



Diplomová práce

Vztah mezi úrovní motorické kompetence a vybranými parametry tělesného složení u dětí mladšího školního věku

<i>Studijní program:</i>	N0114A300076 Učitelství pro 2. stupeň základních škol
<i>Studijní obory:</i>	Přírodopis Tělesná výchova
<i>Autor práce:</i>	Bc. Viola Hořínková
<i>Vedoucí práce:</i>	PhDr. Iva Šeflová, Ph.D. Katedra tělesné výchovy a sportu

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Vztah mezi úrovní motorické kompetence a vybranými parametry tělesného složení u dětí mladšího školního věku

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Viola Hořínková
<i>Osobní číslo:</i>	P22000683
<i>Studijní program:</i>	N0114A300076 Učitelství pro 2. stupeň základních škol
<i>Specializace:</i>	Přírodopis Tělesná výchova
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra tělesné výchovy a sportu
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše odborné literatury zaměřené na metody určování tělesného složení a motorické kompetence.
2. Vyhodnocení proměnných tělesného složení a motorické kompetence získaných u dětí mladšího školního věku.
3. Určení vztahů mezi výsledky motorické kompetence a vybraných parametrů tělesného složení.
4. Vyvození závěrů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

Jazyk práce:

tištěná/elektronická

čeština

Seznam odborné literatury:

1. JÜRIMÄE, T. a A.P. HILLS. 2001. *Body composition assessment in children and adolescents*. Basel: Karger. ISBN 3-8055-7131-3.
2. LACY, A.C. a S.M. WILLIAMS. 2018. *Measurement and evaluation in physical education and exercise science*. Eighth edition. London: Routledge, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-138-23234-1.
3. LOHMAN, T.H.a L.A. MILLIKEN. 2020. *ACSM's body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics. ISBN 978-1-4925-8675-3.
4. VIGNEROVÁ, J., RIEDLOVÁ, J., BLÁHA, P. et al. 2006. *6th Nation-wide anthropological survey of children and adolescents 2001: summary results*. Praha: SZU. ISBN 978-80-86561-30-1.

Vedoucí práce:

PhDr. Iva Šeflová, Ph.D.

Katedra tělesné výchovy a sportu

Datum zadání práce:

21. července 2023

Předpokládaný termín odevzdání: 21. července 2024

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.
děkan

L.S.

doc. PaedDr. Petr Urbánek, Dr.
garant studijního programu

V Liberci dne 21. července 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala PhDr. Ivě Šeflové, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, za podporu, důvěru, trpělivost a čas, který mi v průběhu psaní věnovala. Za cenné informace a rady, které mi poskytla, kdykoli jich bylo potřeba.

Anotace

Diplomová práce se zabývá vztahem tělesného složení a úrovní motorické kompetence. Data byla získána z testování, která proběhlo na běžných základních školách v Libereckém kraji. Cílovou skupinou měření byly děti ve věku od 6 do 10 let. K měření tělesného složení byl použit přístroj InBody (InBody Co., Ltd., Korea). K získání dat o motorické kompetenci byl použit Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT 2). Data byla následně vyhodnocena a byl zjišťován vztah mezi úrovní motorické kompetence a tělesným složením dětí.

Klíčová slova: tělesné složení, motorická kompetence, bioimpedance, BMI, tělesný tuk

Annotation

This thesis examines the correlation between body composition and motor competence levels. Data were collected through testing conducted in typical elementary schools within the Liberec region. The study targeted children aged 6 to 10 years. Body composition was measured using the InBody device (InBody Co., Ltd., Korea), while data on motor competence were gathered using the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT 2). Subsequent analysis revealed a relationship between motor competence levels and children's body composition.

Keywords: body composition, motor competence, bioimpedance, BMI, body fat

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Tělesné složení.....	10
3	Modely měření tělesného složení.....	12
3.1	Pětiúrovňový model tělesného složení	12
3.1.1	Atomový model.....	13
3.1.2	Molekulární model	13
3.1.3	Buněčný model.....	14
3.1.4	Tkáňový model.....	15
3.1.5	Celotělový model	15
3.1.6	Komponentové modely	16
3.1.7	Dvoukompartmentový model.....	16
3.1.8	Tříkompartmentový model.....	20
3.1.9	Čtyřkompartmentový model	21
4	Zobrazovací metody.....	24
4.1	Computed axial tomography	24
4.2	MRI (magnetická rezonance)	24
4.3	Magneticko-rezonanční spektroskopie (MRS).....	25
4.4	Pozitronová emisní tomografie (PET).....	25
4.5	Ultrazvuk	26
5	Možné hodnocené parametry u BIA	28
5.1	Celková tělesná voda, intracelulární a extracelulární voda	28
5.2	Celkový tělesný tuk a viscerální tuk.....	29
5.3	Tukoprostá hmota	33
5.4	Tělesná hmotnost.....	34
5.5	BMI.....	34
5.6	Kosterní svalovina	37
5.7	Kosti.....	38
6	Charakteristika mladšího školního věku.....	39
6.1	Psychomotorický vývoj	39
6.2	Somatický vývoj	40
7	Percentilové tabulky.....	44
8	Motorická kompetence.....	46
8.1	Vztah úrovně MC a somatických parametrů	47

8.2	Vývojová porucha koordinace (specifická vývojová porucha motorických funkcí = DCD) 49	
9	Metodika	51
9.1	Výzkumný soubor.....	51
9.2	Metodika měření	51
10	Výsledky a diskuze.....	55
10.1	Analýza somatických parametrů	55
10.1.1	Tělesná hmotnost.....	55
10.1.2	Tělesná výška	56
10.1.3	BMI	58
10.2	Analýza výsledků motorické kompetence	62
10.3	Analýza vztahů somatických a motorických proměnných	65
10.4	Odlehle hodnoty tělesného složení ve vztahu k úrovni motorické kompetence.....	71
10.4.1	Odlehle hodnoty BMI percentilů ve vztahu k úrovni motorické kompetence ...	71
10.4.2	Odlehle hodnoty %BF ve vztahu k úrovni motorické kompetence	73
11	Závěr.....	76
12	Zdroje	9

1 Úvod

Nadváha a obezita. S těmito pojmy se v současné době setkáváme stále častěji. Problematika nadměrné hmotnosti se týká všech věkových kategorií a představuje vážná zdravotní rizika. Jedním z hlavních důvodů tohoto trendu je změna životního stylu. Lidé mají obecně nedostatek fyzické aktivity a stále častěji pozorujeme tzv. sedavý způsob života. V kombinaci se špatnými stravovacími návyky dochází k nárůstu tělesné hmotnosti. Obvykle je nárůst hmotnosti v těchto případech doprovázen zvýšením množství tělesného tuku. Obzvlášť znepokojující je tento trend u dětí, protože obezita v dětském věku má dlouhodobé negativní dopady na jejich zdraví a celkový životní styl.

Pro sledování stavu tělesné hmotnosti se často využívá BMI (index tělesné hmotnosti). Hodnota BMI nám může poskytnout údaje o stavu tělesné hmotnosti, nebere však v úvahu tělesné složení jedince. BMI tedy může být nevyovídající o zdravotním stavu jedince (výsledky mohou být zkreslené například u sportovců s vyšším množstvím svalové hmoty). U dětí a adolescentů BMI není vhodným ukazatelem zdravotního stavu. Je nutné vypočítané BMI porovnat s percentilovými tabulkami pro dané pohlaví a věk. Abychom však lépe porozuměli zdravotnímu stavu jedince, je nutné bližší prozkoumání tělesného složení. Existuje mnoho metod, pomocí kterých můžeme zjistit jednotlivé parametry tělesného složení. Metodami měření tělesného složení se zabývá teoretická část diplomové práce. V této diplomové práci byla zvolena metoda BIA (bioelektrická impedance).

Existuje mnoho studií, které se zabývají vztahem mezi parametry tělesného složení dětí a úrovní jejich motorické kompetence. Cílem praktické části diplomové práce je zjistit, jestli vybrané parametry tělesného složení mají vliv na komponenty motorické kompetence. Úroveň motorické kompetence byla zjišťována pomocí testu BOT-2. Testování proběhlo na vybraných běžných základních školách v Libereckém kraji.

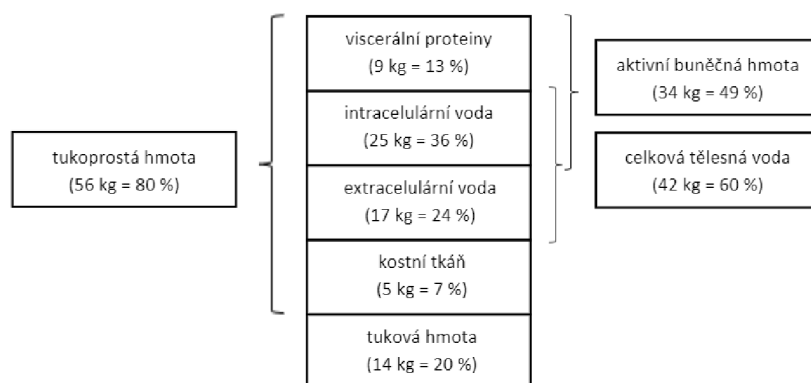
2 Tělesné složení

Tělesné složení a tělesný růst jsou klíčovými složkami zdraví jak jednotlivců, tak populací. Stále trvající epidemie obezity u dětí i dospělých zdůraznila význam měření a zjišťování množství tělesného tuku. Množství tělesného tuku má význam pro krátkodobé i dlouhodobé zdraví. Nicméně i další složky tělesného složení ovlivňují zdravotní stav jedince. Měření tělesného složení je tak stále více považováno za cennou metodu v klinické praxi. (Wells 2005)

Zatímco obezita a poruchy příjmu potravy jsou v současnosti definovány antropometrickými kritérii (hmotnost vzhledem k výšce, index tělesné hmotnosti), tyto proměnné mají špatnou senzitivitu pro sledování reakce na léčbu. Proto je vhodnější metodou měření tělesného složení, díky němuž by mohl být zlepšen management léčby. Tuk v těle a jeho distribuce slouží k obecnému monitoringu pacientů v souvislosti s etiologií kardiovaskulárních onemocnění, hypertenze a diabetu typu 2. Složení těla je stále více spojováno s klinickým průběhem a výsledkem onemocnění, včetně přežití v některých stavech nemoci. Měření svalové hmoty by mohlo zlepšit schopnost přizpůsobit výživu, léčbu a management metabolickým kritériím. (Wells a Fewtrell 2008)

Tělesné složení souvisí s několika chorobami, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, diabetes, nádory, osteoporóza a osteoartróza. Měření tělesného složení jsou užitečná při posuzování účinnosti výživových intervencí a sledování změn spojených s růstem a onemocněními. Změny v tělesném složení nastávají, když nastane nesoulad mezi příjmem živin a jejich potřebou. Změny tělesného složení se projevují například vyčerpáním a zpomalením tělesného růstu, pokud je výživový příjem nedostatečný. Naopak přejídání vede k obezitě. Existuje mnoho technik pro posouzení tělesného složení, které sahají od jednoduchých nepřímých měření až po sofistikovanější přímá objemová měření. Některé z dnes používaných metod zahrnují antropometrii, denzitometrii, dvoufotonovou absorpci rentgenového záření, plethysmografii vzduchového vypuzování a bioelektrickou impedanční analýzu. Metody se liší v přesnosti. (Kuriyan 2018)

Tělesné složení odráží nutriční příjmy, ztráty a výdaje v průběhu času. Na rozdíl od tělesné hmotnosti a BMI umožňují techniky měření tělesného složení měřit ztráty tkáně tím, že analyzují dva hlavní tělesné kompartmenty: FFM a FM. Některé techniky, jako například BIA, umožňují měření celkového tělesného vody. (Thibault et al. 2012)



Obrázek 1 - Průměrné hodnoty tělesných kompartmentů u zdravého lidského jedince s hmotností 70 kg. (Thibault, 2012)
přeloženo autorem

Tělesné složení je ovlivněno řadou faktorů. Mezi ně patří věk, pohlaví, genetika, etnicita, úroveň tělesné aktivity a další (například těhotenství a účinky hormonů). (Malá et al. 2014)

3 Modely měření tělesného složení

Vybrané modely tělesného složení budou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách.

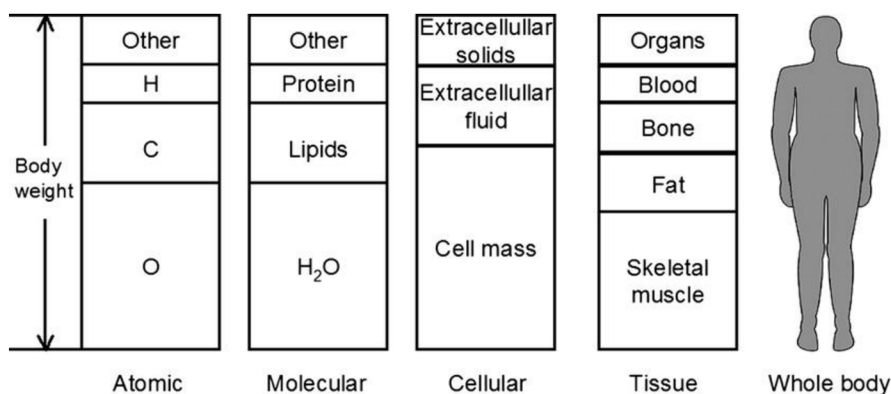
3.1 Pětiúrovňový model tělesného složení

Na lidské tělo můžeme pohlížet několika možnými způsoby. Jedním z nich je tzv. pětistupňový model organizace lidského těla. Model na stavbu těla pohlíží z pohledu atomového, molekulárního, buněčného a tkáňového. Pátým stupněm je pohled na celé tělo. (Wang et al. 1992)

Tabulka 1 - Přehled úrovní a modelů tělesného složení. (Heymsfield 2005) přeloženo autorem

Level	Model tělesného složení	Počet komponentů
Atomový	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
Molekulární	$BM = FM + TBW + T + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + M$	4
	$BM = FM + TBW + \text{netukové pevné látky}$	3
	$BM = FM + Mo + \text{reziduál}$	3
	$BM = FM + FFM$	2
Buněčný	$BM = \text{buňky} + ECF + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
Tkáňový-orgánový	$BW = AT + SM + \text{kosti} + \text{viscerální orgány} + \text{další tkáň}$	5
Celotělový	$BW = \text{hlava} + \text{trup} + \text{končetiny}$	3

Pozn.: AT – tuková hmota, BCM – celková buněčná hmota, BM - celková tělesná hmota, CHO – karbohydráty, ECF – extracelulární tekutina, ECS – extracelulární pevné látky, FFM – tukoprostá hmota, M – minerály, Ms – minerály měkkých tkání, SM – kosterní svalovina, TBPro – celkové množství proteinů v těle, TBW – celková tělesná voda. (Heymsfield 2005) – přeloženo autorem



Obrázek 2 - Úrovně tělesného složení. (Wang et al. 1992)

Všechny modely jsou blíže popsány v následujících kapitolách. Každý z modelů má využití v různých oborech. Například molekulární model se využívá v oboru výživy, protože jeho rovnice zahrnuje cukry (glukózu), tuky a bílkoviny. Tkáňový model se využívá ve sportu, jelikož se zaměřuje na množství tukové tkáně, kosterní svaloviny a kosterní hmoty. Celotělový model se využívá v epidemiologii díky často používanému Body Mass Indexu a měření tělesné výšky a hmotnosti. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

3.1.1 Atomový model

Atomový model je prvním stupněm organizace lidského těla a je založen na faktu, že tělo je složeno z 50 atomů nebo prvků. Model zahrnuje 11 atomů, které tvoří 99,5 % lidského těla. Mezi tyto atomy patří: kyslík (O), uhlík (C), vodík (H), dusík (N), vápník (Ca), fosfor (P), síra (S), draslík (K), sodík (Na), chlor (Cl) a hořčík (Mg). Zbylých 39 atomů tvoří pouze 0,2 % hmotnosti těla a atomový model je označuje jako reziduální hmotu (R). Tělesná hmotnost je tedy vyjádřena rovnicí (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná hmotnost} = \text{O} + \text{C} + \text{H} + \text{N} + \text{Ca} + \text{P} + \text{S} + \text{K} + \text{Na} + \text{Cl} + \text{Mg} + \text{R}$$

