

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
Katedra antropologie a genetiky člověka



**Vybrané funkční parametry BMI a % tuku
sportovců různých druhů sportu**

Bakalářská práce

Vypracovala: Veronika Janoudová

Školitel: Doc. RNDr. Pavel Bláha, Csc.

Praha 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a pramenů.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala Doc. Pavlu Bláhovi za poskytování rad a odborné literatury.

Abstrakt

Tato bakalářské práce je literární rešerší, ve které hodnotím problematiku týkající se vlivu tukové tkáně na výkon sportovců různých sportů. Množství tuku musí být vztaženo k ostatním složkám těla, a proto jsem jednu kapitolu věnovala tělesnému složení a metodám jeho určení. V dnešní populaci, která je ohrožována nadváhou a obezitou, je nejrozšířenějším způsob stanovení množství tělesného tuku pomocí Queteletova indexu – BMI. Zjišťovala jsem tedy, jestli tento index skutečně odráží podíl tuku v těle a jestli se může aplikovat na sportovce. Dále jsem zjišťovala fyziologickou podstatu získávání energie pro pohybovou aktivitu a příčinu menšího množství tuku u sportovců oproti netrénujícím jedincům.

Zastoupení jednotlivých složek těla je v úzkém vztahu se somatotypem, který je bezesporu jedním z předpokladů pro výkon sportovce. Proto jsem sledovala odlišnosti v somatotypech v závislosti na druhu prováděného sportu.

Abstrakt

This bachelor work is the literary recherche, where I discuss problem of the influence fat tissue on the sportsmen's performance. The amount of the fat must be related to the other body components and that's why I dedicate one of the chapters to the body composition and to the methods of its determination. In nowadays population, which is threaten by the overweight and the obesity, is the Quetelet index – BMI the most widespread way how to determinate the amount of body fat. Thus I find out if this index really reflects the share of the body fat and if it can be applied to the sportsmen. In next step I explain the fyziology center of of the energy procurance for the sports activity and the cause of the lower amount of the fat i the sportsman body against the nonsportsman body.

The abundance of the body components is in close relation with the somatotype which is the one of the precondition for sportsmen performance. That's why I follow the differencies in the somatotypes depending on the type of sport.

Klíčová slova

Složení těla, metody stanovení tělesného složení, somatotyp, BMI, tuk, sport.

Obsah

ÚVOD	
1. TĚLESNÉ SLOŽENÍ	
1.1. Metody odhadu tělesného složení	
1.1.1. Denzitometrie	
1.1.2. Hydrometrie	
1.1.3. Biofyzikální metody	
1.1.4. Biochemické metody	
1.1.5. Tloušťka podkožního tuku	
1.1.6. Odhad tělesného složení antropometrickými metodami a kaliperováním	
2. SOMATOTYPY	
2.1. Komponenty somatotypu	
2.2. Stanovení somatotypu	
2.3. Somatograf	
2.4. Somatotypy u dětí	
2.5. Vliv somatotypu na sport	
2.6. Význam stanovení somatotypu	
3. INDEXY TĚLESNÉ HMOTNOSTI	
3.1. BMI	
4. TUK A SPORT	
4.1. Energetická bilance	
4.2. Zdroj energie pro různé typy zátěže	
4.2.1. Zdroj energie ve vztahu ke kyslíku	
4.3. Vliv tuku na výkonnost v různých sportech	
4.4. Somatotypy vrcholových sportovců	
ZÁVĚR	
SEZNAM OBRÁZKŮ	
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	
INTERNETOVÉ ZDROJE	

Úvod

Když se ohlédneme zpět do evoluce člověka, zjistíme, že člověk byl nucen pohybové aktivity, jinak by nepřežil. Naše tělo je z fylogenetického hlediska přizpůsobeno na pohyb a je obecně známo, že přiměřená míra pohybu působí na naše zdraví pozitivně. V dnešní moderní době není pohyb existenčně nutný, a proto ustupuje např. ve prospěch profesního růstu. Přesto se však najdou lidé, do jejichž života sport neodmyslitelně patří. Takovými lidmi jsou bezpochyby vrcholoví sportovci. Nároky na úroveň jejich sportovního výkonu se neustále zvyšují a proto není divu, že je čím dál tím větší snaha zjistit, jaké faktory hrají ve výkonnosti sportovce roli, jak a do jaké míry se tyto faktory dají ovlivnit. To dalo vznik **kinantropometrii**. Vědní disciplíně, která studuje lidský pohyb ve vztahu k rozměrům, proporcím a složení těla. Všímá si i růstových faktorů, výživy a výkonnosti (Riegerová, Ulbrichová, 1993).

Pokud se blíže podíváme na skupiny sportovců různých sportovních disciplín, zjistíme mezi nimi mnohdy značné rozdíly v typu postavy, v množství tělesného tuku apod. Je zřejmé, že ne každý sportovec se svým tělesným typem hodí ke všem sportům. Existují sporty, které mají speciální požadavky na tělesný typ jedince, na podíl tělesného tuku. A právě tyto jedinci se specifickými znaky mají větší naději než ostatní, že budou dosahovat nejlepších výkonů v daném sportu. Kdybychom to přirovnali k závodů v běhu na 60 m, tyto jedinci by měli startovní čáru posunutou o několik metrů blíže k cíli než ostatní. Je ale nutné dodat, že tréninkem se tyto rozdíly ve startovní čáře dají minimalizovat, tzn. jedinci se somaticky (ale i funkčně) přizpůsobí na specifickou zátěž sportu. Díky této adaptaci pak můžeme pozorovat ony rozdíly např. mezi kulturistou a vzpěračem.

Je snadno vypočitatelné, že volejbalu se věnují převážně jedinci s relativně dlouhými končetinami nebo že gymnasté jsou většinou menšího vzrůstu. Je zajímavé všimnout si i odlišného množství tuku u sportovců různých druhů sportu. V některých sportovních disciplínách je tuková složka limitujícím faktorem, v některých sportech větší množství tuku dobrému výkonu nebrání. V jakých sportech je tuková složka limitující a v jakých naopak nevádí? Proč mají vůbec sportovci obecně menší procento tělesného tuku než průměrná nespportující populace? Jaký vliv má somatotyp na sportovní výkon? Na tyto otázky se pokusím odpovědět.

1. Tělesné složení

Lidské tělo se skládá z jednotlivých složek, jejichž vzájemný poměr je dán mnoha faktory. Tělesné složení je závislé na fázích ontogeneze, na pohlaví, na působení tělesné zátěže a v neposlední řadě i na různých metabolických onemocněních. Z převážné části je dáno geneticky, ale může se měnit působením vnějších faktorů jako je pohybová aktivita a výživa. Míru působení těchto dvou posledních faktorů můžeme sami ovlivnit a tím můžeme nasměrovat vývoj tělesného složení žádoucím směrem. Tělesné složení je jedním z důležitých faktorů fyzické zdatnosti.

Na složení těla můžeme nazírat několika způsoby a proto existuje řada modelů tělesného složení.

Chemický model v těle rozlišuje sacharidy, tuk, bílkoviny, minerály a vodu. Podle **anatomického modelu** je tělo tvořeno tukovou tkání, svalstvem, vnitřními orgány, kostmi a ostatními orgány. Zjednodušením **čtyřkomponentového modelu** (buňky + extracelulární tekutina + tuk + minerály) a **tříkomponentového modelu** (tuk + svalstvo + kostní tkáň) vznikl, v praxi nejpoužívanější, **dvoukomponentový model**, který rozděluje lidské tělo na tuk (fat mass) a tukuprostou hmotu (fat-free mass, FFM). Dalším modelem je **pětistupňový model** (obr.1), na jehož základě zkoumáme tělo v 5 úrovních:

1.úroveň - anatomický model: Model je vytvořen na základě zastoupení prvků v těle.

Nejhojnější prvky, které tvoří 98 % hmotnosti těla, jsou O, C, H, N, Ca, P. Zbývá 2 % připadají na dalších 44 prvků (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

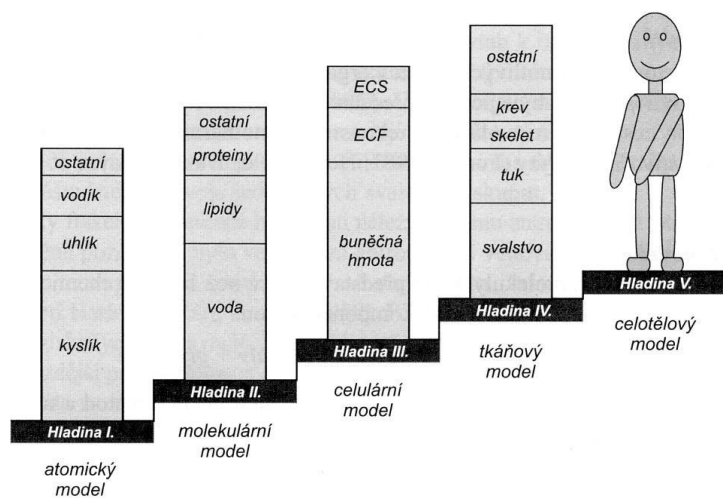
2.úroveň - molekulární model: Tento model říká, že lidské tělo je složeno z více než 100 000 chemických sloučenin. Všimá si podílu lipidů, proteinů, glykogenu, voda a minerálů (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

3.úroveň - buněčný (celulární) model: Tato úroveň rozděluje lidské tělo na buněčnou hmotu, extracelulární tekutinu (ECF) a na organické a anorganické látky (ECS).

