ovlivňovaná především větším rozvojem podkožního tuku.

☛ V léčebné a rehabilitační praxi nachází typologie nejčastější uplatnění při typovém posouzení klienta z hlediska působení některých dlouhodobých léčebných metod. Typologická diagnostika také umožňuje buď určité typové komponenty posilovat, nebo je potlačovat. Obvykle jde o potlačení endomorfní typové komponenty. Zatím poměrně otevřená je otázka odolnosti jednotlivých biologických typů k určité fyzické zátěži, imunitní zátěži apod.

Sporná je otázka možnosti určení somatického typu u dětí. Antropometrické hodnoty jsou sice fenotypovými znaky, ale somatotyp je (nejspíše) *determinován genetiky*. Tzn. typová příslušnost by měla být vyjádřena již v dětství. Proti typologické charakteristice dítěte se obvykle argumentuje „nevyzrálostí tkáňových systémů“ a proměnlivostí proporcí dětského těla v procesu růstu. Většina autorů se dnes přiklání k názoru, že somatotyp určený jako antropometrický typ je stanovitelný asi od jedenácti let.

Problém je zřejmě v tom, že ačkoliv od nejnižšího věku existují anatomické znaky, které při značné zkušenosti dovolují poměrně časně typové zařazení, je nutné hodnotit všechny typové znaky pouze v rámci dosaženého vývojového stupně, tj. stanovit typologickou příslušnost v dané věkové kategorii a vzájemně srovnávat vždy pouze stejné věkové skupiny.

Určité omezení je také v samotné podstatě antropometrické metodiky, která již nemůže v nižším věku postihnout pohlavní a individuální typové rozdíly, přestože již nesporně existují. (Např. pohlavní rozdíly ve tvaru pánve lze zaznamenat u starších plodů.) Není vyloučeno, že nové možnosti zobrazovacích technik (zatím velmi nákladné) dovolí najít přesnější typologická kritéria pro všechny věkové kategorie.

Jak můžeme získat požadované bodové hodnocení? Nejdříve je nutné provést *antropometrické vyšetření* probanda nebo skupiny probandů. Vyšetření spočívá ve stanovení tělesné výšky a hmotnosti, měření tloušťky čtyř kožních řas kaliperem, měření přesně definované šířky pažní a stehenní kosti a v určení obvodu paže a lýtka. Zjištěné údaje se dále zpracovávají standardizovaným postupem pomocí tabulek a výpočtů. Získané trojčíslí vyjadřuje tzv. *antropometrický somatotyp*.

Vyšetřujeme-li jednotlivce, můžeme zůstat u získaných čísel. Jde-li o zhodnocení větších skupin osob, znázorňujeme každé trojčíslí bodem v souřadnicové síti



Komunikační slovník

- astenik** (ř. a – zápor, ř. sthenos – síla) – slabý, neduživý; typ člověka slabé konstrukce těla s převládajícími délkovými rozměry
- atlet** (ř. athletes – zápasník, atlet) – silný člověk; typ člověka se silnou konstrukcí těla; svalový, souměrný a harmonický typ
- auxologie** (ř. auxanein – zvětšovat se, ř. logos – věda) – obor zkoumající různé aspekty růstu a jeho poruch
- cyklotym** (ř. kyklos – kruh, ř. thymos – pocit) – v psychiatrii jde o střídání nálad u nemocných se syndromem maniodepresivního onemocnění; v použitém smyslu slova jde o zdravého člověka, u kterého se přirozeně a plynule střídají nálady přiměřené a zvladatelné intenzity
- dysplastik** (ř. dys – porucha, ř. plessein – tvořit) – odchýlné utváření některé části těla (tkáně nebo orgánu); v použitém smyslu slova nejde o chorobnou odchylku
- gerontologie** (ř. geron – stařec, ř. logos – věda) – nauka o faktorech stárnutí vyvolávajících a fyziologických procesech stárnutí provázejících
- infantilní** (infantilis; infans – dítě, nemluvně) – dětský; na stupni vývoje dítěte
- puberta** (pubertas; pubes – chmýří, chlupy) – věk psychického a fyzického dospívání; biologicky jde o časové období nezbytné k dosažení reprodukční schopnosti
- pyknik** (pycnicus; ř. pyknos – hustý) – tlustý, zavalitý; typ člověka s převládajícími obvodovými a příčnými rozměry; „kulatý“ člověk
- schizotym** (ř. schizein – štípat, ř. thymos – pocit) – v psychiatrii je schizofrenie onemocnění, pro které je typická porucha myšlení a jednání – až úplný rozpad osobnosti; v použitém smyslu slova jde o typ člověka, pro kterého jsou charakteristické *některé* vnější znaky doprovázející schizofrenii (např. citová chladnost, uzavřenost, strojenost v jednání apod.); diagnóza „schizotylní typ“ neznamená proto projev onemocnění (!), jde pouze o určité osobnostní znaky psychicky zdravého člověka