3.1.2 Molekulární model

Druhým stupněm organizace lidského těla je molekulární model. Jednotlivé atomy prvků se pomocí vazebných sil spojují v molekuly. Stejně jako atomový model, i molekulární model se zabývá molekulami tvořenými 11 hlavními prvky. Molekul, které atomy tvoří, je příliš mnoho na to, aby mohly být všechny změřeny. Pro usnadnění měření se seskupují podobné molekuly do skupin. Příkladem mohou být tuky. Tuky rozdělujeme do několika skupin podle složení jejich řetězce na: jednoduché tuky, složené tuky, steroidy, mastné kyseliny nebo terpeny. Dále je můžeme rozlišovat na esenciální a neesenciální. Měření je komplikováno tím, že každá skupina tuků je obsažena v různých strukturách na odlišných částech těla. Proto se molekuly rozdělují do velkých skupin podle jejich stavby a složení. Molekulární model pracuje se skupinami: tuky, voda, proteiny, minerály, glukóza a reziduální molekuly. Reziduální molekuly jsou všechny ostatní molekuly, které svojí stavbou nespádají ani do jedné ze zmíněných skupin. Tělesná váha je vyjádřena rovnicí (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná hmotnost} = \text{tuky} + \text{voda} + \text{proteiny} + \text{minerály} + \text{glukóza} + \text{reziduální molekuly}$$

3.1.3 Buněčný model

V předchozích kapitolách bylo zmíněno, že ionty tvoří molekuly. Molekuly se mohou dále seskupovat a tvoří buňky. Z důvodu velkého množství buněk není možné měřit každou buňku zvlášť, proto se buňky dělí do skupin podle jejich společných funkcí a znaků. Rozlišujeme buňky nervové, svalové, epitelové a pojivové. Mezi pojivové buňky řadíme krevní buňky, adipocyty a buňky kostí. Buněčný model pracuje také s množstvím extracelulární tekutiny (ECF) a extracelulárních pevných látek (ECS). Rovnice buněčného modelu je (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná hmotnost} = \text{buněčná hmota} + \text{ECF} + \text{ECS}$$

Buněčná hmota zahrnuje čtyři skupiny buněk (nervové, svalové, epitelové a pojivové). ECF zahrnuje množství plasmy a intersticiální tekutiny, ECS množství organických a anorganických pevných látek. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

Extracelulárními pevnými látkami rozumíme struktury tvořené uhlíkem a dalšími sloučeninami. Uhlík je hlavním stavebním materiálem organických sloučenin a struktur. Organické pevné látky se skládají z molekul, které drží při sobě pomocí van der Waalsových sil. (Godlewski a Obarowska 2013)

Protože neexistuje metoda, která by uměla změřit množství buněčné hmoty, výše zmíněná rovnice byla upravena tak, aby reflektovala komponenty, které se změřit dají (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná váha} = \text{tukové buňky} + \text{buněčná tělesná hmota} + \text{ECF} + \text{ECS}$$

Buněčná tělesná hmota (BCM) zahrnuje buňky, které se podílejí na energetickém metabolismu, což zahrnuje protoplasmu tukových buněk, ale ne v nich uložený triglycerid. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

Buněčnou tělesnou hmotu nemůžeme přímo změřit, ale může být odhadnuta podle rovnice kde TBK je celkové množství draslíku v těle (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{BCM} = 0,00833 \times \text{TBK}$$

3.1.4 Tkáňový model

Buňky jsou organizovány do větších komplexů – tvoří tkáně a orgány. Každý typ tkáně má svou funkci a podle nich rozdělujeme tkáně na: svalovou, pojivovou, epitelovou a nervovou. Kostní, tuková a svalová tkáň je důležitým ukazatelem pro zdravotní a wellness výzkum. Tyto tři tkáně dohromady tvoří okolo 75 % celkové tělesné váhy. Tkáňový model je charakterizován rovnicí (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná hmotnost} = \text{svalová tkáň} + \text{pojivová tkáň} + \text{epitelová tkáň} + \text{nervová tkáň}$$

Existuje i jiný tkáňový model, který zahrnuje devět hlavních systémů těla (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesná hmotnost} = \text{muskuloskeletární systém} + \text{kůže} + \text{nervový systém} + \text{oběhový systém} + \text{trávicí systém} + \text{vylučovací systém} + \text{endokrinní systém} + \text{rozmnožovací systém}$$

Zde je ale využití v praxi komplikované tím, že existuje málo metod, kterými se jednotlivé systémy dají změřit. Proto vznikl model, který jednotlivé skupiny spojil do větších skupin. Pro všechny vytvořené skupiny jsou dostupné měřicí metody. Rovnice je následovná (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\text{Tělesné složení} = \text{tuková tkáň} + \text{kosterní svalovina} + \text{kosti} + \text{krev} + \text{vnitřní orgány} + \text{residuální hmota}$$

Skupiny zmíněné v rovnici zahrnují 85 % celkové tělesné hmotnosti, zbývajících 15 % je zahrnuto v kategorii residuální hmoty. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

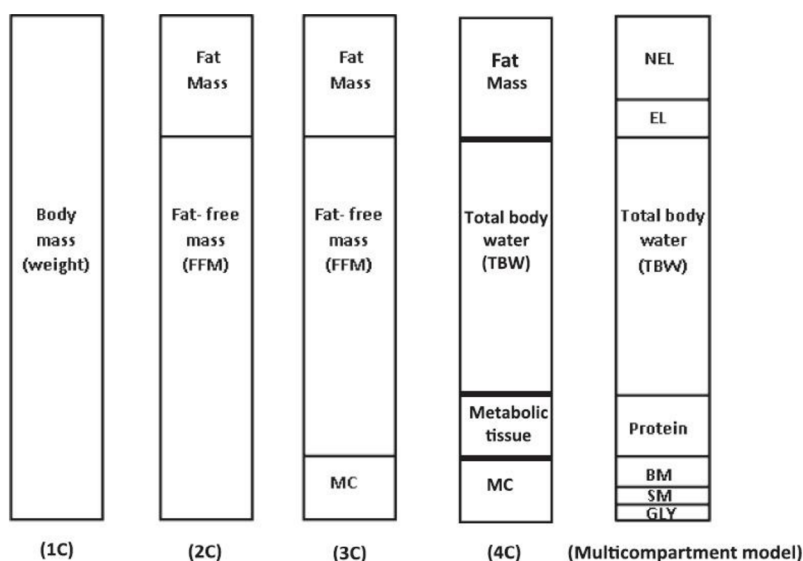
3.1.5 Celotělový model

Model zahrnuje měření, která popisují tělo jako celek. Lohman et al. (1988) v Antropometrickém standardizačním referenčním manuálu popisuje deset vnějších charakteristik: postavu, tělesnou hmotnost, BMI, délku segmentů těla, tělesné šířky, tělesné obvody, tloušťku kožních řas, povrch těla, hustotu těla a objem těla. Postava odráží velikost těla, která je využívána k charakteristice růstu u dětí. Tělesná váha je dalším nástrojem monitoringu tělesného růstu u dětí, u dospělých slouží k diagnostice podvýživy a nadváhy. BMI se využívá k diagnostice podvýživy a nadváhy jak u dětí, tak u dospělých. Pokud není dostupné měření FFM (fat free mass = tukoprostá hmota), využívá se ke zjištění bazálního metabolismu hodnota plochy těla. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

3.1.6 Komponentové modely

Multikomponentové modely jsou jednou z nejlepších referenčních metod pro odhad složení těla in vivo. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

Ke zjišťování tělesného složení se využívají také další metody: tří, čtyř a šesti komponentová hydrodensitometrická metoda, čtyř a šesti komponentová neutronová aktivační metoda, šestikomponentová metoda – celkové množství uhlíku, multikomponentová metoda – celkové množství proteinů. (Kuriyan 2018)



Obrázek 3 - Různé typy modelů tělesného složení. (Kuriyan 2018)

Pozn.: 1C – jednokompartmentový, 2C – dvoukompartmentový, 3C – tříkompartmentový, 4C – čtyřkompartmentový, MC – obsah minerálních látek, NEL – neesenciální lipidy, EL – esenciální lipidy, BM – kosterní minerály, SM – minerály měkkých tkání, GLY – glykogen. (Kuriyan 2018)

3.1.7 Dvoukompartmentový model

Dvoukompartmentový (2C) model tělesného složení rozděluje tělesnou hmotnost na tukovou (FM) a tukoprostou hmotu (FFM). FM je chemicky extrahovatelný tuk s předpokládanou hustotou $0,9007 \text{ g/cm}^3$, zatímco FFM má předpokládanou hustotu $1,1000 \text{ g/cm}^3$ a obsahuje 73,72 % vody. Mezi často používané metody založené na 2C modelu patří hydrodenzitometrie, plethysmografie (ADP) a hydrometrie. (Ellis 2000) (Kuriyan 2018)

3.1.7.1 Hydrodensitometrie

Hydrodensitometrie nebo také denzitometrie je jednou z metod určování tělesného složení. Metoda zahrnuje odhad tělesné hustoty. Metoda měří objem vody vytlačené tělem, které je plně ponořeno, a ve spojení s měřením zbytkového objemu plic může poskytnout přesný odhad objemu těla (BV), z něhož lze odhadnout tělesnou hustotu. Osoba s vyšším podílem svalové hmoty (FFM) bude vážit více ve vodě a bude mít nízký podíl tělesného tuku (% BF), protože kosti a svaly mají vyšší hustotu než voda, zatímco tuky budou plavat. Velké množství tukové hmoty (FM) učiní tělo lehčím ve vodě. (Kuriyan 2018)

Měřená osoba je umístěna do speciální nádoby naplněné vodou o teplotě lidského těla. Při úplném výdechu je tělo nadnášeno tukovou hmotou. Osoba je zvážena také na vzduchu a z naměřených hodnot se následně podle stanovených tabulek určí tuková a tukoprostá hmota. Nevýhodou hydrodensitometrie technická náročnost, lze ji tedy provádět pouze v laboratoři. Aby bylo měření přesné, je nutná kooperace během měření, schopnost maximálního výdechu a zadržení dechu pod vodou alespoň na 10 vteřin. Výdechy a zadržení dechu je nutno několikrát opakovat, děti obvykle nejsou schopné úplného výdechu a následného udržení soustředění během opakovaných pokusů. Obvykle se provádí 10 pokusů měření, většina měřených osob však dosáhne stabilních výsledků již po 4 až 5 pokusech. Starší lidé, děti, osoby s fyzickým postižením a osoby s určitými typy onemocnění by neměli být měřeni hydrodensitometrickou metodou. Alternativou je metoda zvaná pletysmografie. (Jürimäe a Hills 2001) (Heyward 2001)

Rovnice využívaná při hydrodensitometrickém měření je založena na Archimedově zákoně, který říká, že těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené. Podle Archimedova zákona, pokud ponoříme člověka do kapaliny, tak objem jeho těla ($V_{\text{tělo}}$) bude odpovídat rozdílu mezi hmotností člověka na zemi ($W_{\text{země}}$) a hmotností člověka ve vodě (W_{voda}) vydělenými hustotou vody (D_{voda}). (American College of Sports Medicine et al. 2020)

$$V_{\text{tělo}} = (W_{\text{země}} - W_{\text{voda}}) / D_{\text{voda}}$$

Výsledek měření může být zkrácen objemem vzduchu a plynů v trávicím ústrojí nebo objemem vzduchu v plicích. Ani po maximálním výdechu nedojde ke vydechnutí veškerého množství vzduchu. Množství vzduchu, které v plicích zůstane po maximálním výdechu nazýváme reziduálním objemem. U vysokých lidí může reziduální objem dosahovat hodnoty až 2 litry. Jako objem plynu ve střevech se udává hodnota 100 ml. Aby bylo měření zpřesněno, je nutné

tyto faktory ve výpočtu tělesné hustoty (D_b) zohlednit (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$D_b = W_{zcmě} / [V_{tělo} - (RV + 0,100)]$$

Dalším omezením hydrodenzitometrie je předpoklad specifických hustot tkání, které se však mohou u elitních sportovců lišit. Někteří jedinci mohou mít strach z vody nebo klaustrofobii, proto pro ně tato metoda není vhodná. Mezi nevýhody hydrodenzitometrie také patří náročnost na údržbu, kdy se přístroj musí pravidelně čistit a sterilizovat. Metoda není schopná změřit distribuci FFM a FM. (Kasper et al. 2021)

3.1.7.2 Pletysmografie (Air Displacement Plethysmography)

Pletysmografie je jednou z alternativ hydrodenzitometrie. Místo vody je k měření využíván vzduch. Jedná se tedy o více praktickou metodu využitelnou v praxi. (Kasper et al. 2021)

K pletysmografickému měření se využívá BOD POD Body Composition System. Přístroj se skládá ze dvou komor. Sedadlo rozděluje prostor na přední komoru, ve které probíhá test a zadní komoru. Během měření jsou dveře přístroje uzavřeny. Přední část přístroje je prosklená, aby se pacient cítil pohodlně a viděl z přístroje ven. V zadní komoře je umístěn transduktor tlaku, elektronika, přístroj umožňující cirkulaci vzduchu a ventily. (Dempster a Aitkens 1995)

Měření trvá 5-8 minut pro testování jedné osoby. (Kuriyan 2018)

Na pomezí dvou komor je připevněná počítačem kontrolovaná membrána. Membrána osciluje a tím vytváří mezi komorami malé sinusové tlakové a objemové odchylky, které mají stejnou velikost, ale převrácenou hodnotu. Pletysmografie je založena na fyzikálním zákoně. Zákon říká, že objem vzduchu vytlačený jakýmkoliv tělesem v uzavřené nádobě se bude rovnat objemu předmětu. Tělesný objem osoby můžeme odhadnout tak, že ji umístíme do uzavřené komory a změříme vytlačený objem vzduchu. Objem těla se nepřímo vypočítá odečtením objemu vzduchu zbývajícího v komoře se subjektem od objemu vzduchu v komoře, která je prázdná. Metoda Air Displacement plethysmography (ADP) je založena na Boyleově zákoně, kde platí (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Čím větší tlak bude působit, tím více bude stlačený vzduch zmenšovat svůj objem. Za adiabatických podmínek není teplota vzduchu konstantní a mění se i kinetická energie molekul vzduchu. Vztah je popsán Poissonovým zákonem, kde γ je poměr měrného tepla plynu pro konstantním tlaku a konstantním objemu (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma$$

Nevýhodami pletysmografie je nedostatečná citlivost přístroje na detekci změn v tělesném složení elitních sportovců během soutěží. Měření je citlivé na typ oblečení, tělesné ochlupení, pohyb vzduchu, vlhkost a tlakové a teplotní změny. Stejně jako hydrodenzitometrie není pletysmografie schopná detekovat distribuci tukové hmoty. Pletysmografie se využívá spíše pro měření v laboratořích než v aplikované sportovní praxi. (Kasper et al. 2021)

3.1.7.3 Antropometrie

Mezi antropometrická měření, která se využívají pro stanovení tělesného složení patří měření tělesné výšky, hmotnosti, tělesných obvodů a měření kožních řas kaliperací.