4.úroveň - tkáňový model: Model hodnotí lidské tělo z hlediska tkání. Rozlišuje tkáň kostní, svalovou a tukovou, dále krev a ostatní.

5. úroveň - celotělový model: Pomocí antropometrických měření se studuje tělo jako takové. Zjišťují se např. tělesná výška, hmotnost, obvody, kožní řasy. Měří se i objem těla a jeho denzita. Počítají se i hmotnostně-výškové indexy.

Obr.1: Pětistupňový model tělesného složení člověka



Zdroj: Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006, str.26

1.1. Metody odhadu tělesného složení

Pro odhad tělesného složení bylo vypracováno mnoho metod. Jedna skupina metod byla vypracována na základě antropometrických měření, kam patří např. měření tloušťky kožních řas. Rozvoj technologií a vědních oborů (např. biochemie) umožnil vypracovat další moderní postupy, které se snaží minimalizovat nedokonalosti a chyby vznikající při měření. Každý z postupů má samozřejmě své klady a zápory, ať už se to týká náročnosti a vhodnosti použití jednotlivých metod nebo třeba finanční stránky.

1.1.1. Denzitometrie

Denzitometrie vychází z dvoukomponentového modelu tělesného složení (tuk, FFM). Předpokládá konstantní denzitu tuku i tukuprosté hmoty (FFM) u všech jedinců, konstantní úroveň hydratace FFM a konstantní poměr kostních minerálů vůči svalovým proteinům (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Metoda přepočítává celkovou denzitu na podíl tuku jedince. V tom ale spočívá nedostatek tohoto postupu. V denzitě tukuprosté hmoty se nacházejí značné individuální rozdíly. Na druhou stranu, tato technika je považována za porovnávací pro platnost ostatních metod. Vychází ze vztahu $\text{hmotnost} = \text{denzity} * \text{objem}$. Objem těla se zjišťuje následujícími postupy.

Hydrostatické vážení: Metoda určuje objem těla na základě vážení pod vodou na tzv. hydrostatické váze. Vážení probíhá v maximálním expiriu a to z důvodu, aby tělo nebylo

nadlehčováno vzduchem v plicích. Ze stejného důvodu musí být ještě od výsledku odečten reziduální objem plic. Použití metody může být problematické u dětí, neplavců, starších a nemocných lidí, protože vyžaduje úplné ponoření jedince pod vodu.

Voluminometrie: Metoda je založená na Archimédově zákonu – objem těla se stanovuje jako objem vody vytlačené tělem. Opět se odečítá reziduální objem plic. Možné omezení použití metody je stejné jako u hydrostatického vážení.

Pletysmografie: Měření pomocí této metody se provádí v tzv. pletysmografu, což je přístroj tvořený uzavřenou nádobou, která je vyplněná vzduchem. Objem těla je určen na základě tlakových změn, které vytváří pumpa o známém zdvihu (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Reziduální objem plic se již neodečítá. Metoda odbourala omezení předchozích dvou postupů, protože nevyžaduje ponoření jedince pod vodu.

1.1.2. Hydrometrie

Tento soubor metod používá pro získání složení těla stanovení celkové tělesné vody. Za předpokladu normální hydratace (73 %) můžeme z celkového objemu vody vypočítat FFM. Množství tuku je pak dáno rozdílem hmotnosti a FFM (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Izotopy vodíku: Metoda využívá jako testovací látku izotopy vodíku (deuterium a tritium).. Testovací látka se rozpouští ve všech vodných prostorech a rychle nabude rovnováhy (zhruba 2 hod.), ve které zůstává po 3 hodiny. Látka není ukládána, vylučována ani metabolizována a je zaměnitelná za tělesnou vodu. Tritium se ukázalo jako nevhodné pro použití u dětí, těhotných žen nebo při opakovaném použití během krátkého časového intervalu (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Elektrická vodivost

Bioelektrická impedance (BIA): Metoda využívá střídavý proud o nízké intenzitě, který prochází tkáněmi s různým odporem. Velikost odporu tkáně (bioelektrická impedance) je měřena přístrojem. Tukuprostá hmota se vyznačuje menším odporem tj. lepší vodivostí než tuková tkáň a to z důvodu vyššího obsahu vody a elektrolytů. Výsledek měření je závislý na míře hydratace organismu. Další vliv na přesnost výsledných hodnot má zvolený typ měřicího přístroje a predikční rovnice, které se různí např. podle věku, pohlaví (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Predikční rovnice mohou také selhat u vysoce trénovaných

jedinců. Metoda je v poslední době hodně využívána. Je levná a bezpečná, lze jí použít i u lidí s různou klinickou diagnózou.

Celková tělesná vodivost (TOBEC): Tento postup opět využívá rozdílné elektrické vodivosti tuku a tukuprosté hmoty. Jedinec leží v elektromagnetickém poli a vyvolané změny zaznamenává přístroj. Metoda je poměrně přesná, ale její širší využití je omezeno vysokou cenou přístroje.

Magnetická rezonance: Základ metody spočívá na vlastnosti vodíkových iontů, které jsou přítomné v každé tkáni. Pohyb vodíkových iontů je ovlivněn silným magnetickým polem. Přístroj vydávající toto pole zaznamenává signály iontů, které se dále vyhodnocují. Širší využití tohoto postupu však naráží na vysoké finanční náklady spojené s pořízením přístroje.

1.1.3. Biofyzikální metody

Tyto metody jsou založeny na zjištění obsahu jednotlivých prvků v organismu. Postupy jsou finančně náročné, ale mohly by se stát lepším standardem pro hodnocení validity ostatních metod než je densitometrie.

Celkový tělesný draslík: Naprostá většina draslíku je uložena intracelulárně. Metoda je založena na předpokladu, že obsah draslíku v tukuprosté hmotě je konstantní. Pomocí celotělového detektoru lze zjistit množství izotopu ^{40}K . Na základě chemických analýz bylo jisté, že u mužů připadá na jeden kg tukuprosté hmoty 2,66 g draslíku, u žen 2,5 g (Riegerová, Ulbrichová, 1993).

Neutronová aktivační analýza: Tento postup používá gama-spektrografickou metodu, díky které je umožněno hodnocení mnohoprvkového složení těla (Ca, Na, Cl, P, N). Jedinec je vystaven proudu neutronů a následně je změřeno spektrum vyzařované jedincem, jehož analýzou získáme přehled o zastoupení jednotlivých prvků (<http://obezita.org/>).

Celkový tělesný vápník: Metoda umožňuje hodnotit množství celkových kostních minerálů na základě předpokladu, že 38 – 39 % celkového obsahu tvoří vápník (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Nedostatek této metody spočívá v tom, že vápník se může ukládat i mimo kostní tkáň.

Celkový tělesný dusík: Metoda využívá přítomnosti dusíku v proteinech. Množství svalové hmoty je pak odhadnuto na základě obsahu proteinů (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry): Pomocí této metody, jejíž princip je založen na hodnocení průchodu dvou rtg paprsků skrz organismus, rozlišíme kostní minerály, tuk a tukuprostou hmotu. Můžeme zjistit složení celého těla nebo jen jeho segmentů. Metoda je přesná. Nevýhodou je finanční náročnost. Jedinec je vystaven rtg záření. Navíc je zde omezená snímací plocha, tudíž nelze měřit obézní a příliš vysoké jedince (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

1.1.4. Biochemické metody

Princip této skupiny metod spočívá ve stanovení metabolitů, které vznikají ve svalech. Metody tudíž odhadují rozvoj svalstva. V praxi nejsou příliš používané kvůli velké rozrůzněnosti metabolitů u jedinců.

Kreatininurie: Metoda byla vypracována na základě vzájemného vztahu mezi vyloučeným kreatininem a množstvím svalové hmoty. Kreatinin vzniká z kreatinu při svalové aktivitě jako metabolický odpad, který je posléze vylučován ledvinami. Metoda předpokládá, že množství vyloučeného kreatinu je endogenního původu a odpovídá množství svalové tkáně. Kreatinin může být ovšem přijmut i v potravě a jeho vyloučené množství je závislé na věku, pohlaví, tělesné aktivitě a metabolickém stavu jedince (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Celkový plasmatický kreatinin: Množství plasmatického kreatininu je v úzkém vztahu se svalovou hmotou. Experimentálně bylo potvrzeno, že 1mg plasmatického kreatininu připadá na 0,88 - 0,98 kg svalové hmoty (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Vylučování 3-methylhistidinu: Metoda předpokládá, že vyloučený 3-methylhistidin vznikl odbouráním svalových proteinů a proto může být podle jeho množství stanoveno tělesné složení. Výsledky jsou srovnatelné s výsledky denzitometrie.

1.1.5. Tloušťka podkožního tuku

Pro měření tloušťky podkožního tuku se kromě kaliperace (viz dále) využívá i dalších metod, které se snaží eliminovat technické chyby vzniklé měřením kaliperem.

Radiografie: Díky této metodě získáme průřez svalstva a kosti, který lze změřit. Metoda je velice přesná, ale pacient je vystaven rentgenovému záření.

Ultrazvuk: Metoda využívá vysokofrekvenčního ultrazvuku, který se odráží na hranicích mezi tkáněmi o různých akustických vlastnostech. Ukázalo se však, že kaliperování je validnější .

Infračervená interakce: Podstata této metody tkví v absorpci a odrazu světla o vlnových délkách v oblasti infračerveného světla. Výsledky se velice dobře shodují s výsledky získané hydrometrií.