Shrnutí

Variabilita těla a typologie

- *Růst těla* charakterizuje zvětšování výšky, délky, obvodů, ploch objemů i hmotnosti celku i jednotlivých částí.
- *Vývoj* je charakterizován dvěma procesy: růstem a diferenciací. V procesu růstu platí *pravidlo alternace a periodicity*. Nerovnoměrnost růstu dovoluje rozlišit růstová období – *periody růstu*.
- *Somatotyp* je záznam o okamžitém stavu vyšetřovaného jedince vyjádřený délkovými, šířkovými a obvodovými rozměry a jejich poměry. Somatotyp je záznam okamžitého morfologického stavu vyšetřovaného jedince.
- Pro sportovní a tělovýchovné účely je nejužívanější *Sheldonova metoda* stanovení somatotypu.

3 FUNKČNÍ ANATOMIE TKÁNÍ POHYBOVÉHO SYSTÉMU

*Orgán je buněčný stát,
v němž každá buňka je městem.
(R. Virchow, 1821–1902)*

Pojivové tkáně • Stavba šlach a vazů • Chrupavky • Kostní tkáň • Hladká a srdeční svalovina • Kosterní svalovina • „Červené“ a „bílé“ svaly

3.1 POJIVOVÉ TKÁNĚ

3.1.1 Charakteristika pojiv

Pohybový systém člověka je funkční celek složený ze tří podsystemů:

- **opěrného a nosného** (kosti, klouby a vazy),
- **hybného – efektorového** (kosterní svaly),
- **řídícího – koordinačního** (receptory, periferní – centrální nervstvo).

Biologické a biomechanické vlastnosti jednotlivých podsystemů i chování pohybového systému jako celku určují především anatomické a fyziologické vlastnosti tkání, ze kterých se daný systém skládá. Na stavbě pohybového systému se nejvíce podílí *pojivová tkáň*, *svalová tkáň* a *tkáň nervová*.

V obecné histologii rozlišujeme pět typů tkání: epitelovou tkáň, pojivovou, svalovou a nervovou tkáň a tělní tekutiny, respektive krev. Epitelové tkáně a krev nepředstavují v pohybovém systému významnější strukturální složku a jsou proto probírány v kapitolách, kde se uplatňují výrazněji. Pojivové tkáně – s jistou mírou nadsázky – vytvořily obratlovce. Z obecného hlediska nejsou pojiva jen tkáněmi mechanické opory těla. Zabezpečují také látkovou výměnu, představují energetickou rezervu organismu a reprezentují buněčný regenerační potenciál i pro jiné než pojivové tkáně. U novorozence tvoří mezibuněčná hmota pojiv asi 30 % hmotnosti těla.

Pojiva mají v principu jednotný stavební plán – skládají se ze stejných stavebních komponent: **buněk a mezibuněčné hmoty**.

Mezibuněčná hmota je dvojího druhu: *vláknitá a amorfní* (beztvará). Typickým a společným znakem všech pojiv je přítomnost velkého množství mezibuněčné hmoty. Podle zastoupení jednotlivých stavebních složek a podle vlastností amorfní mezibuněčné hmoty rozlišujeme tři typy pojivových tkání:

- **vazivovou tkáň** – vazivo,
- **chrupavčitou tkáň** – chrupavku,
- **kostní tkáň** – kost.

Z hlediska definice tkání a vymezení pojmu „orgán“ i z hlediska jejich dalšího třídění je nezbytné rozlišovat mezi pojmy kostní tkáň – kost, chrupavčitá tkáň – chrupavka apod.

Kostní tkáň je typem pojivové tkáně a je hlavní složkou kosti. Kost je orgán, tj. útvar složený z řady (nejen pojivových) tkání. V běžné komunikaci se tyto rozdíly stírají a pro jednoduchost budeme proto zvláště u vazivové a chrupavčité tkáně používat označení vazivo a chrupavka.

Mikroskopickou stavbou, vznikem a funkčními vlastnostmi tkání se zabývá **histologie**. Mikroskopickou stavbu orgánů studuje tzv. **mikroskopická anatomie**. Hranice mezi oběma disciplínami je značně konvenční a má v podstatě pouze historický a didaktický význam.

Dnes již samostatným oborem je ultramikroskopie, která se z původní histologické metodiky změnila v samostatný obor zaměřující se především na stavbu, vznik a funkci buněčných organel, buněčných membrán, mezibuněčných spojů atd.