Tělesná výška se během dne mění, proto je nutné měřit tělesnou výšku vždy ve stejný čas. Tělesnou výškou rozumíme vertikální vzdálenost od nejvýše položeného bodu na hlavě k podložce. Aby bylo měření přesné, musí být dodržovány dané zásady. Měřicí zařízení (stadiometr, výškoměr) musí být umístěné na kolmé stěně a nic nesmí bránit přisunutí paty až ke stěně. Další možností je využití přenosného stadiometru, který se nepřipevňuje ke zdi. V obou případech však musí být podložka pod měřicím přístrojem pevná a rovná. Vyšetřovaná osoba nesmí mít na nohách obuté boty ani silné ponožky, dále nesmí mít pokrývku hlavy. Vyšetřovaná osoba stojí zády k měřicímu zařízení, paty se dotýkají stěny. Postoj je vzpřímený, pohled směřuje do dálky a hlava není skloněná. Výška se odečítá pomocí pravoúhlého trojúhelníku. Děti od 18 do 24 měsíců se měří vleže pomocí korýtko či bodymetru. (Kleinwächterová a Brázdová 2001) (Louer et al. 2017)

Tělesná hmotnost se měří pomocí váh. Vyšetřovaná osoba by na sobě měla mít během měření lehký oděv nebo speciální oděv určený před začátkem měření. Dále by měla mít vyprázdněný močový měchýř a sundanou obuv. Vyšetřovaná osoba by měla vzpřímeně stát na váze a výsledná hmotnost se zaznamenává s přesností na desetinu kilogramu. (Louer et al. 2017)

Dalším typem antropometrického měření je měření tělesných obvodů. Aby bylo měření co nejpřesnější, mělo by probíhat nejlépe v přítomnosti dvou členů výzkumného týmu a zrcadla. Je nutné kontrolovat napnutí měřicí pásky na všech stranách těla. Kůže by neměla být nikde páskou stlačena a zároveň by nikde neměla být mezera mezi páskou a kůží. Výsledek se odečítá na konci přirozeného výdechu vyšetřované osoby s přesností na desetinu centimetru. V praxi se setkáváme nejčastěji s měřením tělesných obvodů pomocí krejčovského metru. Opatřováním však dochází ke změně délky krejčovského metru a výsledky jsou nepřesné. Pro zpřesnění měření se doporučuje použít páskovou míru se skleněnými vlákny, u kterých k opotřebování nedochází. Nejčastěji se měří obvod pasu, boků, levé paže, stehna, lýtka a hlavy. (Kleinwächterová a Brázdová 2001) (Louer et al. 2017)

K měření kožních řas se využívá metoda kaliperace. Existují různé metody založené na měření různého počtu řas (měření jedné řasy, dvou řas, čtyř řas nebo deseti řas). Měření většího počtu řas snižuje riziko vzniku větších chyb během měření dále je vhodné v případech neobvyklého rozložení tuku na těle. Měřená řasa je uchycena mezi palec a ukazováček, vytáhnutá do vzdálenosti 1 cm a následně změřena pomocí kaliperu. (Kleinwächterová a Brázdová 2001)

3.1.8 Tříkompartmentový model

Tříkompartmentový model je podobný modelu dvoukompartmentovému, ale zahrnuje navíc odhad některé ze složek FFM, jako je například TBW. K měření se využívá metoda zředění vodou, která je označena deuteriem nebo tritiem. Odhad složení tělesného složení s využitím této techniky předpokládá určitou úroveň hydratace. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

3.1.8.1 Diluční metoda

Diluční metoda měření tělesného složení se využívá k určení množství tuku a svalové hmoty v těle pomocí měření objemu těla a koncentrace specifické látky v tělesných tekutinách. Tato metoda spočívá v aplikaci látky, která se rychle distribuuje do tělesných tekutin a následně se metabolizuje nebo vylučuje z těla. Látka se obvykle podává intravenózně a následně se měří její koncentrace v moči, krevní plazmě nebo slinách. Pomocí této koncentrace a známého objemu těla lze vypočítat množství tuku a svalové hmoty v těle. (Heymsfield 2005)

Princip diluční metody spočívá v zavedení známého množství markerové látky do těla, která se poté smísí s vodními kompartmenty těla. Markerem je obvykle neškodná a neaktivní látka, jako je tzv. těžká voda (deuteriový oxid) nebo izotopicky označená voda. Po dostatečně dlouhé době

se odebere vzorek krve nebo moči a koncentrace markeru se v něm změří. Porovnáním této koncentrace s množstvím zavedeného markeru lze odhadnout celkový objem vody v těle. Tento objem lze pak použít k výpočtu množství tuku a svalové tkáně v těle na základě předpokladu, že tuková tkáň má nižší obsah vody než svalová tkáň. (Heymsfield 2005)

3.1.9 Čtyřkompartimentový model

Čtyřkomponentní model navazuje na tříkomponentní model tím, že přidává odhad minerální složky (tj. tuk, voda, minerály a reziduální složka). Měřitelnými parametry jsou BM, objem těla, TBW a zastoupení kostních minerálů (Mo). BM se měří pomocí váh, tělený objem pomocí podvodního vážení, air displacement pletysmography nebo in vivo neutronovou aktivační analýzou. Ke zjištění množství TBW se využívá vodního ředění založeném na použití tritia nebo deuteria. Zastoupení kostních minerálů se měří pomocí DEXA. Pro predikci složení těla pomocí čtyřkompartimentových modelů bylo vyvinuto několik rovnic. Jednou z nejčastěji využívaných rovnic je (American College of Sports Medicine et al. 2020):

$$BM = FM + TBW + Mo + \text{reziduální složka}$$

3.1.9.1 Dual energy X-ray absorptiometry (DXA)

Metoda DXA se v praxi využívá k posouzení rizika osteoporózy a ke sledování účinků terapie osteoporózy. Dále se DXA využívá k měření tělesného složení (tuku a tukoprosté hmoty). Principem měření je generování rentgenového záření na dvou různých energetických hladinách. Podle absorpce paprsků přístroj vypočítává obsah kostních minerálů a složení měkkých tkání ve snímané oblasti. Většina přístrojů měří parametry na klinicky důležitých místech jako je páteř, kyčel a předloktí. Existují i specializovanější přístroje, které provádějí skenování celého těla. Můžeme tedy měřit tělo jako celek nebo porovnávat jednotlivé podoblasti (trup, horní a dolní končetiny). Měření celého těla nám umožňuje upřesnit výsledky, protože zastoupení tělesných minerálů a tuku není rovnoměrné v celém těle. Přístroj z naměřených údajů dokáže přesně vypočítat také tělesnou hmotnost. (Laskey 1996) (American College of Sports Medicine et al. 2020)

Výhodou je, že dávka záření, které je pacient vystaven, je velmi malá. Díky tomu je metoda bezpečná a vhodná pro děti, dospělé i seniory. Měření mohou podstoupit i osoby, jejichž tělesné složení by nemohlo být měřeno pomocí hydrodensitometrie. Metoda není vhodná pro malé děti, které nevydrží ležet v klidu po delší dobu nebo pro osoby, pro které je bolestivá poloha na zádech vleže. Měření trvá 5-20 minut v závislosti na druhu použitého softwaru. Pacient během

měření leží na posteli na zádech a scanování probíhá od hlavy směrem ke špičkám prstů nohy. (Laskey 1996)

V praxi se dá DXA využít pro sledování úbytku svalové hmoty u seniorů. U starších lidí je tento stav běžný, jedinec si zachovává svou tělesnou hmotnost, avšak svalová hmota je nahrazována hmotou tukovou. Tento stav nazýváme sarkopenie. (American College of Sports Medicine et al. 2020)

Aby byly výsledky standardizované, je nutné při měření pomocí DXA dodržet tyto zásady (American College of Sports Medicine et al. 2020):

- pacient by na sobě měl mít během měření minimum oblečení;
- pacient by měl být měřen nalačno (poslední jídlo před 12 hodinami) a s vyprázdněným močovým měchýřem;
- pacient by neměl před měřením 12 hodin cvičit;
- správná poloha pro měření pacienta je: v leže na zádech, dlaně rukou směřují dolů a nedotýkají se trupu, paže jsou rovné, nohy jsou rovné, chodidla jsou v neutrální pozici a obličej směřuje nahoru, brada je v neutrální pozici;
- pacient by měl být normálně hydratován (měření by nemělo probíhat v dehydratovaném stavu pacienta).

3.1.9.2 Bioimpedance

V epidemiologických studiích se často využívají měření tělesných obvodů, měření tloušťky kožních řas nebo stanovení BMI. Tyto metody však přesně neurčují tělesné složení dané osoby (výsledkem není přesné procento tělesného tuku a svalové hmoty). Poměrně přesné výsledky mohou být určeny měřením pomocí DEXA. Densitometrie a MRI. Problémem však je potřeba specializovaného vybavení, které lze velmi omezeně využít při epidemiologických měřeních. Na rozdíl od toho, BIA je lépe využitelná pro epidemiologické studie. Bioelektrická impedance (BIA) je poměrně jednoduchá a neinvazivní metoda měření tělesného složení. Další výhodou je krátká doba měření (v řádu několika minut). Pokud jsou porovnávány výsledky měření pomocí BIA, je nutné brát zřetel na fakt, že při různých měřeních jsou použity různé kalibrační rovnice. Dalším úskalím je porovnávání účastníků různých populací. Pro každou populaci je nutné požit populačně specifické prediktivní rovnice. Dále se při volbě rovnic musí vycházet z věku, pohlaví, úrovně fyzické aktivity, úrovně tělesného tuku a etnicity zkoumaného subjektu. Celkově je tedy BIA užitečným nástrojem pro klinické studie, ale pro epidemiologické studie

s různorodou populací zejména v rozvojových zemích má omezené využití. (Dehghan a Merchant 2008)

Měření tělesného složení pomocí BIA je poměrně přesné, existují však faktory, které mohou měření ovlivnit a zkreslit výsledky. Prvním faktorem je poloha těla během měření. Poloha těla je důležitá, protože ovlivňuje distribuci krve a dalších tělních tekutin. Aby bylo možné získat stabilní hodnoty, je potřeba vyhnout se přímému kontaktu mezi segmenty těla a pokožkou. Chodidla by proto měla být držena v určité vzdálenosti od sebe a paže několik centimetrů od boků. Druhým faktorem je nepřesně změřená tělesná hmotnost. Dále se doporučuje půst přes noc před měřením, jelikož konzumace jídla před měřením má vliv na výsledky. Před měřením by subjekt měl být v klidu a neprovozovat mírnou až intenzivní fyzickou aktivitu. Dalším faktorem je okolní teplota (chlad zvyšuje impedanci). Výsledky ovlivňuje také zdravotní stav subjektu, protože ovlivňuje rovnováhu tekutin a elektrolytů. Se zdravotním stavem souvisejí i individuální charakteristiky jedince, která mají vliv na přesnost měření: abdominální obezita, hmotnost svalů, hubnutí, menstruační cyklus, menopauza. Posledním důležitým faktorem je etnicita jedince, která ovlivňuje tělesnou hustotu a úměrnou délku končetin. (Dehghan a Merchant 2008)

Výhodami měření tělesného složení pomocí bioimpedance jsou (Thibault et al. 2012):

- Přesné měření jak pro zdravé jedince, tak pro jedince s chronickým onemocněním
- Ověřené rovnice BIA pro daný věk, pohlaví a rasu (při BMI 16–34 kg/m²)
- Možné i transverzální sledování u pacientů s extrémním BMI (<16 a >34)
- Jednoduché měření
- Neinvazivní
- Velmi omezené rozdíly hodnocení mezi pozorovateli
- Poměrně nenákladné
- Výpočet fázového úhlu pro hodnocení prognózy
- Nevyzařuje ionizující záření

Nevýhodami měření tělesného složení pomocí bioimpedance jsou (Thibault et al. 2012):

- Nepřesné měření u pacientů s dehydratací nebo naopak hyperhydratací
- Rovnice BIA nejsou validované pro pacienty trpícími rakovinou

4 Zobrazovací metody

Vybrané zobrazovací metody jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

4.1 Computed axial tomography

Výpočetní tomografie (anglicky Computed Tomography) je v praxi využívána pod zkratkou CT. Slovo tomografie vychází z řeckého slova *tomos* neboli krájení. Principem CT je vytvoření obrazu jednotlivých vrstev těla. Vše je umožněno díky využití počítačové technologie. Pacient je zasunut do přístroje a kolem něj obíhá zařízení, které produkuje rentgenové záření. Dále je v přístroji umístěno detektorové zařízení, které zaznamenává data. Z dat je následně vytvořen obraz vrstev těla. Obraz je tvořen různými odstíny šedi. Rentgenové paprsky jsou tvořeny svazky fotonů. Fotony mohou strukturami procházet, mohou být odraženy nebo mohou být pohlcovány. Množství pohlcených fotonů závisí na povaze, tloušťce, hustotě a atomovém čísle tělesných struktur. Se zvyšující se hustotou, tloušťkou a atomovým číslem se zvyšuje relativní počet interagujících fotonů. Množství pohlcených fotonů určuje odstín šedi výsledného obrazu. Pokud je záření kompletně pohlceno, výsledná část obrazu bude bílá. Naopak pokud fotony projdou strukturami bez absorpce, bude daná struktura na výsledném CT obrazu černá. Rentgenové paprsky, které prochází tělem jsou zaznamenávány detektory, které posílají zaznamenané informace do počítače, který z nich tvoří CT obraz. Výhodou CT je, že mohou být rozlišeny struktury s podobnou hustotou (na rozdíl od konvenční radiografie, která neumí podobné struktury dostatečně rozlišit). Díky kvalitnímu výslednému obrazu se lépe rozlišují abnormality v lidském těle. (Romans 2019) (Zuna a Poušek 2007)

4.2 MRI (magnetická rezonance)

MRI je neinvazivní diagnostická metoda, která umožňuje detailní vizualizaci vnitřních struktur těla bez nutnosti použití ionizujícího záření. MRI je využívána k diagnostice mnoha onemocnění, jako jsou například nádory, neurologické poruchy, svalové a kostní patologie a mnoho dalších. (Grover et al. 2015)

Všechna atomová jádra se skládají z protonů a neutronů s čistým kladným nábojem. Některá atomová jádra, jako je vodíkové jádro, ^1H , nebo fosforové jádro, ^{31}P , mají vlastnost známou jako „spin“, závislou na počtu protonů. Zjednodušeně řečeno jádro rotuje kolem vlastní osy. Nerotuje však v klasickém smyslu, ale rotuje na základě indukovaného magnetického momentu. Dochází ke generování lokálního magnetického pole se severním a jižním pólem. Při vystavení těla pacienta silnému magnetickému poli, dochází k interakci s jádry atomů vodíku

ve tkáních. Magnetické dipóly jader atomů vodíku se začnou orientovat podle tohoto pole. Po skončení působení magnetického pole se orientace jader vrátí do původního stavu. Během tohoto procesu vznikají elektromagnetické signály, které lze detekovat a zpracovat počítačem. Zpracování signálů z MRI se provádí pomocí složitých matematických algoritmů, které umožňují vytvořit detailní obraz tkání v těle. Obraz se skládá z řady řezů, které umožňují lékařům prohlédnout vnitřní struktury těla a zjistit případné patologie. (Grover et al. 2015)

4.3 Magneticko-rezonanční spektroskopie (MRS)

Magneticko-rezonanční spektroskopie (MRS) patří mezi neinvazivní metody. Využívá se jak v oblasti výzkumu, tak v klinické praxi k detekci viditelných i neviditelných abnormalit v lidském těle. Využití MRS je poměrně široké. V klinické praxi se využívá především k detekci a lokalizaci tumorů v různých tkáních. Nejčastěji se však využívá ke zobrazení mozkové tkáně, dále tkáním oblasti prsu, prostaty a jater. (Faghihi et al. 2017)

Cílem MRS je analyzovat chemické složení tkání. MRS může detekovat malé metabolity existující v koncentracích milimolů (mM) tím, že vyloučí převažující signály vody a tuku. Tyto metabolity lze rozlišit, protože rezonují na mírně odlišných frekvencích v závislosti na jejich lokálním chemickém prostředí. Stupeň frekvenčního rozdělení mezi dvěma molekulárními druhy je charakterizován jejich chemickým posunem (δ). Plochy pod jednotlivými vrcholy spektra jsou přiměřené počtu jader v daném chemickém prostředí. (Faghihi et al. 2017)

MRS umožňuje objevovat malé molekuly v intra a extracelulárních prostorech. Díky dosaženým spektrům je možné získat podrobné informace o metabolické dráze a jejich změnách. Metabolické změny jsou obvykle způsobeny poruchami v různých částech lidského těla. S pomocí MRS je tedy možné danou poruchu detekovat nebo posoudit účinnost léčby. (van der Graaf 2010)

Příklady metabolitů pozorovaných v mozkové tkáni je N-acetyl aspartát, kreatin, cholin, glutamát, myo-inositol, laktát a GABA (kyselina gamma-amino máselná). (Buonocore a Maddock 2015)

4.4 Pozitronová emisní tomografie (PET)

Pozitronová emisní tomografie (PET) patří mezi neinvazivní zobrazovací metody s širokým spektrem klinických a výzkumných aplikací. PET umožňuje trojrozměrné mapování podávaných pozitronových radioléciv, jako je ¹⁸F-fluorodeoxyglukóza (pro zobrazování metabolismu glukózy). PET umožňuje studium biologických funkcí jak u zdravých osob, tak

u osob trpících různým typem onemocnění. Na rozdíl od magnetické rezonance (MRI) a počítačové tomografie (CT), je PET více vhodná ke studiu morfologických změn těla. PET se využívá například k detekci neurologických a jiných onemocnění jako jsou: demence, epilepsie, pohybové poruchy, infekce, cévní mozkové příhody a nádory mozku. (Lameka et al. 2016)

Principem PET je vpravení radioléciv označených pozitronově emitujícími radioizotopy do těla pacienta (pomocí injekce). Pacient je umístěn do prostředí obklopeném detektory gamma paprsků. Pozitrony v těle putují několik milimetrů a setkávají se s elektrony. Při srážce těchto dvou částic dojde k rozpadu a vyslání dvou fotonů do opačných směrů. Fotony jsou detekovány za pomoci detektorů gamma paprsků. Ty jsou schopné zachytit přesné místo, ve kterém k rozpadu částic došlo. Fotony dále procházejí zesilovači a na základě mnoha párů fotonů je rekonstruován obraz. (Harmon et al. 2015)

PET skeny jsou běžně používány k detekci neobvyklé metabolické aktivity, která může naznačovat přítomnost rakoviny. PET lze použít k detekci neobvyklé aktivity v lymfatických uzlinách dokonce i před otokem a může být také použit k pozorování dostatečného průtoku krve srdcem a k detekci možné ischemické choroby srdeční. Také může být použit jako diagnostický nástroj pro onemocnění mozku (například Alzheimerova choroba, atrofie zadního kortexu, epilepsie). (Harmon et al. 2015)

4.5 Ultrazvuk

Zvuk je typ mechanické energie. Zdrojem zvuku je oscilace. Ultrazvuk je typ zvukové vlny s vysokou frekvencí, který se používá v medicíně a dalších oblastech k diagnostickým nebo terapeutickým účelům. Frekvence se vztahuje k počtu cyklů za sekundu, které jsou emitovány sondou. Tato frekvence je vyjádřena v hertzech (Hz). Pro diagnostické účely se využívá frekvence od 1 MHz do 20 MHz v závislosti na požadované aplikaci. Frekvence má odpovídající vztah s rozlišením a inverzní vztah s hloubkou. Čím vyšší je použitá frekvence, tím nižší je penetrace. Zároveň s tím se ale zvyšuje rozlišení obrazu. Principem ultrazvukového zobrazování je zpětné odrazování ultrazvukových vln od různých tkání v těle, což umožňuje vytvořit obraz vnitřních orgánů nebo struktur. Odrazy zvuku, které se vrací do sondy se nazývají ozvěny. Následný obraz je vytvářen na základě vlastnosti tkáně zvané echogenicita. Struktury s vyšší hustotou mají vyšší echogenicitu (odrážejí více zvuku) a na výsledném obraze jsou zobrazeny bíle. Zvuk je plně odrážen od kostí nebo cizích hustých těles. Naopak tekutiny jako je voda nebo moč neodrážejí žádné zvuky, výsledný obraz těchto složek je černý.