1.1.6. Odhad tělesného složení antropometrickými metodami a kaliperováním

Tělesné složení lze odhadnout na základě antropometrických rozměrů . Používají se obvody, kosterní rozměry a nejčastěji tloušťky kožních řas. Kožní řasy se měří tzv. kaliperem. Místa měření kožních řas jsou volena tak, aby reprezentovala průměrnou tloušťku podkožního tuku. Kaliperování však vyžaduje značnou praxi, jinak mohou být výsledky výrazně zkreslené. Nedostatkem metody je fakt, že rozmístění tuku po těle se mění během ontogeneze, je závislé na pohlaví a na míře pohybové aktivity. Použití regresních rovnic na stanovení tělesného složení je proto limitováno pouze na dané skupiny jedinců např. pro děti, pro sportovce atd. Měření je také ovlivněno použitým typem kaliperu. Výhodou metody je rychlost použití a to i v terénních podmínkách.

Matiegkova metoda pro odhad tělesného složení: Matiegkova metoda vychází z jednoduchého vztahu : $m = O + D + M + R$

m - celková tělesná hmotnost, O - hmotnost kostry, D - hmotnost kůže a podkoží (včetně podkožního tuku), M - hmotnost svalstva, R - hmotnost zbytku (např. orgánů)

Pro zjištění hodnot zmíněných komponent existují dílčí matematické vztahy, pro jejichž výpočet je nutné znát údaje o výšce, hmotnosti, tloušťce kožních řas, povrchu těla a obvodech. Hmotnost zbytku – R získáme jako rozdíl mezi celkovou hmotností těla a třemi zbývajících složkami ($O+D+M$). Zjištěné hodnoty můžeme vyjádřit buď jako absolutní čísla nebo mohou být převedena na relativní čísla vyjadřující procentuální zastoupení jednotlivých komponent.

Odhad tělesného složení pomocí metody Drinkwatera a Rosse: Tato metoda je modifikací Matiegkovy metody. Princip výpočtu spočívá v použití fantomových (modelových) hodnot a směrodatných odchylek těchto charakteristik (obr.2) (Bláha, 1990). Fantomové hodnoty vznikly na základě literárních dat mužů i žen různých etnických skupin a jsou považovány za nulu Z-skóre (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Obr.2 : Fantomové hodnoty a směrodatné odchyly charakteristik

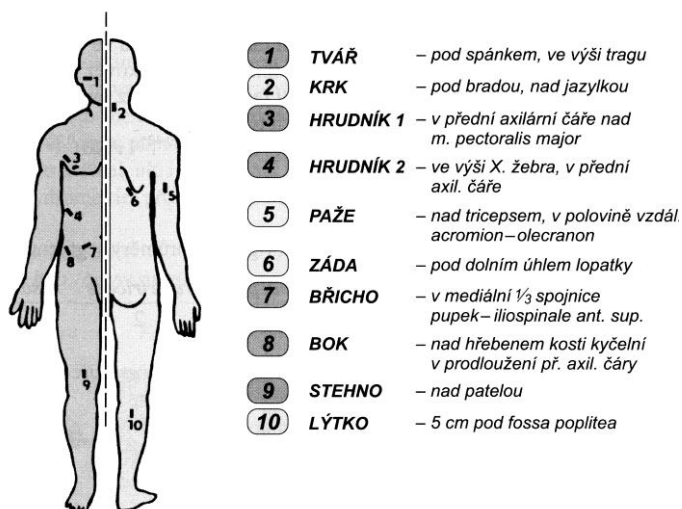
	P	a
tělesná výška	170.18	6.29
hmotnost	64.58	8.60
podíl hmotnosti kostry (kg) (100, 101, 102, 103)	10.49	1.57
šířka epikondylu humeru	6.48	0.35
šířka epikondylu femuru	9.52	0.48
obvod zápěstí /přes styloidy/ minimální obvod lýtky	16.35	0.72
	21.71	1.53
podíl hmotnosti svalstva (kg) (104, 105, 106, 107)	25.35	2.99
relaxovaný obvod paže - \tilde{u} x kožní řasa triceps	22.05	3.67
obvod hrudníku přes mesosternale - \tilde{u} x kožní řasa subskapulární	82.36	4.68
gluteální obvod stehna - \tilde{u} x kožní řasa na stehně	47.33	3.59
maximální obvod lýtky - \tilde{u} x kožní řasa na lýtku II /mediální/	30.22	1.97
maximální obvod předloktí - \tilde{u} x kožní řasa na předloktí	25.13	1.41
podíl hmotnosti tuku (kg) (108, 109, 110, 111)	12.13	3.25
kožní řasa nad tricepsem (mm)	15.40	4.47
kožní řasa subskapulární	17.20	5.07
kožní řasa suprailiakální	15.20	4.47
kožní řasa na břicho	25.40	7.78
kožní řasa na stehně	27.00	8.33
kožní řasa na lýtku mediálně	16.00	4.67
podíl hmotnosti zbytku (kg) (112, 113, 114, 115)	16.41	1.92
biakromiální šířka (cm)	38.04	1.92
transverzální průměr hrudníku	27.92	1.74
bikristální šířka	28.84	1.75
předozadní průměr hrudníku	17.50	1.38

Zdroj: Bláha, 1990, str. 28

Naměřené antropometrické údaje odpovídající antropometrickým rozměrům na obr. (od obvodových rozměrů je odečtena tloušťka příslušné kožní řasy) slouží pro výpočet proporčního Z-skóre. Pro jednotlivé komponenty je poté spočítáno průměrné Z-skóre a z průměrných hodnot Z-skóre můžeme pomocí dalšího vztahu zjistit hmotnost jednotlivých komponent – absolutní čísla, která lze převést na procenta zastoupení jednotlivých složek (Bláha, 1990)

Odhad množství tuku podle Pařízkové: Metoda pro nepřímé stanovení tuku podle Pařízkové vychází z měření deseti přesně lokalizovaných kožních řas (obr.3). Výsledek je získán na základě výpočtu regresních rovnic.

Obr.3: Lokalizace a průběh kožních řas



Zdroj: Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006, str.30

2. Somatotypy

V každé populaci najdeme několik morfologicky odlišných typů stavby těla neboli somatotypů. Za autora nejstaršího způsobu rozlišení tělesné stavby je považován Hippokrates, který vyděloval dva základní typy – habitus phthisicus (hubený, vysoký vzrůst) a habitus apoplecticus (tlustší, menší vzrůst). Jiné dělení, které publikoval v roce 1877 J. N. Hallé (představitel francouzské typologické školy), rozlišuje 4 tělesné typy – kraniální, thorakální, abdominální a muskulární. Toto dělení se stalo základem dalších typologií, které vytvořili L. Rostan či C. Sigaud. Významnou klasifikaci tělesných typů stanovil Kretschmer (německá typologická škola), ve které se tělesná typologie spojuje s typologií psychickou. Vyčlenil typ astenický, atletický a pyknický.

Odlišnou metodu zavedl Sheldon. Poprvé použil pojem „somatotyp“, který definuje takto: „Vztah morfologických komponent vyjádřený třemi čísly se nazývá somatotyp individua“ (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Sheldon stanovil somatotyp na základě 3 komponent – endomorfní, mezomorfní a ektomorfní. Každou komponentu hodnotil na stupnici 1-7, tzn. že jedinec je ohodnocen třemi čísly – 1. číslo určuje stupeň endomorfie, 2. číslo určuje stupeň mezomorfie a 3. číslo určuje stupeň ektomorfie. Číslo 7 u některé z komponent označuje extrém, který se však v populaci vyskytuje velmi zřídka. Extrémní (krajní) typy korelují s Kretschmerovými typy - endomorf odpovídá pyknickému typu, mezomorf astenickému typu a ektomorf atletickému typu (Hájek, 2001).

Sheldonovu typologickou metodu přijali a následně modifikovali Heathová a Carter. V roce 1967 tak vznikla nová a nejpoužívanější metoda pro stanovení somatotypu, tzv. **metoda H -C**.

2.1. Komponenty somatotypu

- **Endomorfie:** Vztahuje se k relativní tloušťce osoby (resp. hubenosti), k množství podkožního tuku. Osoba, u které tato komponenta převažuje, se vyznačuje zakulacenými tvary s měkkým svalstvem. Endomorf má sklon k ukládání podkožního tuku. Má krátký a tlustý krk. Obvod hrudníku je menší než obvod pasu. Končetiny jsou relativně krátké bez svalové kresby.
- **Mezomorfie:** Vztahuje se ke svalově kosternímu rozvoji vzhledem k tělesné výšce. Výrazný mezomorf má silně vyvinutou kostru a svalstvo. Trup je svalnatý se širokými rameny. Obvod hrudníku je větší než obvod pasu. Pánev je úzká. Končetiny jsou silné s výraznou svalovou kresbou.
- **Ektomorfie:** Vztahuje se k relativní délce částí těla. Ektomorf je typický svou hubeností, slabou kostrou a nedostatečně vyvinutým svalstvem. Má plochý hrudník a ramena jsou skleslá. U tohoto tělesného typu se často vyskytuje totální kyfóza a odstávající lopatky. Končetiny jsou dlouhé a slabé.

Během života se vzájemný poměr těchto tří komponent může měnit na základě působení vnějších vlivů, což způsobí změnu tzv. morfofenotypu – momentálního morfologického stavu jedince (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

2.2. Stanovení somatotypu

Sheldon určoval somatotyp na základě srovnání fotografie jedince se standardními fotografiemi v atlase, který sestavil v roce 1954. Nedostatek tohoto určení somatotypu byla nespolehlivost při stanovení tělesné stavby žen.