© Z pohledu **sportovní kineziologie** představuje mikroskopická stavba tkání zdánlivě odtazitou problematiku. Převážně morfologicky pojmovaná histologie skutečně není pro pochopení stavby a funkce pohybového systému nejvhodnější. Kineziterapeut nebo tělovýchovný pracovník se nezabývá mikroskopickou diagnostikou, pro kterou jsou tyto znalosti nutné. Pro základní funkční pohled na stavbu a chování jednotlivých tkání pohybového systému je ovšem zcela nezbytná, protože na buněčné (správněji subbuněčné) a tkáňové úrovni se realizuje většina funkcí daného orgánu, a také pouze na této úrovni je možné pochopit biologickou podstatu a determinovanost vlastností jednotlivých složek orgánů pohybového systému. Postačí připomenout vztah svalová pružnost – titin – strečink.

☺ Znalost mikroskopické stavby tkání pohybového systému má v léčebné rehabilitaci podobný význam jako ve sportovní kineziologii. Přistupuje zde ale další aspekt – *hojení, reparace a regenerace*. Definovat rozdíly mezi těmito pojmy na tkáňové úrovni je sice možné, ale vymezení rozdílu není přesné ani příliš přínosné. Budeme je proto používat promiskue, ale s vědomím, že nejsou identické.

Pro rehabilitační obory je třeba zdůraznit ještě jednu skutečnost. Zřejmě mimořádně perspektivním oborem bude tzv. *tkáňové inženýrství*. Jedním z cílů tkáňového inženýrství je i náhrada tkání chytrými a inteligentními materiály, které mají některé vlastnosti původních tkání, např. náhrada kloubních vazů, meziobratlových destiček, obratlových těl, šlach, synoviální tekutiny atd. Je samozřejmé, že racionální ovlivňování hojivých procesů i rehabilitace nemocných např. s implantovanými náhradami s tvarovou pamětí se neobejde bez znalosti mikroskopické anatomie, respektive histologie tkání pohybového systému.

3.1.2 Vazivová tkáň – vazivo

Vazivo je pojivová tkáň, kterou tvoří především vazivové buňky (fibroblasty), kolagenní (retikulární) a elastická vlákna a amorfní mezibuněčná hmota.

■ Buňky vaziva

Fibroblasty (fibrocyty)

Fibroblasty jsou nejběžnější a zároveň nejvýznamnější buňky vaziva. Rozdíl mezi **fibroblasty** a **fibrocyty** je především funkční, ale funkční stav buňky má pochopitelně svůj odraz i v její stavbě.

Fibroblasty jsou vývojově mladší a metabolicky aktivnější buňky produkující mezibuněčnou hmotu. Fibrocyty sice také mohou vykazovat tvorbu mezibuněčné hmoty, ale jejich aktivita a zvláště jejich pohotovost k dělení je minimální.

☉ **Stavba fibroblastů** >> Fibroblasty nejčastěji identifikujeme jako protáhlé, vřetenovité až hvězdicovité buňky přiložené k povrchu vazivových vláken. Vzhled fibroblastů se mění podle jejich okamžitého funkčního stavu. Stupňuje-li se tvorba bílkovin, buňky se zvětšují.

☉ Fibroblasty produkují základní předstupně vláknité i amorfni hmoty vaziva, tj. **tropokolagen** (předstupeň kolagenních a retikulárních vláken) a **proteoglykany** (základ amorfni mezibuněčné hmoty). Mohou tvořit i molekuly **elastinu** – základní komponenty elastických vláken. Fibroblasty mají značnou regenerační kapacitu a jsou proto hlavním zdrojem materiálu vyplňujícího *tkáňové defekty* – *jizvy*. Obnova – hojení vazivových struktur proto závisí především na funkční zdatnosti a přítomnosti fibroblastů nebo buněk, ze kterých fibroblasty vznikají (viz dále).

Tvorba mezibuněčné hmoty fibroblasty je v podstatě příkladem tvorby bílkovin buňkou. Veškeré léčebné a tréninkové postupy směřující k „posílení“ šlach, vazů nebo kloubních pouzder musíme proto chápat jako pokus o zásah do proteosyntézy! Těchto možností není zatím mnoho a jsou co do rozsahu buď dost malé, nebo co do prokazatelné účinnosti velmi problematické. (Aktivitu fibroblastů zvyšují steroidní hormony – anabolika, vitamin C.)

Fibroblasty nejsou jedinými buňkami vaziva. Také *retikulární, tukové, žírné, plasmatické, pigmentové a nediferencované buňky*, stejně jako *histiocyty* mají ve funkční anatomii tkání pohybového systému své specifické funkce, které postačí zmínit v konkrétních situacích.