V medicíně se ultrazvuk používá především k vizualizaci orgánů a tkání v těle, jako je například srdce, játra, ledviny, štítná žláza a reprodukční orgány. Ultrazvuk je také používán k terapeutickým účelům, například k léčbě zánětlivých onemocnění a bolesti. Při této terapii se ultrazvukové vlny přeměňují na teplo v cílové oblasti tkáně, což může pomoci zmírnit bolest a podpořit hojení. (Grogan a Mount 2022)

Ve sportu se ultrazvuk využívá především ke zjišťování stavu svalů, šlach a vazů ve fyzioterapii, traumatologii a ortopedii. K použití ultrazvuku v tomto odvětví obvykle dochází při podezření na zánět měkkých tkání, akutní nebo chronické bolesti, otoku, zhoršení extensibility tkání nebo při pomalém průběhu hojení tkání. (de Brito Vieira et al. 2012)

5 Možné hodnocené parametry u BIA

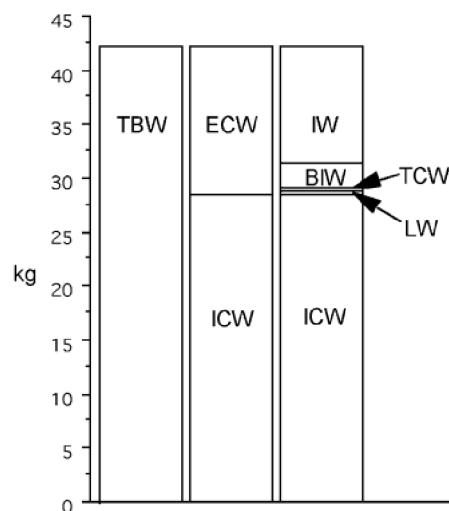
Vybrané parametry tělesného složení jsou blíže popsány v následujících kapitolách.

5.1 Celková tělesná voda, intracelulární a extracelulární voda

Tělesná hmotnost (BW) průměrného člověka je přibližně ze 60 % tvořena vodou (TBW = celková tělesná voda). Množství celkové tělesné hmoty je závislé na věku, pohlaví, množství tělesného tuku a tělesné konstituci. Lidské tělo je tvořeno buňkami, jejichž membrány rozdělují TBW na intra (ICW) a extracelulární vodu (ECW). Extracelulární vodu dále dělíme na interstitiální (IW), krevní (BIW), transcelulární (TCW) a lymfatickou vodu (LW). (Bedogni et al. 2003) (Verbalis 2003)

Hodnocení množství celkové tělesné vody je nedílnou součástí klinické péče. Z naměřených hodnot můžeme hodnotit závažnost dehydratace a správně nastavit její léčbu. Dále na množství TBW závisí dávkování některých léků a také se podle něj vyhodnocuje další postup pro dialýzu. Množství TBW roste s věkem člověka od narození do dospělosti, ale její podíl se s věkem snižuje: TBW tvoří přibližně 80 % hmotnosti těla novorozence a následně klesá až na 50 % hmotnosti u dospělých žen a na 60 % hmotnosti u dospělých mužů. (Mattoo et al. 2020)

Nižší množství TBW u starších osob, žen a obézních jedinců je zapříčiněno nižším množstvím tukoprosté hmoty v těle. (Roumelioti et al. 2018)



Obrázek 4 - Zastoupení jednotlivých složek TBW. (Bedogni et al. 2003)

ICW tvoří 40 % z BW (celkové tělesné hmotnosti), ECW tvoří 20 % BW. IW tvoří 14 % BW. BIW tvoří 4 % BW, TCW tvoří stejně jako LW pouze 1 % z BW. (Bedogni et al. 2003)

Extracelulární tekutina je kompartmentem využívaným k detekci edému (při zvýšení IW), lymfedému (při zvýšení LW) a ascitu (při zvýšení TCW). Zvýšená hodnota IW může také upozornit na mnoho vážných onemocnění např. srdeční selhání, onemocnění jater a chronické selhání ledvin. (Rose a Post 2001)

ICW je používána jako ukazatel stavu buněk. Hodnocení stavu ICW je však poměrně obtížné, k hodnocení se tedy využívá poměr ICW/TBW nebo ICW/ECW. Díky změnách zmíněných poměrů lze diagnostikovat Duchennovu muskulární dystrofii nebo počáteční fáze jaterní cirhózy. (Bedogni et al. 2003)

Bioelektrická impedance využívá poměru ECW/TBW k měření svalové hmoty v těle. Studie (Hioka et al. 2022) zjišťovala souvislost mezi poměrem ECW/TBW a silou stisku ruky, rychlostí chůze a indexem množství kosterní svaloviny (SMI) u starších žen. Bylo zjištěno, že poměr ECW/TBW má souvislost se silou stisku ruky, ale nikoliv s rychlostí chůze. Poměr ECW/TBW může tedy být využíván k diagnostice sarkopenie pomocí BIA. Tento poměr se také využívá k predikci prognózy srdečního selhání, dialýzy a cirhózy. (Hara et al. 2009)

Výměna tekutin mezi intra a extracelulárním prostředím je regulována osmotickým a hydrostatickým tlakem. Voda proudí v souladu se změnami osmolarity. (Roumelioti et al. 2018)

Přístroj InBody provádí analýzu ECW poměru vůči TBW. Normální rozsah je 0,360 – 0,390. Pokud je hodnota poměru vyšší než 0,390, znamená to, že množství ECW je nadbytečné.

5.2 Celkový tělesný tuk a viscerální tuk

Zvýšené množství tukové tkáně v těle je primární fenotypickou charakteristikou obezity. Množství a rozložení tukové tkáně souvisí s mnoha důsledky obezity jako je choroba koronárních tepen nebo diabetes 2. typu. (Shen et al. 2003)

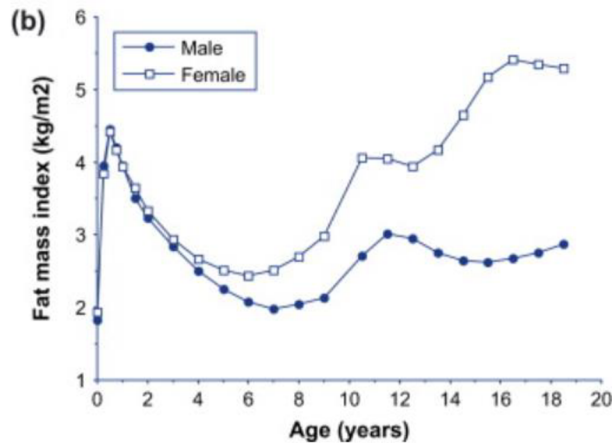
Pokud mluvíme o množství tuku v těle, je nutné rozlišovat pojmy tuková tkáň a tuk. Často jsou tyto pojmy nesprávně zaměňovány. Tuková tkáň je složkou na úrovni tkáňového a orgánového složení těla. Je zásobena tukovými buňkami (adipocyty). Za primární funkci tukové tkáně se považují: ukládání energie, tepelná izolace a mechanická polštář u savců. Procento tukové tkáně je vyšší u žen, starších osob a u jedinců s nadváhou. Tuková tkáň je anatomicky rozložena po celém těle, rozložení však závisí na různých faktorech: na věku, pohlaví, genotypu, typu stravy, úrovni fyzické aktivity, hladině hormonů a užívání léku. Tuk je chemickou komponentou

lidského těla na molekulární úrovni. V lidském těle se tuk vyskytuje nejčastěji ve formě triglyceridů. Tuky se nejčastěji vyskytují v tukové tkáni, ale nalezneme je i v dalších tkáních. V ostatních tkáních se však jedná především o patologické stavy, jako je hepatická steatóza. (Shen et al. 2003)

Dříve byla tuková hmota považována za pasivní hmotu. Postupem času výzkumy prokázaly, že adiposin, estrogen a další steroidní hormony se v tukové tkáni nejen metabolizují, ale také syntetizují a vylučují. Tuková tkáň je tak nyní považována za endokrinní orgán. Přibývají nové důkazy o tom, že tuková tkáň hraje roli také v imunologických procesech. (Klötting et al. 2007)

Tuk rozlišujeme podle uložení na podkožní tuk, který je lokalizován přímo pod kůží a viscerální tuk, který je uložen v dutině břišní. Podíl tuku v tělesné hmotnosti je různý u žen a mužů. Ženy mají přirozeně vyšší podíl tukové hmoty než muži a u zdravých žen s tzv. normální hmotností činí podíl tuku 18-30 %. Muži s tzv. normální hmotností mají podíl tuku v rozmezí od 10 do 25 %. Hranice, od které již hovoříme o otylosti, je stanovena různě podle norem jednotlivých států. V ČR je za otylost považována hranice 30 % tuku v těle u mužů a 35 % u žen. Podíl tuku se mění také v závislosti na věku. S přibývajícím věkem podíl tukové hmoty stoupá, a to i v případě, že je zachována stejná tělesná hmotnost. (Kleinwächterová a Brázdová 2001)

Studie Wells (2007) porovnává rozdíl mezi množstvím tělesného tuku u chlapců a dívek od narození do 20 let. Z Graf 1 vyplývá, že po narození dochází během prvního roku života k rapidnímu zvýšení množství tukové hmoty v těle. U dívek se následně množství tělesného tuku snižuje až do věku 6 let, poté dochází k zvyšování množství FM. Množství FM se od 10 do 12 let ustaluje, od 13 let dochází k prudkému zvýšení množství tukové hmoty. K mírnému poklesu poté dochází od 16. do 20. roku života. U chlapců po prvním prudkém navýšení tukové hmoty během prvního roku života dochází ke snižování tukové hmoty až do věku 7 let. Od 7. roku života se množství tukové hmoty navyšuje, avšak tento trend nedosahuje tak vysokých hodnot nárůstu jako je tomu u dívek. V 11. roce života se množství tukové hmoty začíná snižovat a poté je od 15. do 20. roku života téměř konstantní.



Graf 1 - Graf závislosti množství tělesného tuku na věku a pohlaví. (Wells 2007)

Kromě množství tuku v těle je z hlediska některých onemocnění důležité charakterizovat rozložení tuku v těle. Především vyšší zastoupení viscerálního tuku koreluje s určitými onemocněními. Rozložení tuku se zjišťuje pomocí měření tloušťky kožních řas nebo měřením tělesných obvodů. Využívaným způsobem je výpočet poměru objemových měr (obvod pas/boky, pas/paže, pas/stehno nebo pas/výška) nebo použití indexů, které vztahují tloušťku jednotlivých kožních řas na trupu a na končetinách k sobě navzájem. Nejčastěji se využívá tzv. centrality index, který vztahuje tloušťku kožní řasy pod lopatkou k řase tricipitální (měřené na paži nad *m. triceps brachii*). (Pařízková 2007)

Androidní (mužský) typ je charakteristický lokalizací tuku v horní polovině těla, převážně na hrudníku nebo na bříše. Tento typ obezity bývá nazýván jako obezita tvaru jablka. Zmnožení tuku u androidního typu je spojeno s častým výskytem kardiovaskulárních a metabolických komplikací. Metabolický syndrom je charakterizován hypertriacylglycerolemií, sníženou koncentrací HDL-cholesterolu, hyperinzulinismem, inzulinorezistencí a hypertenzí. Gynoidní (ženský) typ má tuk uložený na hýždích a stehnech a tento typ obezity nazýváme jako obezitu tvaru hrušky. Tento typ není provázen kardiovaskulárními a metabolickými komplikacemi. (Kleinwächterová a Brázdová 2001) (Krch 2005)

Obézní lidé mají nejen vyšší zastoupení tukové hmoty, ale také jinou stavbu jednotlivých tukových buněk. Při obezitě dochází k hypertrofii (zvětšení objemu) tukových buněk, což umožňuje zvýšené ukládání lipidů v organismu. U morbidně obézních lidí dochází k hyperplazii tukových buněk, což znamená, že se zvyšuje jejich počet. Pokud je tedy dítě on raného věku nadměrně vyživováno, dochází ke zmnožení tukových buněk. Následkem toho

mají tyto děti sklony k obezitě během dalšího vývoje a obezita se u nich snadněji rozvíjí. (Pařízková 2007)

Proces stárnutí je charakterizován zvýšením celkové tukové hmotnosti těla a současným snížením svalové hmoty a kostní hustoty, které jsou nezávislé na obecných a fyziologických fluktuacích hmotnosti a indexu tělesné hmotnosti (BMI). Hmotnost tuku v těle s věkem redistribuuje, což vede k obecnému nárůstu tukové hmoty trupu (zejména břišního tuku) a ke snížení tukové hmoty končetin (zejména podkožního tuku). Kromě toho se akumuluje tuk v orgánech, jako jsou játra a svaly, zatímco podkožní tuková hmota má tendenci k poklesu. Tyto specifické změny v BC jsou považovány za rizikové faktory pro hlavní onemocnění spojená se stárnutím, jako jsou kardiovaskulární choroby, diabetes typu 2, sarkopenie a osteoporóza, a mohou predisponovat k postižení. Udržení vyváženého poměru tuku, svalů a kostí je proto klíčové pro uchování metabolické homeostázy a zdravotního stavu, přispívajícího k úspěšnému stárnutí. (Ponti et al. 2020)

Viscerální tuk je jedním z faktorů vzniku viscerální obezity, kardiovaskulárních onemocnění nebo diabetu II. typu. Od podkožního tuku se liší sníženou citlivostí na inzulin a zvýšenou lipolytickou aktivitou. Viscerální obezita se diagnostikuje pomocí zobrazovacích metod jako je CT nebo MRI. Hmotnost viscerálního tuku nepodléhá tak velkým výkyvům jako hmota podkožního tuku, jak u štíhlých pacientů, tak u pacientů s nadváhou. Vliv genetických faktorů na množství viscerálního tuku je přibližně 50 %, zatímco množství podkožního tuku je determinováno geneticky pouze z 5 % (podkožní tuk je více ovlivněn vnějšími faktory). Kromě genetiky je množství viscerálního tuku podmíněno věkem, pohlavím, celkovou hmotností tělesného tuku a energetickou bilancí organismu. Bylo prokázáno, že viscerální tuková hmota se s úbytkem hmotnosti neúměrně snižuje. Vysvětlením by mohla být vyšší lipolytická kapacita viscerální tukové hmoty. (Klötting et al. 2007)

Zastoupení tělesného tuku se dá měřit mnoha různými způsoby. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** popisuje klady a zápory jednotlivých typů měření (+ popisuje horší vlastnosti, +++ popisuje nejlepší vlastnosti měření). Z tabulky vyplývá, že nejlepšími metodami pro zjištění množství viscerálního tuku a tělesného tuku je počítačová tomografie a magnetická rezonance. (Ponti et al. 2020)