Heathová a Carter používají pro stanovení somatotypu především antropometrické údaje, přičemž jednotlivé komponenty nejsou limitovány pouze 7 stupni. Pro určení somatotypu jsou nutné vyplnit příslušné protokoly (obr. 4), které jsou odlišné pro dospělé a pro děti. Pro určení endomorfnní komponenty se měří tloušťka kožní řasy nad tricipsem, pod lopatkou a nad hřebenem kyčelní kosti. Získané hodnoty se sečtou a v tabulce se zakroužkuje nejbližší číslo zjištěným hodnotám (Hájek, 2001) Hodnota endomorfnní komponenty pak odpovídá číslu ve sloupci se zakroužkovaným číslem (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová,

2006). Pro stanovení mezomorfni komponenty je nutné znát tělesnou výšku jedince, biepickondylární parametry na humeru a femuru. Dále musí být změřen obvod paže ve flexi a obvod lýtka, od kterých je odečtena tloušťka příslušné kožní řasy (Hájek, 2001). V protokolu opět zakroužkujeme nejbližší čísla naměřených hodnot (pokud hodnota v protokolu neodpovídá číslu přesně, zaokrouhlujeme směrem dolů). Dalé počítáme se sloupci nikoliv s hodnotami. Vyčítáme rozdíl sloupců každého zakroužkovaného čísla oproti sloupci s tělesnou výškou. Zjistíme průměrnou vzdálenost sloupců od tělesné výšky (počet sloupců sečteme a vydělíme 4). Získané číslo značí počet sloupců, které musíme odečíst (směrem do prava) od sloupce s 1. zakroužkovaným číslem (sloupec se zakroužkovanou hodnotou položený nejvíce vlevo). Příslušný sloupec pak označíme hvězdičkou (může vyjít i hodnota mezi sloupci). Poté spočítáme počet sloupců od hvězdičky k zakroužkované hodnotě tělesné výšky. Daná hodnota je počet sloupců, který přičteme ke sloupci s číslem 4 – jestliže je hvězdička vpravo od tělesné výšky přičítáme vpravo a naopak (Carter 1975, Štěpnička, Chytráčková, Kaslická, Kubrychtová 1979). Ektomorfni komponentu získáme z výškováhového indexu - podílu tělesné výšky ke třetí odmocnině z hmotnosti (Riegerová, 1994). V protokolu opět zakroužkujeme nejbližší číslo.

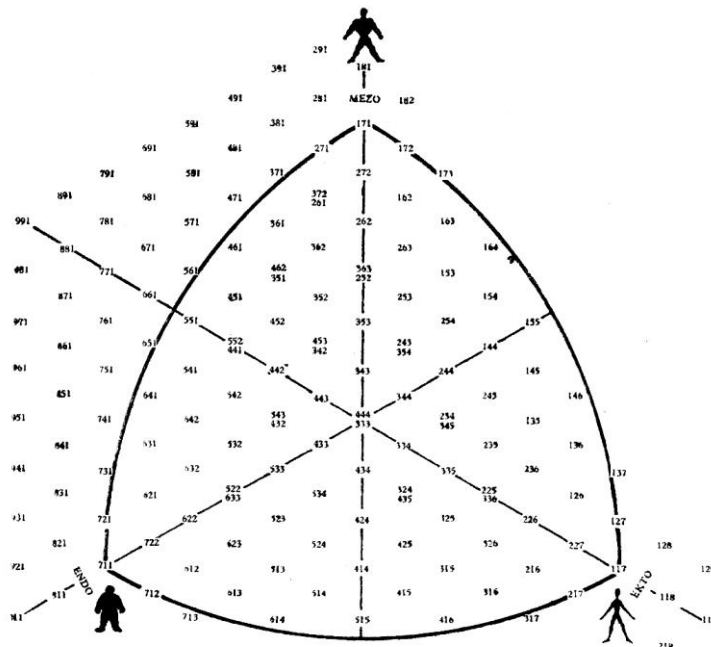
Obr. 4: Protokol pro stanovení somatotypu podle metody Heath-Carter

SOMATOTYP PODLE METODY HEATH-CARTER																									
Jméno:	Věk:	Číslo:																							
Zaměstnání:	Sport. úroveň:	Datum:																							
Výzkum čís.:	Měřil:	Poznámka:																							
Podkožní tuk (mm)																									
Triceps:	10,9	14,9	18,9	22,9	26,9	31,2	35,8	40,7	46,2	52,2	58,7	65,7	73,2	81,2	89,7	98,9	108,9	119,7	131,2	143,7	157,2	171,9	187,9	204,0	
Subscap.:	9,0	13,0	17,0	21,0	25,0	29,0	33,5	38,0	43,5	49,0	55,5	62,0	69,5	77,0	85,5	94,0	104,0	114,0	125,5	137,0	150,5	164,0	180,0	196,0	
Suprail.:	7,0	11,0	15,0	19,0	23,0	27,0	31,3	35,9	40,8	46,3	52,3	58,8	65,8	73,3	81,3	81,3	99,0	109,0	119,8	131,3	143,8	157,3	172,0	188,0	
Celkem:																									
Lýtka:																									
1. komp.	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	
Výška (cm)																									
Epikond. (cm)	139,7	143,5	147,3	151,1	154,9	158,8	162,6	166,4	170,2	174,0	177,8	181,6	185,4	189,2	193,0	196,9	200,7	204,5	208,3	212,1	215,9				
humeru:	5,19	5,34	5,49	5,64	5,78	5,93	6,07	6,22	6,37	6,51	6,63	6,80	6,95	7,09	7,24	7,38	7,53	7,67	7,82	7,97	8,11				
femuru:	7,41	7,62	7,83	8,04	8,24	8,45	8,66	8,87	9,08	9,28	9,49	9,70	9,91	10,12	10,33	10,53	10,74	10,95	11,16	11,36	11,57				
Obvod paže – tuk:	23,7	24,4	25,0	25,7	26,3	27,0	27,7	28,3	29,0	29,7	30,3	31,0	31,6	32,2	33,0	33,6	34,3	35,0	35,6	36,3	37,0				
Obvod lýtka – tuk:	27,7	28,5	29,3	30,1	30,8	31,6	32,4	33,2	33,9	34,7	35,5	36,3	37,1	37,8	38,6	39,4	40,2	41,0	41,7	42,5	43,3				
2. komp.	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0							
Hmotnost (kg)....	39,65	40,74	41,43	42,13	42,82	43,48	44,18	44,84	45,53	46,23	46,92	47,58	48,25	48,94	49,63	50,33	50,99	51,68							
.....	40,20	41,09	41,79	42,48	43,14	43,84	44,50	45,19	45,89	46,32	47,24	47,94	48,60	49,29	49,99	50,68	51,34								
Výška/ ³ hmotnost	39,66	40,75	41,44	42,14	42,83	43,49	44,19	44,85	45,54	46,24	46,93	47,59	48,26	48,95	49,64	50,34	51,00								
3. komp.	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0							
	1. komponenta			2. komponenta			3. komponenta																		
	Antropometrický somatotyp																								
	Antropometrický a fotoskopický somatotyp																								

2.3. Somatograf

K snadnější a rychlejší orientaci v rozmístění somatotypů se používá somatograf (obr. 5). Jedná se o sférický trojúhelník rozdělený třemi osami. V dolním levém rohu se nachází endomorf, v pravém dolním rohu ektomorf a nahoře mezomorf. Jak již bylo dříve zmíněno, v populaci tyto extrémní somatotypy téměř nenalezneme. Vyskytují se spíše různé kombinace zmíněných tří tělesných typů. V závislosti na vzájemném poměru komponent, můžeme somatotypy sdružovat do skupin např. ektomorfní mezomorfové, endomorfní ektomorfové, endomorfové-ektomorfové, vyrovnaní mezomorfové atd. A i tyto přechodné somatotypy lze přehledně zakreslit do somatografu.

Obr. 5: Somatograf - rozmístění somatotypů v grafu podle metody Heath – Carter



Zdroj: Čelíkovský, 1990, str. 235

2.4. Somatotypy u dětí

Somatotyp ovlivňuje výkon nejen u dospělých sportovců ale i u dětí. Určení tělesného typu dítěte může pomoci nejen při výběru vhodného sportu, ale může sloužit jako prevence např. může upozornit na zvýšené riziko sklonu k obezitě. Somatotyp u dětí je hodnocen obvykle od 8 let, neboť mladší děti se vyznačují specifickou proporcionalitou vzhledem ke své výšce (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

I když se somatotyp vyvíjí už v dětství, výraznější individuální změny lze pozorovat až v období puberty. V této fázi ontogeneze dochází k růstovému skoku (PHV- peak height velocity) a biologickému zrání a v souvislosti s tím i ke změně zastoupení komponent (Riegerová, 1994). Proto je kategorizace podle Chytráčkové (viz dále) platná pouze pro děti, které ještě nepřekonaly pubertu (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Kategorizací somatotypů dětí podle motorické výkonnosti se věnovali Štěpnička (1977), který stanovil 4 základní kategorie, a Chytráčková (1990), která člení somatotypy dětí do 5 kategorií – A, B, C, D, E (obr. 6) (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Kategorie A: Zde se nachází děti s endomorfní komponentou 2,5 – 4,5, mezomorfní složka má 3 a více bodů. Mají vysoký předpoklad k projevům absolutní síly, ale v rychlostních, vytrvalostních a obratnostních činnostech se projeví jako podprůměrné nebo průměrné. V této kategorii najdeme s vyšší frekvencí dívky, které již překonaly růstový skok (PHV- peak height velocity). To je způsobeno geneticky danou vyšší hodnotou endomorfní složky u žen (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