Pro pochopení funkčních vlastností a hojivých (reparačních) schopností pojiva je důležité si uvědomit, že původ některých pojivových buněk není zcela jasný. Původní představa, podle které se fibroblasty (fibrocyty) mohly transformovat na některé další buněčné typy, je opuštěna. Podél cév je ale ve vazivu uloženo množství *nediferencovaných buněk*, které se pokládají za mateřské – „kmenové“ buňky většiny buněk vaziva. Pokud jsou tyto představy správné, mohou určité buňky vaziva vznikat a nacházet funkční uplatnění i v dospělém organismu.

Dnes převládá názor, že fibrocyty reprezentují konečné vývojové stadium vazivových buněk a další buňky z nich nevznikají.

■ Vláčna vaziva

Kolagenní vlákna tvoří nejobemnější strukturu všech pojivových tkání. Podle typu vaziva probíhají buď paralelně, nebo jsou lehce zvlněná. Kolagenní vlákna jsou velmi ohebná a pevná na tah. V čisté formě se podílejí na stavbě těch složek pohybového systému, kde je požadována vysoká pevnost a ohebnost – šlachy a vazy, ale postačí menší pružnost. Kolagenní vlákna se prodlužují jen o 8–10 % své délky, ale unesou zatížení až 50 N na 1 mm².

☉ **Stavba vláken** >> Stavební hierarchie kolagenních vláken je poměrně složitá:

**fibra (10–12 μm → fibrila (o 0,3–0,5 μm)
→ mikrofibrila (30–100 nm) → tropokolagen (1,4 nm).**

Základem každého vlákna je bílkovina kolagen tvořená menšími vláknitými molekulami tropokolagenu. Každá tropokolagenová molekula se skládá ze tří spirálo-

vitě stočených řetězců aminokyselin. Fibroblasty vylučují tropokolagen, který teprve v mezibuněčném prostoru polymeruje a formuje kolagenní vlákna. (Vařením se tropokolagen depolymerizuje a vzniká kliš – kolla.) Obnova (náhrada) kolagenu ve tkáních probíhá velmi pomalu. Nezbytný enzym pro odbourávání poškozených vláken – kolagenázu produkují vazivové buňky.

Co je podnětem pro tvorbu nových kolagenních vláken, není jednoznačně prokázáno. Snad jde o dráždění fibroblastů ohybem vláken, ke kterým fibroblasty přiléhají. Vznikající piezoelektrický jev by mohl mít na fibroblasty stimulující vliv. V této souvislosti se opět nabízí otázka vlivu mechanických faktorů na obnovu vazivových tkání.

Tropokolagen

Tropokolagen je bílkovina bohatá na dvě – jinde v těle dosti neobvyklé – aminokyseliny: hydroxyprolin a hydroxylyzin. Hydroxyprolin je aminokyselina, která snadno tvoří příčné vazby mezi molekulami. Tyto příčné vazby zvyšují mechanickou pevnost kolagenních vláken, jejichž stabilita je ovšem závislá na okolním prostředí, tj. na vlastnostech proteoglykanů, které jsou základem amorfnní mezibuněčné hmoty (viz dále).

Podle úpravy spirál tropokolagenu a zastoupení jednotlivých aminokyselin rozlišujeme pět základních typů kolagenu:

I. typ kolagenu představuje asi 80 % veškerého kolagenu v těle. Jde o vlákna s velkým průměrem, která jsou mechanicky velmi pevná. Tvoří základ šlach, kostí, fascií, žeberních chrupavek atd. Jde o tzv. „nosný, strukturální“ kolagen.

II. typ kolagenu je tvořen tenčími vlákny, která lze nalézt v mezibuněčné hmotě kloubních a elastických chrupavek a v jádru meziobratlové destičky.

III. typ kolagenu má velmi tenká vlákna tvořící součást cévní stěny, stěny orgánů, vaziva svalu a nervů.

IV. typ kolagenu je omezen na velmi jemné, tzv. bazální vrstvy cévní výstelky.

V. typ kolagenu je obsažen v placentě.

Existuje řada systémů, které se pokoušejí třdit kolagen do více než deseti skupin, převážně na základě rozdílných biochemických parametrů. Pro naši potřebu postačí již demonstrované rozdělení. Tvorba jednotlivých typů kolagenu je determinována geneticky. Celá problematika je z biomedicínského hlediska nesmírně závažná (obnova, regenerace a patologie pojivových tkání), ale zatím nepřehledná. Ze stručného přehledu vyplývá, že nelze např. zjednodušeně ztotožňovat vlastnosti a reaktivitu zatížených vazů, šlach, kloubních pouzder apod. jen na základě podobnosti jejich anatomické stavby.