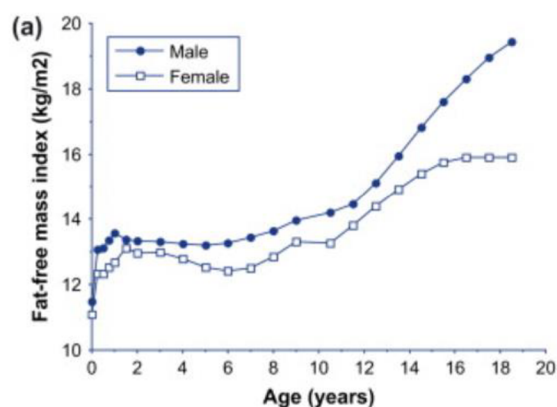
Method	Frequently used measures	Body fat compartment			Low cost	Availability	Radiation exposure	Precision	Accuracy
		Visceral fat	Inter-/intramuscular fat	Whole body fat					
Anthropometry	Body Mass Index	+	+	++	+++	+++	+++	+	++
	Skinfold thickness	+	+	++	+++	+++	+++	+	+
	Waist circumference	++	+	++	+++	+++	+++	+	+
	Arm circumference	+	+	+	+++	+++	+++	+	++
	Predicted fat mass	+	+	++	+++	+++	+++	+	+
Bioelectrical impedance	Predicted fat mass	+	+	++	+++	+++	+++	+	+++
Ultrasound	Mid-tight image	(+)++	++	+	+++	+++	+++	++	+++
Dual energy X-ray absorptiometry	Whole body scan	++	+	+++	++	++	++	+++	+++
Computed tomography	Abdominal image	+++	++	+	+	+	+	+++	++
	Mid-tight image	+	+++	+	+	+	+	+++	+++
Magnetic resonance imaging	Abdominal image	+++	++	+	+	+	+++	+++	++
	Mid-tight image	+	+++	+	+	+	+++	+++	+++
	Total body multi image	+++	+++	+++	+	+	+++	+++	++

Obrázek 5 - Přehled metod zjišťování zastoupení tělesného a viscerálního tuku u dospělých. (Ponti et al. 2020)

5.3 Tukoprostá hmota

Tukoprostá hmota (LBM) je část tkání, která neobsahuje tukovou hmotu. Skládá se primárně ze svalů, vnitřních orgánů, kosterního a centrálního nervového systému. Společným znakem zmíněných tkání je obsah buněk, které jsou zodpovědné za metabolické a syntetické procesy v těle. Tukoprostá hmota také zahrnuje extracelulární tekutinu a matrix buněk, které slouží jako substrát pro transport a metabolickou výměnu. Voda tvoří 73 % tukoprosté hmoty. (Tsai 2012)

Studie Wells (2007) porovnává rozdíl v zastoupení tukoprosté hmoty u chlapců a dívek od narození do 20. roku života. Již během prvního roku života můžeme pozorovat rozdíl mezi množstvím tukoprosté hmoty mezi chlapci a dívkami. U chlapců je toto zastoupení vyšší než u dívek. Z průběhu křivek v Graf 2 dále můžeme konstatovat, že zastoupení tukoprosté hmoty je u chlapců během celého zkoumaného období vyšší, než je tomu u dívek. Největší rozdíl můžeme pozorovat v období od 12. do 20. roku života, kde je u dívek zastoupení tukoprosté hmoty výrazně nižší než u chlapců. Tento fakt koreluje s vyšší zastoupením tukové hmoty u dívek v tomto věku.



Graf 2 - Graf závislosti množství tukoprosté hmoty na věku a pohlaví. (Wells 2007)

Množství LBM je spojeno s problematikou hubnutí u obézních pacientů. Špatně nastavené diety a hubnoucí programy sice mohou vést ke snížení tělesné hmotnosti, ale zároveň ke snížení množství LBM. To je spojeno s mnoha zdravotními komplikacemi, jako je ovlivnění emočního a psychického stavu člověka. Dále má ztráta svalové hmoty za následek snížený klidový metabolismus, únavu, pokles neuromuskulární funkce a zvyšuje se tím riziko zranění. Snižuje se také udržitelnost hubnutí. Je proto nutné správně nastavit dietu tak, aby nedocházelo k úbytku LBM. (Willoughby et al. 2018)

Kvantifikace množství LBM také napomáhá stanovení nutričních intervencí například při přijetí pacienta do nemocnice. Jedná se o užitečný nástroj především při stanovení dávkování bílkovin, protože LBM je největší zásobárnou bílkovin v těle. (Thibault et al. 2012)

5.4 Tělesná hmotnost

V průběhu historie docházelo k významným změnám vlivů prostředí, především v oblasti výživy a zátěže. Tyto změny ovlivňují somatický vývoj člověka. Pokud porovnáme data z různých období historie, můžeme vidět, jak se tento trend postupem času měnil. Došlo ke zvýšení tělesné hmotnosti i tělesné výšky. Změnou poměru těchto dvou složek došlo také ke změnám zastoupení hodnot BMI v populaci. Jedná se především o posun hodnot v pásmech nejvyšších percentilů. Výsledkem je tedy častější výskyt nadváhy a obezity u dětí ve většině věkových kategorií. (Sedlak et al. 2016)

Studie Rodrigues et al. (2020) se zabývala rozdíly v somatických charakteristikách mezi dětmi ve věku 7 až 15 let, kteří nemají sourozence a dětmi, kteří sourozence mají. Porovnávanými parametry byla průměrná tělesná výška, hmotnost a BMI. Bylo zjištěno, že u obou pohlaví dosahují děti bez sourozenců v průměru vyšších hodnot u tělesné výšky i tělesné hmotnosti. V oblasti BMI nebyl v průměrných hodnotách mezi oběma kategoriemi nalezen statisticky významný rozdíl. Vyšší hmotnost dětí bez sourozenců je pravděpodobně způsobena zvýšením tzv. sedavého času. Bylo prokázáno, že děti bez sourozenců tráví sledováním televize více času a tento fenomén přispívá k nárůstu tělesné hmotnosti. (Bagley et al. 2006)

5.5 BMI

V praxi se často setkáváme s tím, že stanovení procenta tuku v těle není běžně dostupné. Ke stanovení procenta tuku v těle se proto využívají hmotnostní indexy. V praxi je nejvíce využívaný index tělesné hmotnosti (Body Mass Index, BMI). Bylo zjištěno, že BMI ze všech indexů nejlépe koreluje s nemocností a úmrtností. (Kleinwächterová a Brázdová 2001)

BMI (anglicky Body Mass Index, česky Index tělesné hmotnosti) vyjadřuje vztah mezi tělesnou hmotností a výškou. Vypočítá se jako hmotnost těla v kilogramech vydělená druhou mocninou tělesné výšky v metrech. Ačkoli BMI není dokonalým nástrojem (neodlišuje nadváhu způsobenou nadměrnou tukovou hmotností od nadváhy způsobené nadměrnou svalovou hmotností) je nejčastěji používaným měřítkem pro posouzení obezity u dospělých. Jiné metody určování adipozity mají omezenou aplikovatelnost nebo screening velkých populací. BMI je široce využívanou metodou díky jeho jednoduchosti, neinvazivnosti a nízkým nákladům. (Heymsfield 2005)

BMI se používá k posouzení stavu hmotnosti u dětí i adolescentů stejně jako u dospělých. Rozdílem však je, že hraniční body BMI definující nadváhu a obezitu nejsou závislé na věku a neliší se pro muže a ženy. U rostoucích dětí se BMI mění s věkem a s pohlavím. Například pětiletý chlapec s BMI 20 kg/m² pravděpodobně bude mít nadměrné množství tuku, zatímco patnáctiletý chlapec s BMI 20 kg/m² je pravděpodobně štíhlý. V důsledku toho musí být BMI u dětí srovnáváno s referenčními standardy, které zohledňují věk a pohlaví dítěte, aby bylo smysluplné. (Must a Anderson 2006)

Vymezení obezity není ve všech částech světa stejné. Nacházíme rozdíly ve vymezení kritérií pro obezitu a její stupně. Je to dáno sociálními, ekonomickými, kulturními rozdíly, ale také odlišnými somatotypy a stavbou těla lidí v různých částech světa. Není tedy možné použít stejné tabulky pro hodnocení tělesné hmotnosti pro všechny populace. Například stanovená hodnota množství tuku pro obezitu v Asii je nižší než hodnota množství tuku v severní Americe. (Pařízková 2007)

Nevýhodou je, že z hodnoty BMI nevyčteme přesný podíl tuku a tukoprosté hmoty. Ženy mají přirozeně vyšší zastoupení tukové hmoty než muži. Při stejném BMI je tedy pravděpodobné, že žena bude mít více tukové hmoty než muž, ale z hodnoty BMI toto není možné vyčíst. S věkem se zvyšuje podíl tukové hmoty a snižuje podíl hmoty svalové. U silových sportovců je častým jevem vysoké BMI. Z výsledků by se tedy dalo interpretovat, že daný sportovec trpí nadváhou. Ve skutečnosti je však hodnota BMI zvýšena, protože má sportovec vyšší množství svalové hmoty. (Krch 2005)

BMI vyšší než 30 je považováno za obezitu. Obézní lidé mají nadměrné tukové zásoby. Čím vyšší je hodnota BMI, tím více se zvyšují zdravotní rizika obezity. Pokud hodnota BMI přesahuje 27, zdravotní riziko diabetu, hypertenze, ischemické choroby srdeční, mozkové cévní

příhody a dny se zvyšuje trojnásobně. Přesáhnutí hranice 40 bodů, hovoříme o morbidní obezitě, která je spojena s vysokým rizikem zdravotních komplikací. Opakem jsou nízké hodnoty BMI. V rozmezí od 17 do 18,5 bodů se jedná o lehký energetický deficit. Při energetickém deficitu nejprve dochází k redukci tukové hmoty, následně však klesá i množství aktivní tělesné hmoty (především svalstva). Středně těžký energetický deficit nastává, když hodnota BMI klesne na rozmezí od 16 do 16,9. Pokud hodnota klesne pod 16 bodů, jedná se o těžký energetický deficit. (Krch 2005)

Studie Di Angelantonio et al. (2016) potvrdila, že lidé s nízkým nebo vysokým BMI umírají dříve než lidé s průměrným BMI. BMI však neukazuje zastoupení tukové a tukoprosté hmoty. Zvyšující se podíl tukové hmoty v těle zvyšuje riziko úmrtí. Kohortová studie Sedlmeier et al. (2021) zjišťovala vztah mezi zastoupením tukové a tukoprosté hmoty v těle a úmrtností. Kromě zjištění BMI participantů a změřením tělesného složení proběhl také pohovor, který zjišťoval pohlaví, národnost, úroveň vzdělání, míru pohybové aktivity, ale také informace týkající se životního stylu a užívání alkoholu a cigaret. Zjišťovanou informací bylo také, jestli participant trpí onemocněním diabetes mellitus. Závěry studie jsou následující: participanty, kteří mají nízkou úroveň tukové hmoty jsou obvykle lidé mající vyšší vzdělání. Dále jsou více pohybově aktivní a mají menší zastoupení onemocnění diabetes mellitus než lidé s vysokým množstvím tukové hmoty. Naproti tomu lidé s malým zastoupením tukoprosté hmoty častěji kouří, konzumují větší množství alkoholu a jsou méně pohybově aktivní. Ze studie tedy vyplývá, že na zastoupení tukové a tukoprosté hmoty v těle má vliv nejen životní styl, ale také zde byla zjištěna souvislost s dosaženým vzděláním.

5.6 Kosterní svalovina

Kosterní svalovina je jedním z typů svaloviny v lidském těle. Jedná se o plastickou strukturu, která se skládá z vody (75 %), bílkovin (20 %) a dalších látek, jako jsou například anorganické soli, minerály, tuky a karbohydráty (5 %). V průměru svalová hmota zabírá téměř 40 % celkové tělesné hmotnosti. Dále obsahuje 50-75 % celkových tělesných proteinů. Množství svalové hmoty závisí na mnoha faktorech, jako je nutriční status, hormonální rovnováha, úroveň fyzické aktivity, zranění nebo nemoci a další. Tyto faktory ovlivňují rovnováhu mezi tvorbou a degradací tělesných proteinů, což ovlivňuje celkové množství svalové hmoty v těle. Hlavní funkcí kosterní svaloviny je přeměna chemické energie na energii mechanickou. Díky tomuto mechanismu dochází ke generaci síly a výkonu. Je nám tak umožněno udržovat posturu a vykonávat pohyb. (Frontera a Ochala 2015)

Ke stanovení zastoupení svalové hmoty v těle bylo vyvinuto mnoho různých způsobů měření. Patří mezi ně měření koncentrace kreatininu, ultrasonografie, CT, MRI, MRI spektroskopie, bioelektrická impedance a DEXA. (Heymsfield et al. 2014)

Studie Ponti et al. (2020) se zabývala klady a zápory jednotlivých typů měření množství kosterní svaloviny (+++ značí velmi pozitivní vlastnost metody, zatímco + značí méně pozitivní vlastnost). Výsledky výzkumu jsou shrnuty v následující tabulce:

Method	Frequently used measures	Skeletal muscle compartment						
		Regional muscle	Whole body muscle	Low cost	Availability	Radiation exposure	Precision	Accuracy
Anthropometry	Arm circumference	++	+	+++	+++	+++	+	+
	Calf circumference	++	+	+++	+++	+++	+	+
	Predicted ASMM	+	++	+++	+++	+++	+	+
Bioelectrical impedance	Predicted FFM mass	+	+	+++	+++	+++	+	+++
	Predicted ASMM	++	++	+++	+++	+++	+	+++
Ultrasound	Mid-tight image	++	+	+++	+++	+++	++	+++
Dual energy X-ray absorptiometry	Whole body scan	+++	++	++	++	++	(+)++	+++
Computed tomography	Mid-tight image	+++	+	+	+	+	+++	+++
Magnetic resonance imaging	Mid-tight image	+++	+	+	+	+++	+++	+++
	Total body multi image	+++	+++	+	+	+++	+++	++

Obrázek 6 - Přehled metod zjišťování zastoupení kosterní svaloviny u dospělých. (Ponti et al. 2020)

Generalizovaná porucha kosterního svalstva je nazývána jako sarkopenie. Dochází k rychlé ztrátě svalové hmoty a snížení její funkce. Obvykle se sarkopenie vyskytuje u starších lidí. S věkem svalová hmota přirozeně ubývá. Sarkopenie se může vyskytnout i u lidí středního věku. Proces úbytku svalové hmoty je ovlivněn genetickými faktory, ale také dalšími faktory, které na člověka působí během celého života. (Cruz-Jentoft a Sayer 2019)

5.7 Kostí

Kost je poměrně tvrdou tkání, která je silně mineralizovaná. Chemické složení kosti je velmi rozmanité. Hmotnost kosti je tvořena ze 60 % pevnými minerálními látkami, z 12 % vodou, ze 4 % tuky a z 24 % ostatními organickými látkami. Nejvyšší zastoupení mezi organickými látkami má kolagen typu I (90-95 %), zbytek tvoří proteoglykany. Anorganická část je zastoupena především minerální složkou. Z ní 85 % tvoří hydroxyapatit a 10 % uhličitán vápenatý (CaCO_3). Hydroxyapatit však v kostech nemáme od narození. Během počátku kostnatění máme v kostech látku zvanou hydrogenfosforečnan vápenatý (CaHPO_4), který se až v průběhu dalších procesů mění na hydroxyapatit. V menším zastoupení se zde vyskytují ionty Na^+ , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} a F^- . Chemické složení kosti není stálé a s věkem se poměr anorganické a organické složky mění. Dětská kost je tvořena až z 52 % organickou složkou zvanou ossein. Dospělí lidé mají již pouze 40 % osseinu a u starých lidí tento poměr klesá až na hodnotu 30 %. Díky osseinu jsou naše kosti odolnější vůči mechanickému nárazu, tudíž u starších lidí se s věkem zvyšuje riziko poranění kosti. (Kočárek 2010)

Studie Vaitkeviciute et al. (2014) potvrdila, že vyšší množství LBM má velký pozitivní efekt na množství kosterní hmoty v oblasti krčku stehenní kosti a v bederní oblasti páteře u chlapců v období růstového spurtu. Dále bylo zjištěno, že chlapci v kategorii podváhy mají vyšší šanci, že budou mít během budoucího rozvoje (v průběhu 2 let) nižší množství celkové kosterní hmoty v porovnání s chlapci s normální hmotností, nadváhou a obezitou.