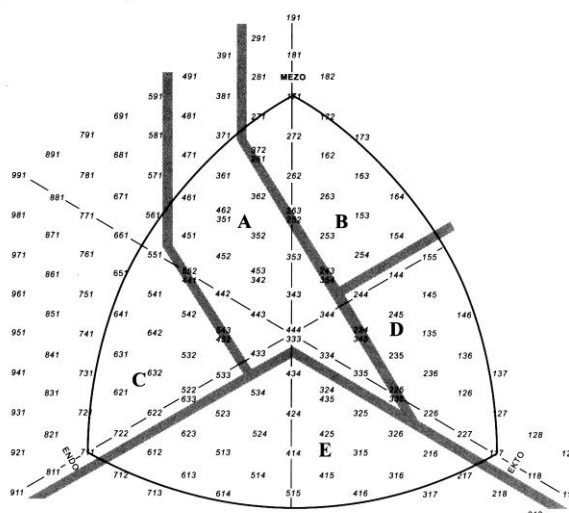
Kategorie B: Patří sem děti s převažující mezomorfní komponentou. Endomorfní složka nepřekračuje 2 body. Tyto děti mají výborné somatické předpoklady k pohybovým činnostem a jeví se jako nejvšetrannější (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Kategorie C zahrnuje děti s nejmenším fyzickým výkonem. Dominuje endomorfní komponenta s hodnotou 5 a více. Jedná se o děti obézní, které většinou nemají motivaci k pohybu a tudíž je u nich pohybová aktivity velmi nízká (Riegerová, 1994).

Kategorie D: Děti spadají do kategorie ektomorfů, což jim dává předpoklad především pro vytrvalost. Výkony v rychlostních činnostech jsou průměrné. Vyskytuje se u nich nebezpečí vadného držení těla (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Kategorie E: V této kategorii najdeme nejnižší hodnoty mezomorfní komponenty. Díky tomu děti patřící do této kategorie dosahují nízkých výkonů. Frekvence výskytu této kategorie je však v dětské populaci velmi nízká (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Obr.6: Kategorie motorické výkonnosti pro děti do puberty (Chytráčková 1990)



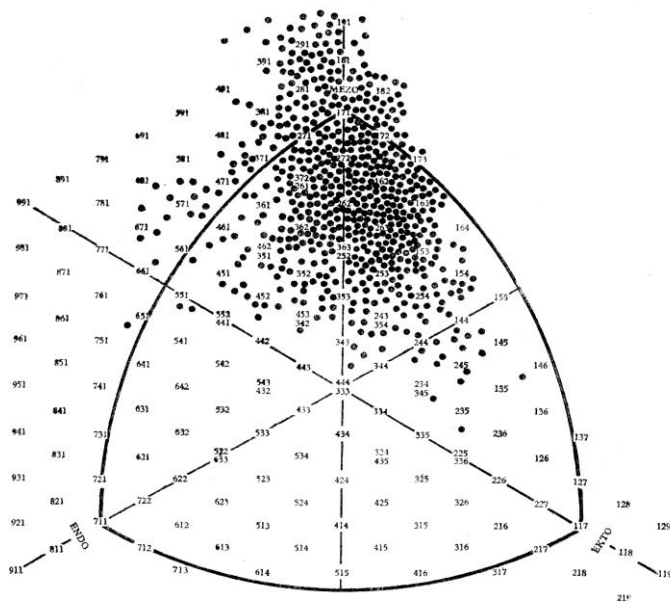
Zdroj: Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006, str. 77

2.5. Vliv somatotypu na sportovní výkon

Somatotyp je asi ze 70 % dán geneticky a do určité míry je ovlivnitelný zejména sportem a správnou výživou, přičemž nejvíce ovlivnitelnou složkou je endomorfie (Riegerová, 1994). Somatotyp je jedním z důležitých faktorů (ne však rozhodující), které ovlivňují výkonnost sportovce. Spolu s tělesnou výškou může být chápán jako předpoklad pro speciální sportovní výkonnost (Štěpnička, 1972). Určení tělesného typu proto může napomoci ke vhodné volbě sportu. Endomorf se díky masivnímu svalstvu a silné kostře hodí spíše na silové sporty. Svalovou hmotu nabírá snadno ale s poměrně velkým množstvím tuku. Naprosto nevhodný je jakýkoliv vytrvalostní sport. Veliké problémy jim dělá aerobní aktivita z důvodu jejich vysoké tělesné hmotnosti.. Mají také největší problémy s testy motorického nadání proti ektomorfům a mezomorfům. Typickým sportem pro endomorfy je např. vzpírání. Mezomorfové snadno přibírají svalovou hmotu s malým podílem tuku, a proto jsou pro ně nejlepší silové sporty. Vytrvalost jim činí značné problémy. Mezomorfy můžeme najít např. v kulturistice nebo mezi sprintery. Ektomorf je přímý opak endomorfa. Tento typ se vyžívá ve vytrvalostních sportech, kde je potřeba velké aerobní aktivity. Silové sporty jsou pro tento typ nevhodné. Uplatnění nachází např. v bězích na dlouhou trať, v maratónech.

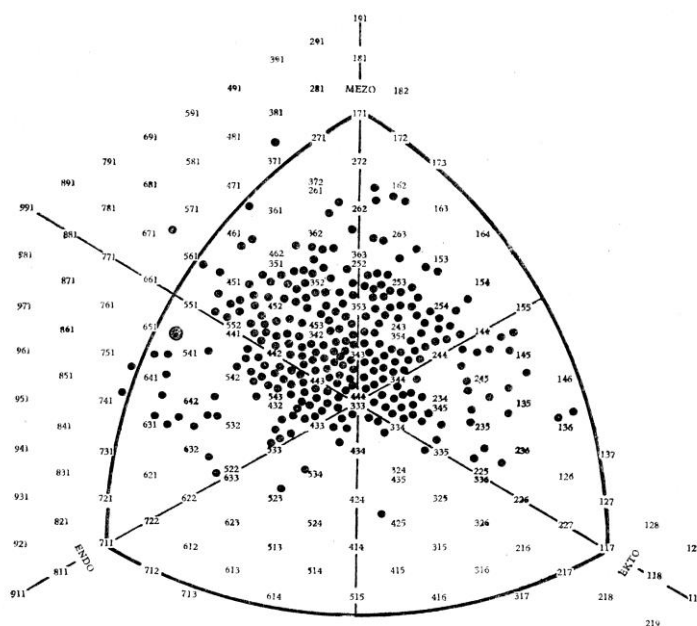
Obecně lze říci, že somatotyp sportovců se nachází v kategorii mezomorfní (obr. 7), somatotyp nesportovců je rozmístěn kolem středu somatografu (obr. 8) a somatotypy žen jsou většinou v kategorii endomorfní (obr. 9), což souvisí s geneticky daným větším množstvím tuku. Odlišnostmi mezi somatotypy sportovců různých sportovních disciplín se budu zabývat v kapitole 4.4.

Obr.7: Somatograf československých vrcholových sportovců, n = 604 (sportovní gymnastika, vzpírání, kulturistika, lyžování, běh, kopaná, odbíjená, košíková, házená, LA-sprinty, LA-vrhy, LA-výška, LA-dálka)



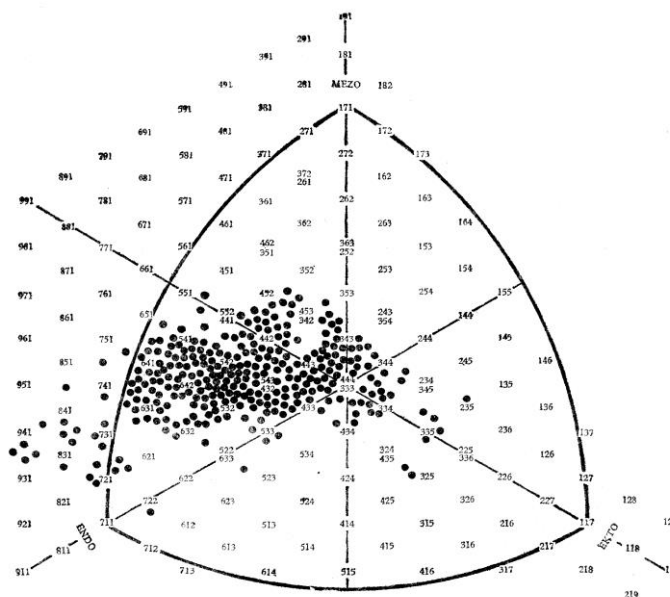
Zdroj: Čelikovský, 1990, str. 238

Obr. 8: Somatograf československých vysokoškoláků (průměrní cvičenci), n = 267



Zdroj: Čelikovský, 1990, str. 239

Obr. 9: Somatograf československých vysokošolaček (průměrné cvičenky), n = 290



Zdroj: Čelikovský, 1990, str. 240

2.6. Význam stanovení somatotypu

Význam určení somatotypu netkví pouze ve výběru vhodného sportu ale následně i ve výběru vhodného typu tréninku, tréninkové zátěže, dávkování tréninků apod. Každý tělesný typ vyžaduje jiný přístup k výživě a jinak reaguje na pohyb. Proto nachází typologie své uplatnění i ve zdravotní tělesné výchově.