Kolagen (respektive jeho jednotlivé typy) se mohou v organizmu uplatňovat i jako antigeny a jejich molekuly nebo fragmenty molekul pak vyvolávají tvorbu specifických protilátek. (Podle tvorby protilátek lze i rozlišit jednotlivé typy kolagenu.) Při tzv. autoimunitních chorobách, např. při arthritidě rheumatoidea, jsou v krevní plazmě přítomny protilátky proti prvním třem typům kolagenu a v synoviální výstelce kloubu lze prokázat protilátky proti II. typu kolagenu.

Pevnost a pružnost kolagenních vláken závisí i na periodickém pruhování (žíhání) mikrofibril, které je patrné v mikroskopu. Pruhování je podmíněno střídáním molekul tropokolagenu, které mají určitou délku a v mikrofibrile se schodovitě střídají. Mezi jednotlivými molekulami jsou mezery umožňující jejich vzájemný posun.

Typická periodicita žíhání kolagenních fibril (64 nm) se při onemocnění vaziva mění a mění se charakter průběhu křivky závislosti napětí v tahu a deformace kolagenních vláken. Snižuje se především mez pevnosti v tahu a klesají i hodnoty maximálního protažení. K těmto změnám dochází také v procesu přirozeného stárnutí organismu. Z pohledu stavby a funkcí pohybového aparátu je „stárí kolagenu“ mírou stárí organismu.

Elastická vlákna

Elastická vlákna jsou ve vazivu méně početná než vlákna kolagenní. Jsou tenká a často se větví. V čistší formě jsou více zastoupena pouze v některých vazech páteře. Obvykle bývají přimísena ke kolagenním vláknům, mezi kterými tvoří prostorové sítě (viz dále). Elastická vlákna nejsou pevná a unesou zatížení pouze 2–3 N na 1 mm², ale mohou být protažena až na 100–150 % své původní délky.

Stavba vláken >> Základ elastických vláken tvoří svazky mikrofibril skládajících se z bílkovinných molekul elastinu. Podobně jako u kolagenu je i molekula elastinu složená z podjednotek – *tropoelastinu*.

Tropoelastin je na rozdíl od tropokolagenu poměrně chudý na hydroxyprolin – aminokyselinu, která je typická tvorbou příčných vazeb, tzn. že mikrofibrily elastinu nejsou výrazněji směrově orientovány a jejich mechanická pevnost v tahu je proto minimální. Při přetažení dochází k nevratné deformaci tropoelastinu a ztrátě pružnosti.

Mikrofibrily elastických vláken nemají „žíhanou“ strukturu kolagenních vláken. Jde o trubicovité útvary vyplněné amorfní mezibuněčnou hmotou, která také mikrofibrily navzájem spojuje.

 Základní biomechanickou vlastností elastických vláken je jejich pružnost. Této jejich vlastnosti je při stavbě struktur pohybového systému využito v kombinaci s kolagenními vlákny.

Elastická vlákna „temperují“ vlastnosti kolagenu.

Chceme-li mechanické vlastnosti „elastické příměsi“ (např. v kloubních pouzdrech) vyjádřit odborně, pak přidání elastinu **redukuje hysterezi vaziva**.

Hystereze je pojem vyjadřující závislost daného stavu na předchozích stavech. Elastická vlákna redukuje hysterezi vaziva, tzn. že snižují spotřebu energie potřebnou pro jeho zpětnou deformaci. Např. protažený vaz, fascie nebo kloubní pouzdro se s menší energetickou ztrátou vrací do svého původního stavu.

Elastická vlákna tkání pohybového systému jsou produkována fibroblasty. O možnostech hojení, případně posílení elastické složky vaziva je známo velmi málo. Obvykle se pouze zdůrazňuje nevratnost jejich poškození a degenerativní změny charakteristické ukládáním vápenatých solí.

Retikulární vlákna

Retikulární vlákna jsou jemná, tenká a rozvětvená vlákna tvořící prostorové sítě všude tam, kde vznikají i kolagenní vlákna. Na stavbě pohybového systému se podílejí především svojí účastí ve vazivovém skeletu kosterních svalů a nosného „skeletu“ červené kostní dřevě.

Dnes se retikulární vlákna pokládají za tenké kolagenní fibrily – předstupně „zralých“ kolagenních vláken. O jejich biomechanických vlastnostech ve tkáních pohybového systému není téměř nic známo.

■ Amorfni mezibuněčná hmota

Amorfni mezibuněčná hmota je bez speciálního barvicího postupu viditelná v mikroskopu jako bezbarvý, rosolovitý roztok produkovaný fibroblasty, který vyplňuje prostory mezi buňkami a vlákny. Mezibuněčná hmota je komplexní sloučenina tzv. proteoglykanů, tj. látek složených z bílkovin a polysacharidového zbytku.