Pravidelné provozování aktivit vysoké intenzity mají pozitivní efekt na hustotu kosterní hmoty u chlapců ve věku 11 až 13 let. (Marin-Puyalto et al. 2019)

6 Charakteristika mladšího školního věku

Ptáček a Kuželová (2013) rozdělují život člověka do následujících období: prenatální období, novorozenecké období, kojenecký věk, batolecí věk, předškolní věk, mladší školní věk, střední školní věk, období pubescence a adolescence. Fáze mladšího školního věku začíná nástupem dítěte do školy (6-7 let) a končí nástupem pubescence (přibližně ve věku 11-12 let dítěte).

6.1 Psychomotorický vývoj

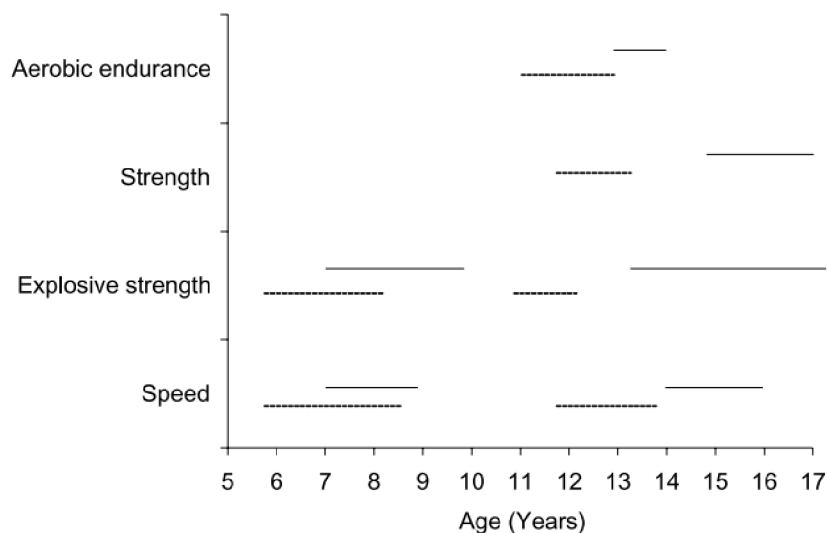
Období by se dalo popsat jako relativně klidné a bez větších vývojových změn. Největší změnu v psychickém a sociálním vývoji dítě zažívá s nástupem do školy. Dítě se musí vyrovnat s novými podmínkami, novým denním režimem, autoritou učitele, novým kolektivem a dlouhodobějším odloučením od rodiny. Dítě se začíná orientovat v prostoru a v čase, zdokonaluje se ostrost jeho smyslů. Na počátku této fáze je myšlené dítěte konkrétní, názorné, situační a příčinné. Dítě není schopné pochopit abstraktní pojmy. Paměť dítěte zpočátku funguje mechanicky. Aktivně využívá přibližně 5 tisíc slov, ale zná jich až 10 tisíc. Postupně opouští egocentrismus, což znamená, že se již učí vidět svět i z jiné než z vlastní perspektivy. Charakteristická je pro toto období svévolná aktivita dítěte. (Ptáček a Kuželová 2013)

Na vývoj motoriky dítěte má vliv celkový fyzický a intelektuální vývoj a růst. Dítě se vyznačuje vysokou spontánní pohybovou aktivitou. Pohyby vykonávané velkými svaly jsou již zcela dokonalé, dítě by mělo zvládnout chůzi mezi překážkami, chůzi po schodech i v nerovném terénu. Dále se zlepšuje stabilita a koordinace (dítě by mělo zvládnout stoj na jedné noze). Rozvoj jemné motoriky je důležitým ukazatelem připravenosti dítěte na nástup do školy. Dobře rozvinutá jemná motorika je nezbytně nutná pro správný nácvik psaní. (Ptáček a Kuželová 2013)

Neméně důležitou součástí je vývoj kognitivních procesů dítěte. Pokud úroveň kognitivních schopností dítěte zaostává, je vhodné žádat o odklad školní docházky. Mezi pátým a sedmým rokem života dítěte dochází k dozrání sluchového a zrakového vnímání. Dítě již dokáže rozeznat vizuální a zvukovou podobu slov. Rozvíjí se vidění na blízko. Výrazně se zlepšuje krátkodobá paměť a dlouhodobá paměť se zlepšuje s věkem. Nové školní prostředí se výrazně podílí na utváření identity dítěte. Dochází k sebepoznání a později k sebedefinici a sebekontrolě. Podle stádií kognitivního vývoje dle Piageta řadíme děti od 2 do 7 (8) let do předoperačního období. Toto období je charakteristické intenzivním experimentováním s objekty, které je doprovázeno rozvojem řeči. Dětské myšlení je zatím egocentrické. U dětí ve věku od 7 (8) let do 11 (12) let dochází k nárůstu schopnosti manipulovat s mentálními

reprezentacemi konkrétních objektů. Děti také začínají respektovat zákony logiky a dokáží brát v úvahu více než jednu charakteristiku objektu. (Ptáček a Kuželová 2013) (Průcha 2009)

Období ve věku od 6 do 10 let je charakteristické akcelerovaným rozvojem explozivní síly a rychlosti, jak je patrné z následujícího grafu. (Viru et al. 1998)



Obrázek 7 - Období akcelerovaného zlepšování motorických schopností u chlapců (plná čára) a dívek (tečkovaná čára) v různých věkových skupinách dětí a adolescentů. (Viru et. Al. 1998)

Studie Jürimäe a Jürimäe (2000) se zabývala vztahem mezi antropometrickými charakteristikami dětí ve věku 10 až 12 let a jejich motorickými kompetencemi. Byl zjištěn mírný vztah mezi těmito dvěma komponenty.

6.2 Somatický vývoj

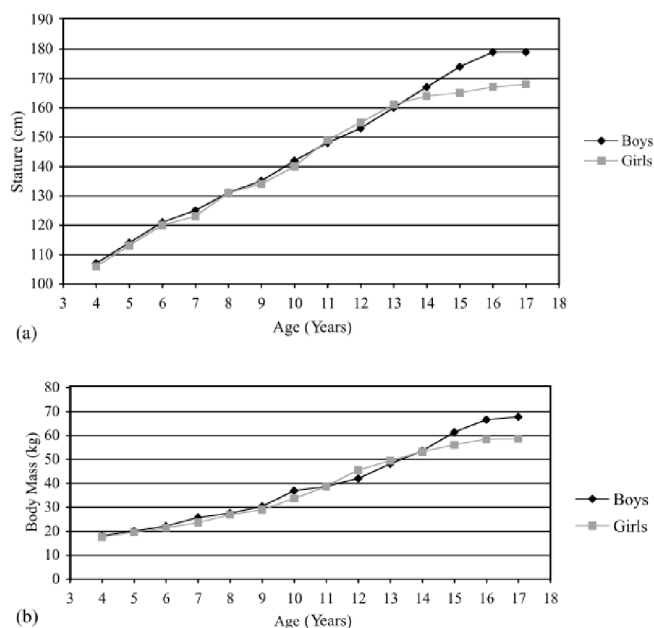
Růst dítěte je výsledkem neustálé interakce jeho genů a okolního prostředí. Okolní prostředí zahrnuje socioekonomický status rodiny, školní prostředí, ale také prostředí okolí jeho bydliště a celého státu. Změny v růstovém vzorci tak odrážejí změny v jednom nebo více těchto faktorech. Tato variabilita ztěžuje předpovídání složení těla dospělých na základě měření v dětství. Délka a šířka kostí dítěte jsou více geneticky determinovány než hmotnost těla a množství podkožního tuku, které jsou více závislé na prostředí. (Jürimäe a Jürimäe 2000)

Na rozdíl od období pubescence, období prepubescence je charakteristické pozvolným a rovnoměrným vývojem. V průměru dochází k přírůstku tělesné výšky o 5-6 cm za rok. Ve věku přibližně 7,5 až 8,5 let se nápadně zeštíhluje postava, ztenčuje se vrstva podkožního tuku a dochází k intenzivnímu růstu dolních končetin. Následuje období věku od 8 do 10-11 let u dívek a od 8 do 11-12 let u chlapců, které nazýváme obdobím druhé plnosti. Ke konci tohoto

období můžeme pozorovat zpomalení růstu, které trvá až do počátku pubertální růstové akcelerace. (Suchomel 2004)

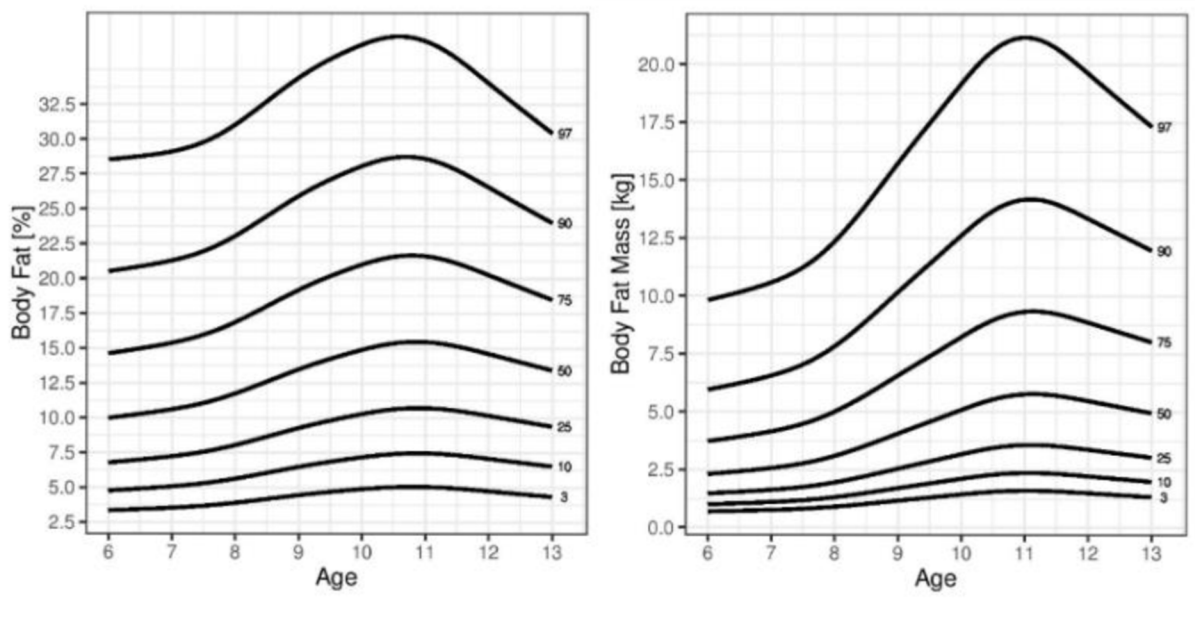
Při hodnocení tělesné výšky podle percentilových tabulek je nutné brát v úvahu tělesnou výšku rodičů. Dále také musíme brát v potaz nástup pubertálního období, kdy nastupuje růstový spurt u různých jedinců v rozdílném věku (dochází přechodně k urychlenému růstu). (Státní zdravotní ústav 2005)

Do období puberty můžeme mezi dívkami a chlapci pozorovat jen malé rozdíly v antropometrických charakteristikách (s výjimkou pohlavních orgánů). Hmotnost a postava jsou u chlapců a dívek v tomto období podobné. Dívky však mají od mladého věku větší množství tukové hmoty. Mezi množstvím tukové hmoty a množstvím pohybové aktivity je reverzní vztah. K růstovému spurtu dochází u dívek o 1 až 2 roky dříve než u chlapců. V tomto krátkém období (ve věku okolo 10 let) bývají dívky vyšší než chlapci stejného věku. (Jürimäe 2000) (Raudsepp a Jürimäe 1997)

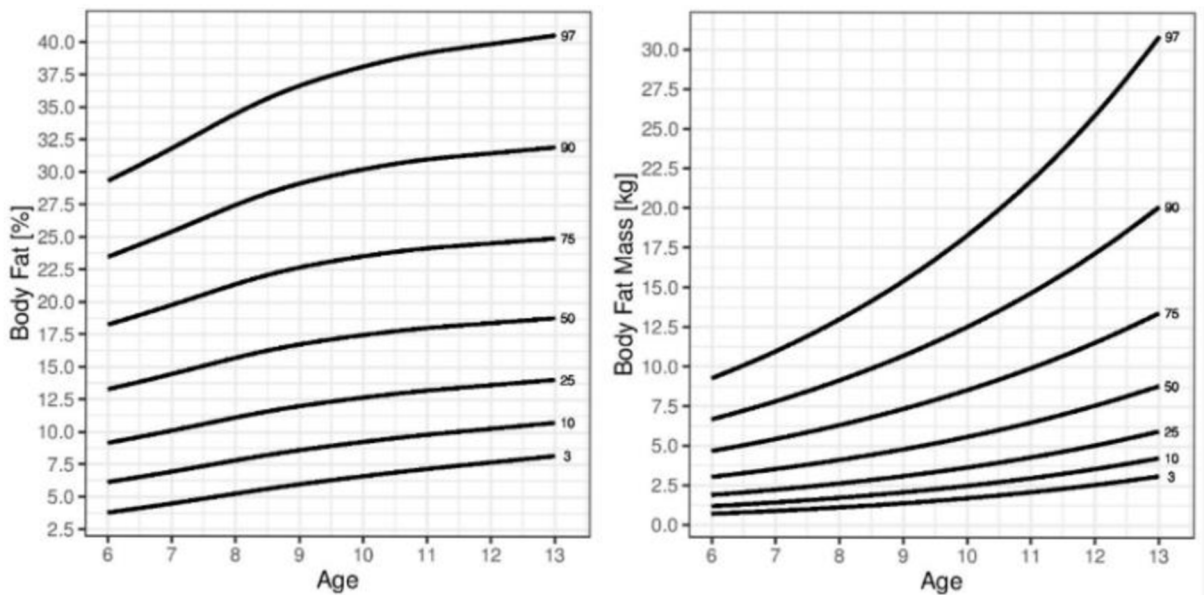


Obrázek 8 - Porovnání průměrné tělesné výšky (a) a tělesné hmotnosti (b) u estonských chlapců a dívek ve věku 4 a 17 let. (Jürimäe 2000)

Studie Zbořilová et al. (2021), která se zabývá tělesným složením českých dětí ve věku 6-11 let došla k následujícím závěrům. Celkově mají chlapci vyšší množství kosterní svaloviny, zatímco dívky mají vyšší množství tělesného tuku a vyšší hodnoty PBF. U chlapců dochází ke zvyšování množství FM a PBF od dětství až do věku 11 let, kdy tyto hodnoty dosahují maxima. U dívek dochází k většímu nárůstu množství FM a PBF okolo 10. roku života.



Obrázek 9 - Percentilové tabulky pro PBF a FM u českých chlapců ve věku 6-13 let. (Zbořilová et al. 2021)



Obrázek 10 - Percentilové tabulky pro PBF a FM u českých dívek ve věku 6-13 let. (Zbořilová et al. 2021)

Rozdíl mezi pohlavími můžeme vidět také v oblasti měření tloušťky podkožního tuku. Tloušťka podkožního tuku měřená na místech tricepsu, subskapuláru, bicepsu a středu podpaží byla významně vyšší u prepubertálních dívek. Jediné tělesné obvody, které se nelišily mezi pohlavími, byly obvody sedací části, stehna a lýtek, což naznačuje, že relativní svalnatost dolní části těla se vyvíjí podobným způsobem u předpubertálních chlapců i dívek. (Jürimäe a Jürimäe 2000)

Studie Gätjens et al. (2021) se zabývala rozdíly v tělesném složení dětí od 5 do 17 let. Hodnoty BMI, FMI (Fat Mass Index) a FFMI (Free Fat Mass Index) se zvyšovaly spolu s věkem a byly pozorovány signifikantní rozdíly mezi pohlavími ve všech pozorovaných věkových skupinách. Pouze u věkové kategorie ve věku 5-7 let byly hodnoty BMI, FMI a FFMI v průměru stejné u chlapců i u dívek.