3. Indexy tělesné hmotnosti

K hodnocení optimální hmotnosti bylo vypracováno mnoho postupů. Některé vztahují pouze hmotnost k výšce, jiné do tohoto vztahu přidávají i další ukazatele např. obvod hrudníku. Mezi hmotnostně-výškové indexy patří např. index Brocův, Queteletův, Quetelet-Bouchardův, Kaupův, Rohrerův index tělesné plnosti a další. Mezi širokou veřejností je velice rozšířen Queteletův index – BMI, kterému věnuji další kapitolu.

3.1. BMI

BMI je zkratka z Body Mass Index. Hodnota BMI je dána poměrem hmotnosti v kg ku druhé mocnině výšky v m. Porovnáním s tabulkou standardních hodnot (obr. 10) pak zjistíme, do jaké kategorie spadáme. Tento index patří v celosvětovém měřítku k nejpoužívanějším.

Mezi veřejností je znám především jako indikátor množství tuku tj. nadváhy a obezity, ale stejně dobře z něho lze zjistit podvýživu. Velice často je využíván i při zdravotních vyšetřeních díky jeho jednoduchosti a časové nenáročnosti.

Obr. 10: Kategorizace BMI pro dospělé

Kategorie	BMI
podváha	méně než 18,5
normální váha	18,5 - 24,9
nadváha	25,0 - 29,9
obezita 1. stupně	30,0 - 34,9
obezita 2. stupně	35,0 - 39,9
obezita 3. stupně	40 a více

Zdroj: <http://www.vypocet.cz/>, upraveno

Samozřejmě, že použití BMI má svá omezení:

- BMI je nespolehlivé v kategorizaci dětí a adolescentů. Je to z toho důvodu, že jejich tělo se vyvíjí a v průběhu ontogeneze existují období, kdy organismus roste převážně do výšky, a v jiném období naopak dochází k mohutnění organismu ve smyslu přibírání svalové hmoty, tuku a růstu vnitřních orgánů. Proto není možné porovnávat hodnoty BMI dětí a adolescentů s tabulkou hodnot pro dospělé (20 let a více) (<http://www.cdc.gov>). Pro dětskou a adolescentní populaci byly vytvořeny speciální percentilové grafy zpracované na základě rozsáhlých antropologických šetřeních.
- Vliv na hodnotu BMI má proporcionalita těla např. relativní délka nohou.
- BMI nebere ohled na tělesné složení tzn. na zastoupení tukuprosté a tukové hmoty. Proto není možné používat BMI u vrcholových sportovců nebo obecně u jedinců s vysokou pohybovou aktivitou. Vlivem fyzické zátěže dochází k rozvoji tukuprosté hmoty a tudíž se zvýší i celková hmotnost jedince. Vezmeme-li si např. kulturistu A. Schwarzeneggera a spočítáme BMI podle údajů, které uvedl na vrcholu své kariéry, dostaneme: $104 \text{ kg} / 1,85^2 \text{ m} = 30,39$. Z tabulky hodnot BMI zjistíme, že trpí obezitou 1. stupně, což samozřejmě neodpovídá realitě.

Z výše zmíněných důvodů je nutné si uvědomit, že pomocí BMI můžeme zjistit množství tělesného tuku pouze orientačně a to s různou spolehlivostí u různých skupin jedinců. Nejvyšší spolehlivosti dosáhneme u jedinců s průměrnými vlastnostmi.

Pokud budeme vycházet ze závislosti množství tuku na pohlaví a na věku, můžeme si vyvodit následující (<http://www.cdc.gov>):

- jestliže dojdeme ke stejné hodnotě BMI u muže a u ženy, žena bude mít vyšší podíl tuku než muž
- jestliže dojdeme ke stejné hodnotě BMI u staršího a mladšího jedince, starší jedinec bude mít více tělesného tuku než mladší

(platí za předpokladu, že se jedná o jedince s průměrné populace)

4. Tuk a sport

Tuk je nepostradatelnou a velice proměnlivou složkou těla. Každý z nás potřebuje určité množství tuku pro správnou funkci organismu. Lipidy obsahuje každá buněčná membrána, jsou součástí mozku a nervových vláken a tvoří základ steroidních hormonů. Slouží i jako rozpouštědlo pro některé vitamíny. Tuky mají funkci mechanické a tepelné ochrany. Například ledviny jsou obaleny tukem, který svou pružností brání mechanickému poškození ledvin. Podkožní tuk jako tepelný izolant brání nadbytečnému úniku tepla z těla. Pokud má ale tělo více tuku než potřebuje, stává se přítěží a snižuje výkonnost jedince. Vysoký podíl tuku je spojen s obezitou a tím i s dalšími zdravotními problémy jako např. přetěžované klouby, vyšší riziko kardiovaskulárních nemocí, diabetes typu II. apod.

Procento tukové tkáně v těle závisí na mnoha faktorech. Jedním z nich je pohlaví. Ženy mají větší sklon k ukládání tuku (18-30 % celkové hmotnosti) než muži (10-25 % celkové hmotnosti) (Krch, 1999). Liší se i místo uložení – u žen se tuk ukládá především na bocích a stehnech, u mužů na hrudníku a břiše. Množství tuku se také mění během ontogeneze – s rostoucím věkem podíl tuku stoupá. Mezi vnější ovlivnitelné faktory patří výživa a pohybová aktivita. A právě proto platí, že procentu tuku u sportovců je obecně menší než u normální populace. V následujících kapitolách se pokusím vysvětlit, proč fyzická zátěž tolik ovlivňuje podíl tuku.

4.1. Energetická bilance

Množství tuku v těle, míra jeho ukládání nebo spalování závisí na energetické bilanci organismu. Jestli se bude tuk respektive energie ukládat nebo naopak spalovat, můžeme vypočítat podle energetické bilanční rovnice, ve které odečítáme energetický výdej od energetického příjmu. Energetická rovnováha nastane v okamžiku, kdy se příjem energie bude

rovnat výdeji. Jestliže dojde k převýšení energetického příjmu nad výdejem, mluvíme o pozitivní energetické bilanci. Pokud tento stav přetrvá delší dobu, dojde k ukládání energie ve formě tuku. Negativní energetická bilance nastane v případě vyššího výdeje energie nad příjmem a způsobí úbytek tuku. Negativní energetické bilance lze dosáhnout fyzickou aktivitou.

Pro zachování energetické rovnováhy je tělo vybaveno mnoha regulačními mechanismy. Obecně jsou nastaveny tak, aby tělo chránilo před nedostatkem energie, tudíž jsou citlivější na energetický výdej než na energetický příjem. Tento jev je zřejmě důsledkem toho, že člověk se ve své evoluci častěji setkával s nedostatkem potravy než s jejím přebytkem (Krch, 1999). Regulační mechanismy jsou schopné udržet energetickou bilanci i během krátkodobých výkyvů v příjmu či výdeji energie. Avšak při výrazných dlouhodobých výkyvech dojde k jejich rozladění (Fořt, 2002), což s sebou většinou nese změnu tělesné hmotnosti. Regulační procesy probíhající na úrovni buněk lze ovlivňovat např. zvýšenou pohybovou aktivitou. Díky zvýšené námaže je metabolismus tukové tkáně a metabolismus tuků ve svalch nucen přizpůsobit se nově nastalým podmínkám, aby byla v těle udržena homeostáze. Díky tomu dojde ke změně nastavení regulačních procesů na jinou úroveň. Experimentálně byl zjištěn odlišný metabolismus tukové tkáně u krys v závislosti na fyzické zátěži. Tuková tkáň krys, které byly přizpůsobené na vyšší fyzickou zátěž, uvolňovala více neesterifikovaných mastných kyselin (NEMK) (jakožto metabolického substrátu pro získání energie) v porovnání s pohybově omezenými zvířaty (Pařízková, 1977) a to i v době pohybového klidu. Na základě tohoto výzkumu lze tvrdit, že zvýšená tělesná aktivita změní metabolismus buněk ve smyslu vyšší aktivity a rychlejšího obratu.

4.2. Zdroj energie pro různé typy zátěže

Rozdíl mezi sportovcem a nespportovcem tedy najdeme v metabolismu buněk. Odlišnost mezi sportovci různých sportovních disciplín můžeme zjistit ve zdroji energie pro jejich výkon.

Téměř veškeré činnosti v našem organismu vyžadují energii. Buňky využívají energii ve formě ATP (adenosintrifosfát). ATP se získává oxidací glukózy nebo oxidací mastných kyselin. Glukóza i mastné kyseliny se vyskytují volně v krvi. Jsou to zdroje energie, které jsou v případě potřeby okamžitě k dispozici, tzv. pohotovostní zdroje. Glukóza je využita při krátkodobém a intenzivním výkonu, kdežto mastné kyseliny se uplatní při výkonu o nižší intenzitě ale s delší dobou trvání. Zásobními formami glukózy a mastných kyselin jsou glykogen a tuk. Glykogen je ve větší míře uložen ve svalch a v játrech. Pokud klesne hladina

glukózi v krvi, začne se vytvářet z jaterního glykogenu, dokud se hladina opět nevrátí do normálu. Tuk jako energetická rezerva je uložen v adipocytech (tukových buňkách), v menší míře přímo ve svalech. energii uloženou v tuku začne tělo využívat při dlouhodobém výkonu.