☞ **Proteoglykany** patří mezi tzv. strukturální nebo také „vazebné“ mezibuněčné proteiny. Do této skupiny patří i fibronektin, chondronektin, anchorin C II, laminin aj. Tyto vazebné proteiny spojují nejen fibroblasty, ale i další buňky a vlákna pojivových tkání. Vytvářejí tak základní strukturu vnitřního prostředí tkání, na které probíhá nejen fyziologická látková výměna, ale která je také iniciálním místem patologických změn.

Na stavbě proteoglykanů se kromě polysacharidů významně podílí i kyselina hyaluronová. Tato kyselina váže enormní množství vody a při maximální hydrataci zvětšuje až tisíckrát svůj objem. Již nepatrné množství kyseliny podmiňuje gelatinózní konzistenci mezibuněčné hmoty a její vazkost. V amorfni mezibuněčné hmotě jsou obsaženy i elektrolyty, další organické kyseliny, volné bílkoviny a hormony.

Stavba mezibuněčné hmoty >> Anatomicky (morfologicky) je mezibuněčná hmota amorfni. Na submikroskopické úrovni jde o velké, agregované molekuly hustě vyplňující mezibuněčné prostory.

📖 Amorfni mezibuněčná hmota především stabilizuje celou strukturu vaziva. Proteoglykany podmiňují nejen soudržnost vaziva, ale také vytvářejí funkční bariéru pro látkovou výměnu fibroblastů, tj. regulují výměnu látek mezi fibroblasty a mezibuněčným prostředím.

Tím, že vážou velké množství vody, regulují jeho množství ve vazivu a umožňují difuzi rozpustných látek vazivem. Proteoglykany mají klíčovou roli při hojení ran a určují biomechanické vlastnosti všech typů pojiv (vaziva, chrupavky a kosti). Koncentrace kyseliny hyaluronové je určující také pro „mazací“ schopnost synoviální tekutiny. (Specifické funkce a vlastnosti amorfni mezibuněčné hmoty jednotlivých druhů pojiv budou probrány dále.)

Jestliže zvážíme poměrné zastoupení, biochemické a biologické vlastnosti jednotlivých složek vaziva, tj. buněk, vláken a amorfni mezibuněčné hmoty, můžeme vazivo rozdělit na:

- kolagenní vazivo,
- elastické vazivo,
- retikulární vazivo,
- tukové vazivo.

(Další typy vazivových tkání nejsou v organismu dospělého člověka zastoupeny.)

■ Kolagenní vazivo

Kolagenní vazivo dělíme podle uspořádání vláken na řídké a tuhé (obr. 3.1).

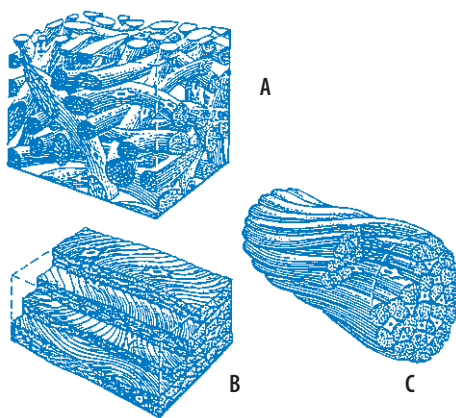
Řídké kolagenní vazivo

Řídké kolagenní vazivo je sice ve stavbě pohybového systému zastoupeno méně, ale vzhledem k tomu, že jde o vazivo, které plní významné biomechanické funkce ve

všech orgánech, které mění svůj objem nebo délku, je tento typ vaziva v organismu poměrně častý. V orgánech tvoří řídké kolagenní vazivo tzv. orgánové intersticiium (stroma) – *orgánový skelet*. V pohybovém systému vyplňuje řídké kolagenní vazivo prostory mezi svalovými vlákny kosterních svalů a tvoří prostředí, v němž probíhají cévy a nervy svalů. Na řadě míst přechází v tuhé, neuspořádané kolagenní vazivo.

Stavba řídkého vaziva >> Fibroblasty, kolagenní a elastická vlákna a amorfni mezibuněčná hmota.

 Mechanická odolnost tohoto typu vaziva je sice minimální, ale řídké kolagenní vazivo je pružné. Jemné trojrozměrné síť vláken a řídká mezibuněčná hmota umožňují hladký posun částí orgánů (svalových vláken) proti sobě a pružně reagují na změnu objemu orgánů. Zároveň tato síť vytváří nosnou kostru pro cévy a nervy daného orgánu, např. svalu.



Obr. 3.1 Typ vaziva

A – řídké (vmezežené) vazivo, B – vrstevnaté vazivo, C – tuhé (provazcovité) vazivo

Tuhé kolagenní vazivo

Tuhé kolagenní vazivo existuje ve dvou formách: jako tuhé neuspořádané a tuhé uspořádané kolagenní vazivo.