Při určování tělesného složení u dětí musíme brát v úvahu také rasové a etnické rozdíly. Bylo zjištěno, že čínští chlapci a dívky (5–18 let) mají vyšší tělesnou hmotnost a vyšší množství tělesného tuku ve srovnání s dívkami bílé pleti a japonskými chlapci a dívkami stejného věku. Mladé afroamerické dívky (9–19 let) mají vyšší množství FFM ve srovnání s bílými nebo hispánskými dívkami stejného věku a vzrůstu. Afroamerické děti v období prepuberty (9–12 let) mají nižší množství celkového tělesného vnitřního a podkožního tuku ve srovnání s kavkazskými předpubertálními dětmi, ale se stoupajícím věkem se u nich zvyšuje procento tělesného tuku. Tyto rozdíly ovlivňují výsledky bioelektrické impedance u dětí. (Xiong et al. 2012) (Kyle et al. 2015)

Somatotyp je další oblastí, ve které je patrný rozdíl mezi chlapci a dívkami. Obecně platí, že somatotypy dětí ve věku od 2 do 6 let se vyvíjejí od endo-mesomorfie směrem k vyvážené mesomorfii u chlapců a k centrálním somatotypům u dívek až do 6 let věku. Následně mají chlapci tendenci k poklesu v mesomorfii a nárůstu v ektomorfii až do puberty, kdy dochází k dramatickému obratu směrem k ekto-mesomorfii, vyvážené mesomorfii nebo endo-mesomorfii. V předpubertálních stádiích dívky směřují k poklesu mesomorfie, následované zvýšením endomorfie, přičemž průměry se pohybují směrem k oblasti centrálního somatotypu během puberty a usazují se někde v endo-mesomorfní oblasti. (Jürimäe a Jürimäe 2000)

V oblasti tělesného složení bylo zjištěno, že před dosažením pohlavní dospělosti mají děti více tělesné vody a méně minerálního obsahu kostí než dospělí. (Jürimäe a Jürimäe 2000)

7 Percentilové tabulky

V praxi potřebujeme posoudit, zda vývoj tělesných charakteristik dítěte odpovídá jeho věku. K tomuto účelu jsou využívány percentilové tabulky. Tabulky nelze používat obecně, je nutné stanovit zvláštní tabulky pro každou populaci. Růst je totiž ovlivněn nejen genetickými predispozicemi, ale také faktory prostředí, socio-ekonomickými podmínkami a kulturními zvyklostmi (spadají sem také stravovací návyky). Je tedy nutné provádět výzkumy v jednotlivých zemích a vytvářet percentilové grafy pro jednotlivé populace. Nejprve se náhodně vybere rozsáhlý vzorek dětí s nejrůznější úrovní a typem výživy pocházející z různých socioekonomických podmínek. Z výsledků je následně stanoven růstový standard. Percentilové tabulky se běžně využívají v pediatrické praxi. Je však nutné posuzovat tělesný růst dítěte v souvislosti s dalšími faktory. V České republice proběhl poslední výzkum v roce 2001. Výsledkem je zdroj referenčních dat pro populaci ve věku 0-18 let. (Pařízková 2007)

V praxi se využívají grafy, které ukazují vztah konkrétního rozměru (výšky, délky, hmotnosti, obvodu hlavy aj.) nebo indexu BMI k věku. Pomocí růstového grafu můžeme porovnat růst dítěte vzhledem k běžným hodnotám v dané populaci. Grafy jsou vytvořené pro dané věkové skupiny a pohlaví. V percentilových grafech jsou obvykle znázorněny čáry, které mají hodnoty 3, 10, 25, 50, 75, 90 a 97 percentilu pro daný věk referenčních údajů. Padesátý percentil obvykle vystihuje střední hodnotu tělesného znaku v referenční populaci. Padesátý percentil však odpovídá průměru pouze u tělesné výšky. Ostatní nesymetrické znaky na padesátém percentilu neodpovídají průměrným hodnotám v populaci. V grafu jsou kromě tlusté linie, která znázorňuje padesátý percentil, zobrazeny tenké linie. Čím dále se tenká linie nachází od linie padesátého percentilu, tím je její hodnota extrémnější. Hodnota daného percentilu pro daný věk znamená, že dané procento dětí ve vyšetřovaném souboru dosahuje této hodnoty nebo hodnot nižších. (Státní zdravotní ústav 2005)

Například hodnota 90. percentilu BMI u desetiletého chlapce je 20. Z percentilového grafu můžeme interpretovat, že 90 % českých chlapců tohoto věku dosahuje hodnot BMI 20 a nižších. Zároveň 10 % chlapců ve věku deseti let dosahuje hodnot BMI vyšších než 20. (Státní zdravotní ústav 2005)

Z percentilových grafů BMI je možné vyčíst hranici nadváhy a obezity. Hranice pro nadváhu byla v ČR stanovena jako 90. percentil a hranice obezity má hodnotu 97. percentilu. Pokud se jedinec pohybuje v rozmezí 75.-90. percentilu, hovoříme o zvýšené hmotnosti. Opačným extrémem je hodnota pod 25. percentilem, zde hovoříme o nízké hmotnosti. Pokud hodnota

klesne pod 3. percentil, je nutné zjistit příčinu tak nízké hmotnosti dítěte (může se například jednat o poruchu příjmu potravy). U chlapců v pubertě je nutné brát v potaz zvyšující se zastoupení svalové hmoty. Zvýšení hodnoty BMI nemusí nutně znamenat zvýšení podílu tukové hmoty. (Státní zdravotní ústav 2005)

U dětí od narození do věku 6-10 let jsou často používány grafy poměru hmotnosti k tělesné výšce (grafy hmotnostně-výškového poměru). Nebereme v úvahu věk dítěte. Graf se využívá pro rychlé posouzení přiměřené hmotnosti u nižších věkových skupin. (Pařízková 2007)

8 Motorická kompetence

Motorická kompetence je schopnost člověka provádět širokou škálu motorických úkonů, včetně pohybové koordinace a kontroly. Ta základem konkrétního motorického výsledku, který je nezbytný pro zvládnutí každodenních úkolů. (Robinson et al. 2015)

Pojem motorická kompetence nezahrnuje pouze výsledné provedení pohybu, ale hodnotí také proces ideomotorických funkcí. (Kobesová a Kolář 2014)

Motorické kompetence se obvykle rozdělují do 3 skupin: lokomoční dovednosti (např. skákání, klusání nebo vertikální výskok), dovednosti související se stabilitou (např. dynamická a statická rovnováha) a manipulační dovednosti (např. chytání, házení a kopání). (Gallahue a Ozmun 2002)

Mezi diagnostické prostředky určené k hodnocení motorické kompetence patří: Movement Assessment Battery for Children-2 (MABC-2), Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), Test of Gross Motor Development Third Edition (TGMD-3), Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT-2), Test zur Erfassung motorischer Basiskompetenzen (MOBAK). (Šeflová 2021)

Kritickým obdobím pro rozvoj motorických kompetencí je dětství. Logan et al. (2012) ve své práci zdůrazňuje, že se motorické dovednosti nerozvíjejí přirozeně nebo automaticky. Je nutné je systematicky učit, rozvíjet a upevňovat. Je tedy důležité podporovat trvalé učení a rozvoj motorické kompetence prostřednictvím cvičení a účasti na vývojově vhodných aktivitách, které vyžadují pokročilejší pohybové vzory a vyšší úroveň výkonu v různých pohybových kontextech. (Lai et al. 2013)

Rozvojem motorických kompetencí v dětství vzniká základ pro učení komplexnějších a složitějších pohybů. Zároveň se úroveň motorických kompetencí stává klíčovým faktorem pro dlouhý aktivní životní styl a zdraví. (Robinson et al. 2015)

Motorické kompetence mají vztah se zdravotně orientovanou zdatností (tělesnou hmotností, kardiorespirační zdatností, svalovou zdatností jedinců a flexibilitou). Zatímco u vztahu MC s tělesnou hmotností byl zjištěn inverzní vztah (vyšší úroveň MC souvisí s nižší tělesnou hmotností jedinců), u vztahu MC s kardiorespirační zdatností a svalovou zdatností byl zjištěn pozitivní vztah (čím vyšší úroveň MC, tím vyšší je kardiorespirační a svalová zdatnost). U vztahu MC s úrovní flexibility jsou výsledky nejasné. (Cattuzzo et al. 2016)

Existuje mnoho studií, které se zabývají vztahem mezi motorickou kompetencí a fyzickou aktivitou. Jednou z nich je studie Clark a Metcalf (2002), která k popsání tohoto vztahu využívá metaforické znázornění učení se šplhání na horu motorického vývoje. Šplhání na horu motorického vývoje je ovlivněno individuálními dovednostmi a schopnostmi, stejně jako individuálními rozdíly v kontextu a praxi. Je také reprezentativním vyjádřením konečného dosažení motorického vývoje (vrcholu hory), tedy dosažení dovedných motorických. Metafora říká, že základní pohybové dovednosti představují „základní tábor“, ze které děti budou stoupat na horu motorického vývoje a dosáhnou specifických motorických dovedností. Během zdolávání hory však budou děti následovat různé „vývojové trajektorie“, které jsou založeny částečně na individuálních omezeních a na příležitostech prostředí.

Motorická zdatnost je považována za jeden z možných determinantů fyzické aktivity dětí, zejména pokud jde o schopnost jednotlivce ovládat různé základní pohybové dovednosti používané při fyzické aktivitě. Děti s vysokou úrovní motorické zdatnosti se mohou snáze účastnit fyzické aktivity, zatímco děti s nízkou úrovní motorické zdatnosti mohou zvolit více sedavý životní styl kvůli svým motorickým problémům. Dalším vlivem, který s úrovní motorické zdatnosti souvisí je vnímaná způsobilost dětí k plnění úkolů. Děti s nižší úrovní motorické zdatnosti mohou vnímat, že jsou méně způsobilí k plnění fyzických úkonů. Snižuje se tím tak jejich motivace a často tak vzdávají další pokusy o splnění úkolů dříve než děti s vyšší úrovní motorické zdatnosti. (Wrotniak et al. 2006)

Stodden et al. (2009) ve své studii popisuje vztah mezi tělesným složením, pohybovou aktivitou, tělesnou hmotností a motorickou kompetencí. Vliv úrovně motorické kompetence se mění v průběhu ontogeneze. Během raného dětství má úroveň pohybové aktivity vliv na úroveň motorické kompetence, ale v pozdější fázi dětství je tomu naopak. Úroveň motorické kompetence ovlivňuje zapojení dětí do pohybové aktivity.

8.1 Vztah úrovně MC a somatických parametrů

Studie Webster et al. (2021) tvrdí, že hodnocení výkonů v oblasti motorických dovedností pomocí BMI je značně omezené. BIA by mohla být vhodnější metodou k prozkoumání a porozumění různým úrovním motorických dovedností u dětí, což je klíčové pro celkové zdraví (zejména co se týká pohybových dovedností). Tato práce zjistila, že výsledky BIA (množství tukové hmoty, procento tělesného tuku a množství tukoproté hmoty) vysvětlují variabilitu ve výkonu FMS (základních motorických dovedností) více než hodnoty BMI. Tento

fakt naznačuje, že tato měření prováděná v terénu mohou být vhodnější pro porozumění složení těla a jeho vztahu k různým typům FMS u dětí.

Studie Lopes et al. (2012) se zabývá vztahem mezi úrovní motorické kompetence a BMI u dětí. Motorická kompetence má inverzní vztah k indexu tělesné hmotnosti (BMI), tzn. čím vyšší je úroveň motorické kompetence u dětí, tím nižší je jejich BMI. Síla tohoto negativního vztahu se zvyšovala během dětství, ale naopak klesala v rané adolescenci. Děti s nadváhou a obezitou prokázaly významně nižší úroveň motorické kompetence ve srovnání s vrstevníky s normální hmotností.

K podobným závěrům došel také Martins et al. (2024). Z výsledků studie vyplývá, že mezi úrovní MC a BMI percentily je negativní korelace. Byly zaznamenány negativní asociace pohybových dovedností, dovedností s míčem a celkové motorické dovednosti s percentily BMI, které se zesilovaly na konci distribuce BMI (97. percentil). Negativní korelace mezi MC a BMI percentily můžeme pozorovat již v předškolním věku. Tyto asociace se zvyšují u předškoláků, kteří jsou klasifikováni jako obézní (bez ohledu na pohlaví).

Ve studii Lopes et al. (2014) bylo zjištěno, že nižší úroveň motorické kompetence je spojena s vyšším rizikem vzniku nadváhy a obezity v budoucím životě dítěte. Riziko se zvyšuje spolu s věkem jedince. Navíc podle studie (D'Hondt et al. 2014) status hmotnosti dítěte negativně ovlivňuje úroveň hrubé motoriky v budoucnosti jedince. K tomuto závěru dospěla také novější studie Biino et al. (2023), která se zabývá vztahem mezi úrovní hrubé motoriky (Gross Motor Competence=GMC) a BMI u dětí ve věku 8-13 let. Bylo zjištěno, že hodnoty GMC se zvyšovaly s přibývajícím věkem jedinců a nebyl zjištěn rozdíl mezi dívkami a chlapci. Korelace GMC a BMI byla negativní (jedinci s vyšším GMC měli nižší hodnoty BMI).

Bez ohledu na použitý nástroj měření a klasifikace úrovně motorické kompetence, je pravidelně sledován stejný trend u dětí s nadváhou nebo obezitou. Jedná se o nižší kvalitu ovládnutí základních motorických dovedností (tj. provedení pohybu) a horší výkony v oblasti hrubé motoriky a koordinace v porovnání s jedinci stejného věku v kategorii normální tělesné hmotnosti. Jednalo se především o testy zaměřené na rovnováhu, manuální zručnost a úlohy s míčkem. (D'Hondt et al. 2009)

Studie D'Hondt et al. (2011) porovnávala obézní děti ve dvou věkových skupinách. Bylo zjištěno, že starší obézní děti (10-12 let) vykazovaly horší skóre motorické kompetence než obézní děti ve věku 5-7 let.

Lopes et al. (2012) zjišťoval vztah mezi úrovní motorické kompetence a BMI v dětství a rané adolescenci. Nejvyšší negativní korelace mezi úrovní MC a BMI byla zjištěna u jedinců ve věku 11 let. Dále byla zjištěna zvyšující se negativní korelace u obou pohlaví ve věku 6-11 let, naopak síla korelace se snižovala u jedinců ve věku od 11 do 14 let. U dívek i u chlapců všech hmotnostních kategoriích byly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly v MC. Dívky i chlapci s hmotností v kategorii normální dosahovali vyššího skóre motorické kompetence než jedinci v kategorii obezity.

Vliv na úroveň motorické kompetence však nemá pouze spektrum BMI v kategoriích nadváhy a obezity, ale také v kategoriích nízkých hodnot BMI. Dle Lopes et al. (2018) je vztah mezi úrovní motorické kompetence a BMI nelineární, tj. jedinci s nízkým nebo naopak vysokým BMI mají nižší úroveň motorické kompetence než jedinci s BMI v kategorii „normální“.

Vliv na výsledné skóre MC má také procento tělesného tuku. Bylo prokázáno, že jedinci s relativně nízkým skóre MC mají vyšší procento tělesného tuku. Almeida et al. (2023) K podobnému závěru došel ve své studii také Hay et al. (2004), který tvrdí, že: Jedinci, kteří jsou vnímáni jako nemotorní mají v průměru vyšší procento tělesného tuku.

Nobre et al. (2022) také dochází k závěru, že přebytečná tuková hmota u předškoláků má vliv na úroveň hrubé motoriky. Čím vyšší je množství nadbytečné tukové hmoty u předškoláků, tím nižšího skóre hrubé motoriky dosahují.

8.2 Vývojová porucha koordinace (specifická vývojová porucha motorických funkcí = DCD)

DCD pochází z anglického Developmental Coordination Disorder. Často se setkáváme s problémy ohledně diagnostiky a definice DCD. DCD se vyskytuje napříč kulturami, rasami a sociálně-ekonomickými podmínkami. DCD je považována za neurovývojovou poruchu, která se může vyskytovat s jednou nebo více dalšími neurovývojovými a neurobiologickými poruchami (např. ADHD, specifické poruchy jazyka, specifické poruchy učení, poruchy autistického spektra, dyslexie a poruchy čtení). (Blank et al. 2012)

Děti s DCD tvoří heterogenní skupinu a deficity v motorické koordinaci, kterým čelí, jsou velmi různorodé. Jejich koordinační deficity se mohou týkat hrubých motorických dovedností, jemných motorických dovedností nebo obou těchto skupin. Někteří jedinci mohou mít obtíže s pohyby prstů nebo s koordinací ruky a oka. Jiní jedinci mohou mít špatnou rovnováhu a jiné mohou dosáhnout vývojových milníků později než jejich vrstevníci. (Dewey a Wilson 2001)

Uvádí se, že DCD postihuje 5-6 % žáků školního věku. Tyto údaje však mohou být zkresleny, protože často není tato porucha diagnostikována odborníkem. (Blank et al. 2012)

9 Metodika

9.1 Výzkumný soubor

Měření probíhalo na sedmi základních školách v Libereckém kraji. Jednalo se o běžné základní školy. Sportovní ZŠ ani ZŠ pro žáky se speciálními potřebami nebyly do měření zahrnuty.

Tabulka 2 - Zastoupení testovaných žáků v jednotlivých věkových kategoriích.