4.2.1. Zdroj energie ve vztahu ke kyslíku

Jak jsem uvedla výše, tělo získává energii jak z oxidace cukrů tak z oxidace mastných kyselin. Jakou variantu zvolí, závisí na typu zátěže potažmo na množství kyslíku, které má k dispozici. K oxidaci glukózy je zapotřebí menší množství kyslíku než při oxidaci mastných kyselin. Pokud bude tělo mít kyslíku relativní nedostatek (při intenzivní krátkodobé zátěži), bude oxidovat glukózu. Byla zjištěna i negativní závislost mezi množstvím mastných kyselin a kyseliny mléčné, která vzniká při anaerobních aktivitách. To znamená, že za nedostatku kyslíku je oxidace mastných kyselin tlumena (Pařízková, 1977). Aby byly oxidovány mastné kyseliny, musí být zajištěn dostatečný přísun kyslíku (dlouhodobá zátěž o nízké intenzitě). Glukóza je v tomto případě využita jako zdroj energie pro centrální nervovou soustavu. Energie mastných kyselin a tuku je tudíž využívána při aerobní neboli vytrvalostních aktivitách.

Zjednodušeně řečeno - jestliže naše tělo vystavíme intenzivní krátkodobé zátěži, dojde k anaerobnímu štěpení glukózy za vzniku kyseliny mléčné, která nám zpětně negativně ovlivňuje funkčnost svalu. Tento zdroj energie využívají např. sprinteři. Pro vytrvalce jsou zdrojem energie mastné kyseliny, pro jejichž oxidaci je zapotřebí velkého množství kyslíku. Proto vytrvalostní výkony úzce souvisí s velikostí aerobní kapacity.

4.3. **Vliv tuku na výkonnost v různých sportech**

Tuková složka těla je brána jako brzdící faktor výkonnosti sportovce. Tudíž by se zdálo být logické, že u každého sportu je nutné, aby dotyčný sportovec měl co nejmenší podíl tuku. To ovšem není pravda. Jsou samozřejmě sporty, kde tuk zabraňuje podání lepšího výkonu, ale naopak můžeme najít takové sportovní disciplíny, kde vyšší podíl tuku příliš nevadí. Vše závisí na charakteru výkonu. Obecně platí, že u sportovců, kteří musí přenášet vlastní váhu těla, najdeme nejmenší množství tuku na kilogram svalové hmoty (Pařízková, 1977). K těmto sportovcům patří gymnasti, zápasníci, vytrvalci. Hokejisti či běžci na lyžích také manipulují se svojí váhou, ale v jejich případě se uplatní spíše funkční faktory jako jsou např. aerobní kapacita. Ke sportům, kde vyšší procentu tuku nevadí, patří vzpírání a plavání. Vzpírání je zástupce statického sportu, u kterého větší množství tukové tkáně nehraje ve

výkonu zásadní roli. V případě plavců, u kterých bylo zjištěno vůbec největší procentu tuku, je důvod odlišný. Musíme vyjít z faktu, že plavci se během svého sportovního výkonu pohybují v odlišném prostředí než předešní sportovci. Tuková složka ovlivňuje jejich výkon pozitivně. Tuk má menší hustotu než voda a tudíž plavce nadnáší. Navíc se zde uplatňuje vlastnost tuku jako tepelného izolantu – zabraňuje nadměrné ztrátě tepla, tudíž šetří plavcovu energii (Pařízková, 1977).

4.4. Somatotypy vrcholových sportovců

Mezi tělesnou stavbou sportovců různých druhů sportu najdeme rozdíly. Jednotlivá sportovní odvětví mají odlišné nároky na morfologické a funkční charakteristiky jedince a v důsledku toho pak můžeme pozorovat specifické odlišnosti mezi sportovci různých druhů sportů. Naopak v rámci jednoho sportu můžeme zaznamenat podobnost vlastností sportovců. Větší odchylky v těchto vlastnostech najdeme na nižší výkonnostní úrovni. Ve vrcholovém sportu se odchylky minimalizují, protože sportovci se se svými vlastnostmi blíží optimu, které je typické pro dané sportovní odvětví. Existují sporty, které mají velice specifické nároky na tělesnou stavbu (gymnasté), a naopak jsou i taková sportovní odvětví, kde je veliká variabilita somatotypů (basketbalisté).

Na základě výsledků z výzkumu somatotypů československých vrcholových sportovců (Štepnička, 1972) a ze studie prováděné na olympijských atletech (Carter, 1974) jsem popsala výskyt jednotlivých komponent somatotypu u různých druhů sportu (obr.11).

Silové sporty

U této skupiny sportů převládá mezomorfní složka. Nejvyšší zastoupení mezomorfní složky (nejen v této skupině ale i mezi všemi ostatními hodnocenými sporty) najdeme u kulturistů. Gymnasti a vzpěrači mají mezomorfní komponentu také vysokou, ale u vzpěračů najdeme vysoký podíl i endomorfní složky. Do této skupiny patří ještě vrhači, kteří jsou typickými endomorfními mezomorfy.

Sportovní hry

Somatotypy byly sledovány u házenkářů, fotbalistů, basketbalistů a volejbalistů. Fotbalisté mají poměrně vysokou endomorfní složku. Zastoupení endomorfní a ektomorfní komponenty je vyrovnané. U hráčů házené byl zjištěn podobný somatotyp jako u fotbalistů s tím rozdílem, že házenkáři mají vyšší ektomorfní složku na úkor mezomorfní. Hráči volejbalu mají vysokou mezomorfní komponentu a zároveň mají v průměru dosti vysokou

postavu. Tato kombinace se v populaci příliš často nevyskytuje. Ale najdeme mezi nimi i hráče s odlišnými somatotypy. Basketbalisté jsou velice různorodou skupinou. Vyskytují se zde mezomorfové, ektomorfové i průměrné typy. Je možné, že různé funkce v týmu jsou spojeny s odlišným somatotypem.

Lehká atletika

Do této skupiny jsem zařadila sprinterů, výškaře, dálkaře a trojskokany. U sprinterů a výškařů se vyskytují dva typy – ektomorfové a mezomorfové. Endomorfní komponenta je velice nízká. Dálkaři a trojskokani jsou velice podobní mezomorfním sprinterům, ale ani ektomorfové nejsou výjimkou.

Sporty s potřebou vysoké aerobní aktivity

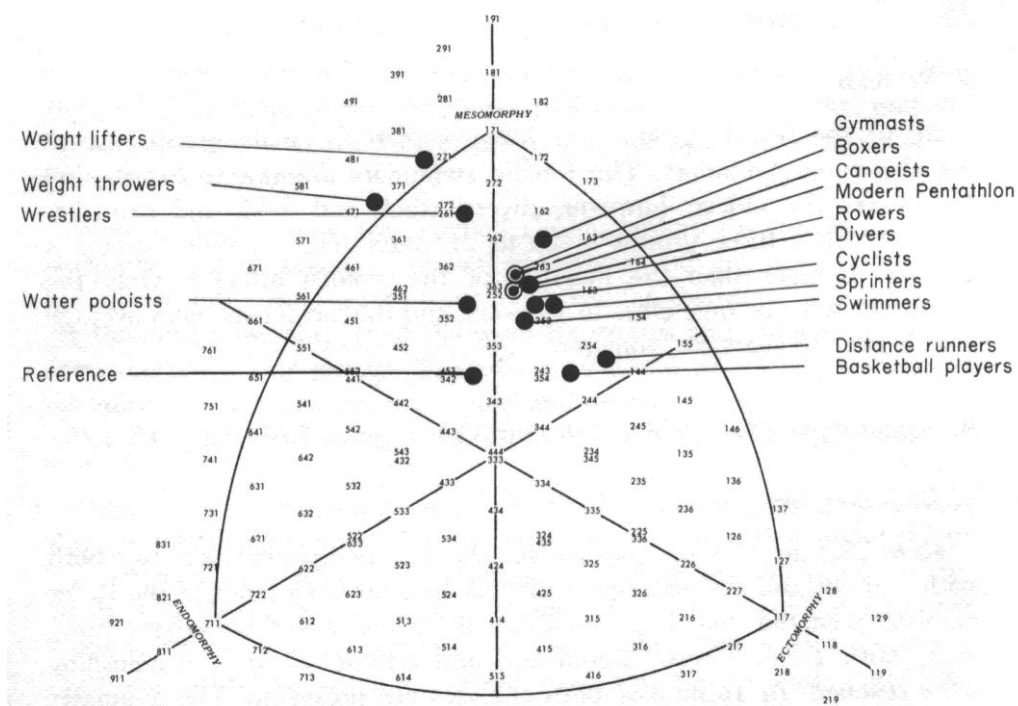
Tato skupina obsahuje běžce na lyžích, běžce na dlouhé tratě, plavce a cyklisty. Běžci na lyžích se vyznačují vysokou mezomorfní a velice nízkou endomorfní komponentou. Běžci na dlouhé tratě patří spíše mezi ektomorfy. Vysoké zastoupení mezomorfní a endomorfní složky najdeme u plavců. Mezi cyklisty najdeme nízké hodnoty endomorfní komponenty a poměrně velké odlišnosti v kombinaci mezomorfní a ektomorfní komponenty. Mezi cyklisty je mnoho mezomorfů a ektomorfních mezomorfů.

Sport, který jsem nezařadila ani do jedné skupiny, je box. U boxu se somatotypy různí podle hmotnostní kategorie. Výzkumem bylo prokázáno, že s rostoucí vahou roste zastoupení mezomorfní a endomorfní složky, zatímco ektomorfní komponenta klesá.

Na základě výzkumů byly vysledovány zajímavé skutečnosti (Štěpnička, 1972):

- z hlediska somatotypu jsou nejhomogennějšími silové sporty
- vysokou mezomorfní složkou překvapili fotbalisti a běžci na lyžích
- volejbalisté jsou specifického somatotypu (vysoká postava s mohutným svalstvem), který není v populaci příliš obvyklý
- u basketbalistů, výškařů a sprinterů není základní somatotyp jeden ale dva - typ více ektomorfní a typ více mezomorfní

Obr.11: Rozmístění somatotypů sportovců vybraných druhů sportu a referenční skupiny.