Pro *neuspořádané vazivo* je typická kompaktní síť silných kolagenních vláken doprovázených elastickými vlákny, na která naléhají fibroblasty. Tento poměrně mechanicky odolný typ vaziva je charakteristický pro vazivovou vrstvu kůže.

Dominující roli ve stavbě opěrné složky pohybového systému hraje tuhé uspořádané vazivo tvořící šlachy (aponeurózy), vazy a kloubní pouzdra.

Uspořádané pruhy tuhého vaziva formují provazce – šlachy (tendines) (singular tendo), kterými se svaly upínají ke kosti.

Stavba šlachy >> Šlachy tvoří paralelně probíhající svazky kolagenních vláken oddělené nepatrným množstvím amorfni mezibuněčné hmoty. Elastických vláken je poměrně málo – do 5 %. Mezi svazky vláken jsou vtištěny oploštělé fibroblasty (tzv. tenocyty), jejichž výběžky obklápějí přiléhající kolagenní vlákna.

Svazky kolagenních vláken probíhají v nezátížených šlachách lehce vlnitě; u některých šlach tvoří až táhlé spirály (detailní stavbu šlach viz dále).

 Šlachy zprostředkují pružný přenos svalové síly na skelet. Z biomechanického hlediska tvoří šlachy systém sekundárních mechanických efektorů, tj. představují pasivní pohyblivý a nosný systém. Pevnost šlach v tahu je odvozena především od pevnosti kolagenních vláken, která u většiny šlach tvoří 80–90 % jejich hmoty. Mezi údajem o pevnosti kolagenních vláken (50 N na 1 mm²) a pevností šlachy nelze jednoduše položit rovnítko. Šlachy jsou orgán poměrně složité stavby.

Mez pevnosti různých šlach je hodnota, která je závislá na věku, na konkrétní anatomii šlachy, typu cévního zásobení a na lokálních anatomických podmínkách, které pevnost buď zvyšují, nebo snižují.

Pevnost šlachy = polovina pevnosti kosti.

Např. Achillova šlacha má v dětství mez pevnosti asi 53 MPa, ale v 70 letech jen 45 MPa, tj. asi o 15 % méně. Šlacha m. flexor hallucis longus (dlouhý ohybač palce nohy) je mnohem tenčí než Achillova šlacha. Její mez pevnosti (ve srovnatelném měřítku) je ale o 18 % větší než mez pevnosti Achillovy šlachy.

Také pružnost (protažení) šlach je individuálně rozdílná – i když rozdíly mezi dosud studovanými šlachami nejsou velké, asi 0,5–1 %. V dospělosti lze šlachu protáhnout o 10–12 % její klidové délky. S věkem pružnost šlach klesá, např. u novorozence lze šlachy protáhnout až o 18 % jejich délky.

☞ Z rehabilitačního hlediska je sice nutné vycházet z obecných skutečností, ale v praxi je zapotřebí přísně individualizovat a funkci šlach chápat v kontinuitě sval – šlacha a šlacha – kost. Tyto vztahy budou blíže analyzovány v dalších kapitolách.

Vaz (ligamentum)

Vaz je útvar podobný šlaše. Vazy buď zpevňují kloubní pouzdra a jsou pak jejich součástí, nebo probíhají mimo pouzdra a jako izolované vazivové pruhy spojují sousedící kosti.

Stavba vazů >> Vazy mají podobnou stavbu jako šlachy, tj. tvoří je svazky kolagenních vláken s různou účastí vláken elastických. Vlákna nemají tak pravidelné uspořádání jako šlachy a také distribuce fibroblastů je nerovnoměrná. Mapa zastoupení elastických a kolagenních vláken v různých typech pouzder a vazů nebyla dosud zpracována; předpokládá se, že kloubní pouzdra a standardní vazy obsahují 4–5 % elastických vláken. Větší množství elastických vláken bylo u člověka zjištěno pouze ve vazech spojujících obratlové oblouky (viz dále).

📖 Vazy jsou zpevňující a fixační zařízení pohybového systému. Jejich kineziologické a biomechanické vlastnosti se v konkrétních situacích uplatňují různě a budou probrány v příslušných souvislostech – zároveň s kloubními pouzdry a kostními spoji.

■ **Elastické vazivo**

Elastické vazivo je na stavbě pohybového systému ve své čisté formě zastoupeno spíše výjimečně. Z převážně elastického vaziva jsou vytvořeny **žluté vazy (ligg. flava)**, **závěsný vaz pyje (lig. suspensorium penis)**, **hlasové vazy (ligg. vocalia)** a úponové „elastické šlachy“ hladké svaloviny a mimických svalů.

☞ **Stavba elastického vaziva** >> Fibroblasty, elastická a kolagenní vlákna a amorfní mezibuněčná hmota (viz předchozí text). Řada tzv. elastických vazů má na svém povrchu vrstvičku (obal) tvořenou kolagenními vlákny. Např. poměrně čisté elastické vazy – **ligg. flava** – mají asi 71 % elastických vláken, ale v učebnicích často citovaný šijový vaz (**lig. nuchae**) nemá u člověka významně větší množství elastické složky – jde o poměrně slabý vaz, dokonce s výraznou převahou kolagenních vláken.

📖 Elastické vazivo je, zvláště u mladších jedinců, velmi plastické a snadno se přizpůsobuje tahu a tlaku. Proto orgány, na jejichž stavbě se tento typ vaziva významněji podílí, se při tvarových změnách rychle vrací do svého původního tvaru. Velmi významně se tyto vlastnosti uplatňují ve stavbě cévní stěny.

Biomechanické vlastnosti elastických vláken byly probrány v předchozím textu.

■ Retikulární vazivo

Retikulární vazivo je nosným substrátem – skeletem těch orgánů, které jsou tvořeny převážně buňkami, tzn. že retikulární vazivo je kromě již uvedených příkladů hojně zastoupeno v kostní dřeni, ve slezině a v mízních uzlinách.

☞ **Stavba retikulárního vaziva** >> Retikulární buňky, retikulární vlákna a amorfni mezibuněčná hmota. Stavba retikulárních vláken již byla probrána. Retikulární buňky jsou ploché, bohatě se větvící elementy, které se obtížně odlišují od fibroblastů.

📖 Kromě zmíněné nosné funkce má retikulární vazivo, respektive retikulární buňky, významnou roli v mechanismech obrany organismu. Retikulární buňky se mohou uvolňovat a měnit se ve fagocyty, tj. buňky, které se pohotově účastní např. obrany proti pronikajícím bakteriím – fagocytují je.

■ Tukové vazivo

Tukové vazivo je v těle významným energetickým rezervoárem, plní funkci tepelného izolátoru a pro některé orgány vytváří i mechanickou ochranu. Tukové vazivo tvoří průměrně asi 15–20 % hmotnosti, ale tento podíl může být i podstatně větší. Podle stavby a funkce rozlišujeme bílé a hnědé tukové vazivo.

Bílé tukové vazivo tvoří především většinu tzv. podkožního tuku, tukové obaly některých orgánů a vmezeřenou tukovou tkáň. **Hnědé tukové vazivo** patří k termoregulačnímu systému organismu a v dospělém věku je omezeno na ostrůvky tkáně rozptýlené v tukovém vazivu mezihrudí (viz dále).

☞ **Stavba tukového vaziva** >> Tukové buňky, fibroblasty, retikulární, kolagenní a elastická vlákna a bohatá síť krevních vlásečnic.

Bílé tukové vazivo

Bílé tukové vazivo tvoří poměrně velké kulovité tukové buňky (adipocyty), v jejichž cytoplazmě obvykle nacházíme jednu velkou tukovou kapku. Při dlouhodobém hladovění tuková kapka mizí a buňky mívají polygonální tvar s množstvím drobných tukových kapek. Tukové buňky jsou opředeny hustými sítěmi retikulárních vláken a v místech, která jsou vystavena mechanickému zatížení, jsou tukové lalůčky obaleny vrstvami hustého kolagenního vaziva.

📖 Bílé tukové vazivo představuje u průměrně živého člověka energetickou zásobu asi na čtyřicet dní hladovění. Tukové buňky se dělí asi do dvou let. Dítě si tedy v této době vytváří podstatnou část své potenciální tukové tkáně. Co je bezprostředním impulzem k dělení tukových buněk, není zcela jasné, ale jde nejspíše o komplex vlivů zprostředkovaných hormony (glukagon, somatropin, glukokortikoidy) a autonomním nervstvem v těsné korelaci s množstvím konzumované potravy. Výživa v prvních dvou letech života tedy rozhoduje o vzniku a množství „nebezpečné tkáně“, která zůstává zachována i po případné redukci nadměrné hmotnosti. Jakákoliv dietní nekázeň se proto projeví opětovným „naplněním“ tukových buněk a růstem hmotnosti. Odstranění tukových buněk fyziologickými dietetickými postupy je proto téměř nemožné. Vlastní tukové buňky lze odstranit pouze *liposukcí*, tj. odsátím tukové tkáně nebo jejím chirurgickým vynětím.

Bílé tukové vazivo má barvu, která je závislá na typu diety – bílou až žlutou. U tohoto typu tukové tkáně nebyla na tukových buňkách prokázána nervová zakončení