Zdroj: Carter, 1974, str. 55

Závěr

Tuk je pro naše tělo naprosto nepostradatelný, ale pokud jeho množství překročí určitou hranici, stane se přítěží. Mnoho lidí si myslí, že tuk je pro sportovce pouze omezujícím faktorem. To však není pravda. Tuková složka u některých sportů nejen že neomezuje kvalitu výkonu, ale dokonce v něm pomáhá (např. plavání). Vše závisí na charakteru prováděného výkonu. Platí však, že pokud sportovec musí přenášet váhu svého těla, je tuková složka brzdícím faktorem výkonnosti.

Pokud se sportovec věnuje nějakému sportu dlouhodobě, nastane u něj adaptace na daný sport – somatická i funkční. To znamená, že každý sport rozvíjí určité vlastnosti a schopnosti více než ostatní, a proto dochází k viditelným rozdílům mezi sportovci různých druhů sportu. Tuto sportovní diferenciaci ovlivňuje kromě specifické zátěže i somatotyp sportovce, který je předpokladem pro specifický sportovní výkon. Různé sporty mají různě široká spektra somatotypů v závislosti na míře specifčnosti daného sportu.

I když je množství tuku mezi sportovci různých sportů rozdílné, obecně mají menší podíl tukové složky než nesportující jedinci (nepočítáme-li zápasníky sumo). Tuková tkáň totiž reaguje na fyzickou zátěž zvýšením metabolismu a celkového obrátu. I ve stavu bez zátěže uvolňuje více substrátu pro získání energie (ATP), tzn. že sportovci mají metabolismus nastaven na jinou úroveň, která je pro ukládání tuku méně vyhovující než úroveň u nesportujících jedinců.

Pro zjištění podílu tuku resp. tělesného složení existuje řada metod. Samozřejmě každá z nich má své výhody a nevýhody. Některé jsou levné, rychle proveditelné i v terénních podmínkách. Většinou je tomu tak na úkor větší nepřesnosti. Jiné jsou naopak velice přesné, ale za to mohou být časově, technicky nebo finančně náročné. Použití některých postupů je nevhodné nebo přinejmenším nepohodlné pro určité skupiny jedinců. U některých metod můžeme mluvit i o zdravotních rizicích. Zvolení vhodné metody tedy není snadné.

V populaci je nejpoužívanější metoda na zjištění přiměřené váhy potažmo množství tuku výpočet BMI. Hodnota BMI však koreluje s množstvím tuku pouze u průměrné populace bez fyzické námahy. Nerozlišuje totiž tělesné složení, řídí se pouze zvýšením či snížením tělesné hmotnosti. Z tohoto důvodu není BMI vhodným ukazatelem pro sportovce, u kterých může být nárůst hmotnosti způsoben zvýšením podílu tukoprosté hmoty.

Seznam obrázků a tabulek

- 1.obr.: Pětistupňový model tělesného složení člověka (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006)
- 2.obr.: Fantomové hodnoty a směrodatné odchylky charakteristik (Bláha, 1990)
- 3.obr.: Lokalizace a průběh kožních řas (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006)
- 4.obr.: Protokol pro stanovení somatotypu podle metody Heath – Carter (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006)
- 5.obr.: Somatograf - rozmístění somatotypů v grafu podle metody Heath - Carter (Čelikovský, 1990)
- 6.obr.: Kategorie motorické výkonnosti pro děti do puberty (Chytráčková 1990) (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006)
- 7.obr.: Somatograf československých vrcholových sportovců, n = 604 (sportovní gymnastika, vzpírání, kulturistika, lyžování, běh, kopaná, odbíjená, košíková, házená, LA-sprinty, LA-vrhy, LA-výška, LA-dálka) (Čelikovský, 1990)
- 8.obr.: Somatograf československých vysokoškoláků (průměrní cvičenci), n = 267 (Čelikovský, 1990)
- 9.obr.: Somatograf československých vysokoškolaček (průměrné cvičenky), n = 290 (Čelikovský, 1990)
- 10.obr.: Kategorizace BMI pro dospělé (<http://www.vypocet.cz/>)
- 11.obr.: Rozmístění somatotypů sportovců vybraných druhů sportu a referenční skupiny (Carter, 1974)

Seznam použité literatury

- BLÁHA, P. et al.: *Antropometrie českých předškolních dětí ve věku od 3 do 7 let*. Díl I., Praha: Ústav sportovní medicíny, 1990, 72 str.
- BLÁHA, P., VANČATA, V.: *Dr. Aleš Hrdlička a antropologie v roce 1993*. Praha: Česká společnost antropologická, 1993, 274 str.
- BRAY, J.J. a kol.: *Lecture Notes on Human Physiology*. 2. vyd., Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1989, 669 str.
- BROŽEK, J.: *Body measurements and human nutrition*. Detroit: Wayne University Press, 1956, 167 str.
- CARTER, J.E.L.: *The Heath-Carter Somatotype method*. San Diego, California: San Diego State University, 1975
- CARTER, J.E.L., GARAY, A.L., LEVINE, L.: *Genetic and anthropological studies of olympic athletes*. New York: Academic Press, 1974, 236 str.
- CLARKOVÁ, N.: *Sportovní výživa: pro pěknou postavu, dobrou kondici, výkonnostní trénink*. 1. vyd., Praha: Grada, 2000, 272 str.
- ČELIKOVSKÝ, S. a kol.: *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. 3. vyd., Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990, 288 str.
- FOŘT, P.: *Sport a správná výživa*. 1. vyd., Praha: Ikar, 2002, 352 str.
- GARN, S.M., LEONARD, W.R.HAWTHORNE, V.M.: *Three limitations of body mass index*. American Journal of Clinical Nutrition 1986, Vol. 44, str. 996-997
- HÁJEK, J.: *Antropomotorika*. Praha: Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta, 2001, 96 str.
- HEATH, B.H., CARTER, J.E.L.: *A Modified somatotype Method*. Am. J. Physical Anthropology, July 1967, str. 57-74
- HEJDA, S. a kol.: *Výživa a zdravotní stav člověka*. Praha: Avicem, 1987, 196 str.
- JÉQUIER, E.: *Pathways to obesity*. International Journal of Obesity 2002, Vol. 26, str. S12-S17
- KRCH, D.F. a kol.: *Poruchy příjmu potravy*. 1 vyd., Praha: Grada, 1999, 240 str.
- PAŘÍZKOVÁ, J.: *Body Fat and Physical Fitness: Body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity*. Hague: Martinus Nijhoff, 1977, 279 str.
- REVICKI, D.A., ISRAEL, R.G.: *Relationship between Body Mass Indices and measures of body adiposity*. American Journal of Public Health 1986, Vol. 76, str. 992-994

- RIEGEROVÁ, J.: *Studium změn somatotypu dětí v období puberty (longitudiální sledování)*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 1994, 89 str.
- RIEGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M., ULBRICHOVÁ, M.: *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: HANEX, 2006, 262 str.
- RIEGEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, M.: *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. 1. vyd., Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1993, 191 str.
- SELIGER, V., CHOUTKA, M.: *Fyziologie sportovní výkonnosti*. 1. vyd., Praha: Olympia, 1982, 120 str.
- ŠTĚPNIČKA, J.: *Typologická a motorická charakteristika sportovců a studentů vysokých škol*. Praha: Univerzita Karlova, 1972, 186 str.
- ŠTĚPNIČKY, J., CHYTRÁČKOVÁ, J., KASALICKÁ, V., KUBRYCHTOVÁ, I.: *Somatické předpoklady ke studiu tělesné výchovy*. Praha: Univerzita Karlova, 1979, 114 str.
- TROJAN, S. a kol.: *Lékařská fyziologie*. 4. vyd., Praha: Grada, 2003, 772 str.
- VIGNEROVÁ, J., BLÁHA, P.: *Sledování růstu českých dětí a dospívajících: Norma, vyhublost, obezita*. 1. vyd., Praha: Státní zdravotní ústav, 2001, 173 str.
- WOLFE, R.: *Metabolic interactions between glucose and fatty acids in humans*. American Journal of Clinical Nutrition 1998, Vol. 67, str. S519-S526

Internetové zdroje

- <http://home.pf.jcu.cz/~rvobr/somatotyp.htm> 31.3. 2008
- <http://nutrition.uvm.edu/bodycomp/tobec/> 11.4. 2008
- <http://obezita.org/?page=prednasky&menu=2> 11.4. 2008
- http://www.cdc.gov/nccdphp/dnpa/bmi/adult_BMI/about_adult_BMI.htm 12.4. 2008
- http://www.eamos.cz/amos/kat_tv/externi/antropomotorik/morfologicka_stavba/stranky/tel_slizeni.htm 31.3. 2008
- http://www.fsps.muni.cz/kapitolysportovnimediciny/19_3.php 7.4. 2008
- <http://www.kulturistika.net/arnold-schwarzenegger-dnes-slavi-60-narozneniny> 7.4. 2008
- <http://www.svet-cloveka.com/view.php?cislocianku=2005103101> 31.3. 2008
- http://www.vseokulturistice.cz/somatotypy-aneb-vase-telesna-stavba_232?c=1 31.3. 2008
- <http://www.vypocet.cz/bmi.php> 12.4. 2008