Věk (roky)	Dívky	Chlapci	Celkem
6,00-6,99	43	39	82
7,00-7,99	74	108	182
8,00-8,99	67	61	128
9,0-9,99	62	60	122
10,00-10,99	41	54	95
Všechny kategorie	287	322	609

Celkem se měření účastnilo 609 žáků ve věku 6,00-10,99 let. Nejvíce jedinců bylo testováno ve věkové kategorii 7,00-7,99 let, nejméně pak v kategorii 6,00-6,99 let. Testování se účastnilo více chlapců (53 %) než dívek (47 %).

9.2 Metodika měření

Metoda měření tělesného složení:

K měření tělesného složení byl použit přístroj InBody (InBody Co., Ltd., Korea) a k měření tělesné výšky přenosný výškoměr (InBody Co., Ltd., Korea). Měření bylo získáno data o tělesné výšce a hmotnosti, která byla přepočítána na hodnoty BMI.

Procento tělesného tuku bylo stanoveno pomocí predikčních rovnic dodaných výrobcem přístroje InBody. Nejedná se o speciální rovnice pro dětskou populaci, což může být limitujícím faktorem této studie.

Metoda měření úrovně motorické kompetence:

K testování úrovně motorické kompetence byl použit Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT 2), kompletní forma. Tato forma obsahuje 53 testových položek. S pomocí tohoto testu se určuje skóre tzv. total motor composite (TMC), úroveň jemné a hrubé motoriky ve 4 různých motorických oblastech (značeno Test 1, Test 2, Test 3, Test 4) s 8 subtesty.

BOT-2 je běžně používaným diagnostickým nástrojem pro hodnocení vývoje psychomotoriky u dětí ve věku od 4 do 21 let. (Wuang et al. 2009)

BOT-2 test je nástupcem Bruininks-Oseretsky testu motorické proficeience. BOT-2 vznikl ve snaze zjednodušit a zefektivnit původní testování motorické proficeience. Existují dvě verze BOT-2 testu. Krátká forma testu trvá 15-20 minut (pro otestování jedné osoby). Dlouhá forma testu trvá 45-60 minut (pro otestování jedné osoby). (Jírovec et al. 2019)

BOT-2 je určen k použití jak pro praktiky (ergoterapeuti, fyzioterapeuti, učitelé tělesné výchovy,...), tak pro výzkumníky. Slouží jako prostředek pro charakterizaci motorického výkonu, konkrétně v oblastech jemné manuální kontroly, koordinace manuálních pohybů, koordinace těla a síly a obratnosti. (Deitz et al. 2007)

BOT-2 se skládá ze čtyř motorických kompozit:

- Jemná manuální kontrola (zahrnuje motorické dovednosti související s ovládním a koordinací svaloviny rukou a prstů);
- Koordinace manuálních pohybů (zahrnuje motorické dovednosti související s ovládním a koordinací paží a rukou, zejména manipulací s objekty);
- Koordinace těla (zahrnuje ovládním a koordinaci velkých svalových skupin používaných k udržování postoje a rovnováhy);
- Síla a obratnost (zahrnuje aspekty kondice a koordinace související s neformální hrou, soutěžními sporty a jinou fyzickou aktivitou).

Každý motorický kompozit zahrnuje dva subtesty. Krátká verze se skládá ze 14 testových položek vybraných z kompletní verze subtestů. Dlouhá verze obsahuje 53 testových položek. (Bruininks a Bruininks 2012)

Tabulka 3 - Motorické kompozity a subtesty dlouhé formy BOT-2 testu. (Deitz, et al. 2007) - přeloženo autorem

	<u>MOTORICKÝ KOMPOZIT</u>	<u>SUBTEST</u>	<u>PŘÍKLAD ÚLOHY</u>	<u>POČET ÚLOH</u>
Jemná motorika	Jemná manuální kontrola (test 1)	Jemná manuální kontrola (subtest 1)	Vystřihování	7
		Integrace jemné motoriky (subtest 2)	Obkreslování tvarů	8
	Koordinace manuálních pohybů (test 2)	Manuální zručnost (subtest 3)	Třídění karet, navlékání korálek	5
		Koordinace horních končetin (subtest 7)	Driblování s míčkem, chytání míčku	7
Hrubá motorika	Koordinace těla (test 3)	Bilaterální koordinace (subtest 4)	Skákání na místě	7
		Rovnováha (subtest 5)	Stoj na kladince	9
	Síla a obratnost (test 4)	Běžecká rychlost a obratnost (subtest 6)	Skoky na jedné noze, běh	5
		Síla (subtest 8)	Sedy-lehy, skok daleký z místa	5
Celkem: 53 úloh				

Stručná somatická charakteristika:

Průměrná tělesná hmotnost testovaného souboru je $30,67 \pm 9,02$ kg. Nejvyšší průměrná tělesná hmotnost byla zaznamenána v kategorii 10letých dětí, kde průměrná tělesná hmotnost dosahuje hodnoty $40,59 \pm 9,99$ kg.

Průměrná tělesná výška testovaného souboru je $133,46 \pm 9,71$ cm. Nejvyšší průměrná tělesná hmotnost byla naměřena v kategorii 10letých dětí, kde průměrná tělesná výška je $145,42 \pm 6,64$ cm.

10 Výsledky a diskuze

10.1 Analýza somatických parametrů

Naměřená data o somatických parametrech jsou blíže analyzována v následujících podkapitolách.

10.1.1 Tělesná hmotnost

Tabulka 4 – Průměrná tělesná hmotnost v jednotlivých věkových kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	Hmotnost (kg)	SD	Hmotnost (kg)	SD	Hmotnost (kg)	SD
6,00-6,99	22,70	3,40	24,94	5,81	23,77	4,83
7,00-7,99	25,71	4,44	27,07	4,29	26,52	4,40
8,00-8,99	29,51	6,13	31,14	9,82	30,29	8,14
9,0-9,99	34,20	7,61	34,63	8,84	34,41	8,24
10,00-10,99	39,44	10,60	41,46	9,40	40,59	9,99
Všechny kategorie	29,95	8,55	31,33	9,40	30,67	9,02

S přibývajícím věkem dochází k nárůstu hodnot aritmetického průměru tělesné hmotnosti u dívek i chlapců. Mezi jednotlivými věkovými kategoriemi dívek byly zjištěny rozdíly podle Cohena d v kategorii střední. V kategorii 7 až 8 let a 9 až 10 let byly zjištěny rozdíly střední ($d=0,54$ a $d=0,75$). Pokud porovnáme rozdíly mezi 6letými a 10letými dětmi, Cohenovo d ukazuje na významný rozdíl v kategorii dívek ($d=2,12$) i chlapců ($d=2,11$).

Nejvyšší naměřenou hodnotou tělesné hmotnosti je 73,3 kg (u devítiletého chlapce). Nejnižší tělesná hmotnost byla zaznamenána u sedmileté dívky (16,4 kg).

Pro porovnání hodnot v jednotlivých kategoriích byly hodnoty tělesné hmotnosti (a následně i tělesné výšky) přepočítány pomocí programu RůstCZ na hodnoty percentilů pro českou populaci v daných věkových kategoriích (a podle pohlaví).

Tabulka 5 - Aritmetické průměry percentilů tělesné hmotnosti v jednotlivých kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	Hmotnost perc.	SD	Hmotnost perc.	SD	Hmotnost perc.	SD
6,00-6,99	43,44	27,42	52,10	33,80	47,56	30,93
7,00-7,99	55,58	30,35	55,19	30,28	55,39	30,13
8,00-8,99	52,53	30,80	54,70	30,86	53,75	30,60
9,0-9,99	58,42	30,74	56,30	29,25	57,84	30,62
10,00-10,99	63,88	32,19	67,89	28,85	64,77	31,51
Všechny kategorie	53,47	31,56	57,92	30,31	55,84	30,99

Průměrným hmotnostním percentilem výzkumného souboru je 55,84±30,99. Chlapci mají vyšší hodnoty aritmetických průměrů hmotnostních percentilů než dívky ve všech věkových kategoriích kromě kategorie 7,00-7,99 let a 9,00-9,99 let. U obou pohlaví ve všech věkových kategoriích byly nevýznamné rozdíly podle Cohena d. Pokud porovnáme rozdíly mezi 6letými a 10letými dětmi, Cohenovo d ukazuje na střední rozdíl jak u dívek (d=0,69), tak u chlapců (d=0,50).

10.1.2 Tělesná výška

Tabulka 6 – Průměrná tělesná výška v jednotlivých věkových kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	Výška (cm)	SD	Výška (cm)	SD	Výška (cm)	SD
6,00-6,99	121,77	4,82	124,04	7,43	122,85	6,31
7,00-7,99	128,05	5,22	128,64	5,28	128,04	5,26
8,00-8,99	133,47	6,12	135,01	8,09	134,15	7,12
9,0-9,99	138,88	7,26	139,32	7,57	138,87	7,43
10,00-10,99	145,10	6,83	145,52	5,72	145,42	6,64
Všechny kategorie	132,91	9,68	133,97	9,72	133,46	9,71

Průměrná tělesná výška se s přibývajícím věkem zvyšovala. U dívek sledujeme významný rozdíl ve všech věkových kategoriích. V kategorii chlapců dochází k významným rozdílům ve věku 7 až 8 let (d=0,93) a 9 až 10 let (d=0,92). Pokud porovnáme rozdíly mezi 6letými a 10letými dětmi v kategorii dívek i chlapců, Cohenovo d v obou případech ukazuje na významný rozdíl. Nejnížší naměřená tělesná výška je 106 cm (u šestileté dívky), nejvyšší 162,3 cm (u desetiletého chlapce).

K hodnocení tělesné výšky českých dětí byla využita následující tabulka:

Tabulka 7 - Hodnocení tělesné výšky českých dětí podle percentilových grafů. (Státní zdravotní ústav 2005)

Percentilové pásmo Centile channel	Hodnocení Classification
90 <	velmi vysoké / very tall
75 – 90	vysoké / tall
25 – 75	střední / medium
3 – 25	malé / short
< 3	velmi malé / very short

Tabulka 8 - Aritmetické průměry percentilů tělesné výšky v jednotlivých kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	Výška perc.	SD	Výška perc.	SD	Výška perc.	SD
6,00-6,99	46,40	25,52	50,79	31,88	48,49	28,80
7,00-7,99	52,42	26,41	51,70	26,69	52,29	26,60
8,00-8,99	52,47	29,39	53,62	27,87	53,61	28,61
9,0-9,99	51,04	31,17	49,77	30,50	50,23	31,25
10,00-10,99	55,22	27,41	55,87	25,90	55,74	27,32
Všechny kategorie	51,81	28,35	52,34	28,55	52,12	28,44

Všechny věkové kategorie spadají aritmetickými průměry percentilů tělesné výšky do kategorie střední. Nevýznamné rozdíly byly pozorovány ve všech věkových kategoriích u obou pohlaví. Do kategorie tělesné výšky velmi vysoké spadá 67 dětí (11 %), do kategorie velmi malé 19 dětí (3,12 %).

10.1.3 BMI

Protože v dětských kategoriích nemá hodnota BMI vypovídající hodnotu zdravotním stavu jedince, byly tyto hodnoty převedeny na hodnoty BMI percentilů. Johns Hopkins All Children's Hospital (2023) K tomuto účelu byl použit program Státního zdravotnického ústavu: RůstCZ. Data byla rozdělena podle věkových kategorií a pohlaví:

Tabulka 9 - Aritmetické průměry percentilů BMI v jednotlivých kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	BMI perc.	SD	BMI perc.	SD	BMI perc.	SD
6,00-6,99	43,53	26,37	52,36	29,82	47,73	28,40
7,00-7,99	48,96	31,10	54,61	28,10	52,31	29,43
8,00-8,99	50,18	30,44	51,10	30,57	50,62	30,51
9,0-9,99	58,76	30,53	57,32	28,10	58,05	28,10
10,00-10,99	58,90	33,60	66,37	31,91	63,15	33,55
Všechny kategorie	51,66	31,27	56,15	29,76	54,05	30,57

Chlapci mají ve všech věkových kategoriích kromě kategorie 9,00-9,99 let vyšší hodnoty aritmetických průměrů BMI percentilů než dívky. Tyto hodnoty aritmetických průměrů hodnot BMI percentilů spadají do kategorie proporcionalní. Hodnoty Cohena d jak u dívek, tak u chlapců ukazují na nevýznamné rozdíly mezi jednotlivými věkovými kategoriemi.

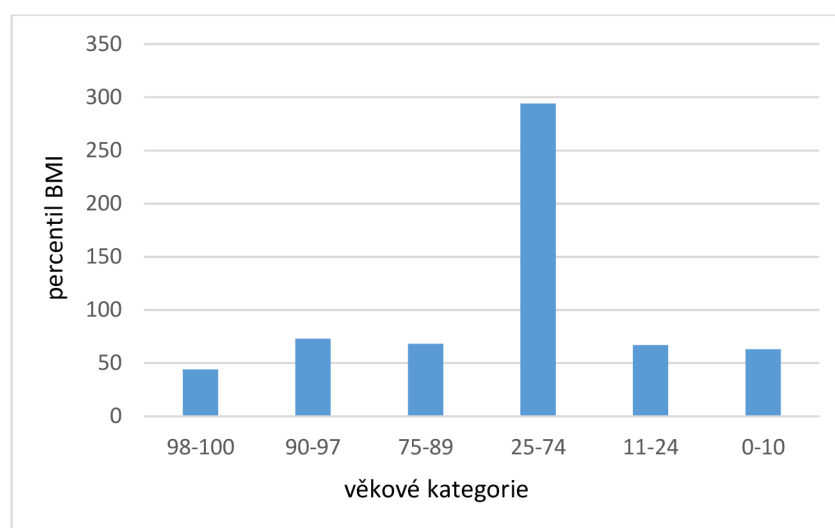
K hodnocení hmotnosti a BMI k tělesné výšce bylo použito rozdělení do následujících kategorií podle Státního zdravotního ústavu (2005):

Tabulka 10 - Hodnocení BMI a hmotnosti k tělesné výšce podle percentilových grafů. (Státní zdravotní ústav 2005)

Percentilové pásmo Centile channel	Hodnocení Classification
97 <	obézní / obese
90 - 97	nadměrná hmotnost / overweight
75 - 90	robustní / plump
25 - 75	proporcionalní / proportionate
10 - 25	štíhlé / thin
< 10	hubené / underweight

Tabulka 11 - Zastoupení dívek a chlapců v jednotlivých kategoriích BMI percentilů.

BMI perc.	Dívky		Chlapci		Celkem	
	n	%	n	%	n	%
98-100	16	5,6	28	8,7	44	7,2
90-97	39	13,6	34	10,5	73	12
75-89	30	10,5	38	11,8	68	11,2
25-74	132	46	162	50,3	294	48,3
11-24	32	11,1	35	10,9	67	11
0-10	38	13,2	25	7,8	63	10,3
Celkem	287	100	322	100	609	100



Graf 3 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích BMI percentilů.

BMI percentilu 100 (nejvyššího možného percentilu) dosáhlo 14 žáků (9 chlapců a 5 dívek). Při hodnotách BMI percentilů nad 85 se doporučuje přistoupit k diagnostice množství tukové hmoty. U všech jedinců s percentilem BMI dosahujícím hodnoty 100 byla zjištěna hodnota %BF v kategorii obezity. Podprůměrných výsledků v oblasti motorické kompetence dosáhlo 10 těchto dětí, 4 děti pak měly výsledky průměrné.

Naopak percentil nižší než 3 považuje za alarmující. Mělo by se přistoupit k bližší diagnostice, která má za cíl zjistit příčinu takto nízké hmotnosti. (Státní zdravotní ústav 2005)

Percentilu 3 a nižšího dosáhlo 15 dětí, z toho 8 chlapců a 7 dívek. Ve všech případech bylo zjištěno procento tělesného tuku v kategorii podváhy (6 dětí dosáhlo hodnoty nižší než 5 % BF). Z těchto dětí 2 dosáhly velmi podprůměrných výsledků oblasti motorické kompetence, 1 dítě dosáhlo podprůměrných výsledků, 10 dětí průměrných výsledků, 1 dítě nadprůměrných a 1 dítě velmi nadprůměrných výsledků.

Ze 44 dětí v kategorii obezity (hodnoceno podle BMI percentilů) je 28 chlapců (63,6 %) a 16 dívek (36,4 %). Naopak v kategorii podvýživy (méně nebo rovno 10 percentil) je z 63 dětí 25 chlapců (39,7 %) a 38 dívek (60,3 %). Pokud porovnáme průměrné hodnoty BMI percentilů celého výzkumného souboru, můžeme konstatovat, že průměrné hodnoty BMI percentilů chlapců (56. percentil) jsou vyšší, než je tomu u dívek (52. percentil).

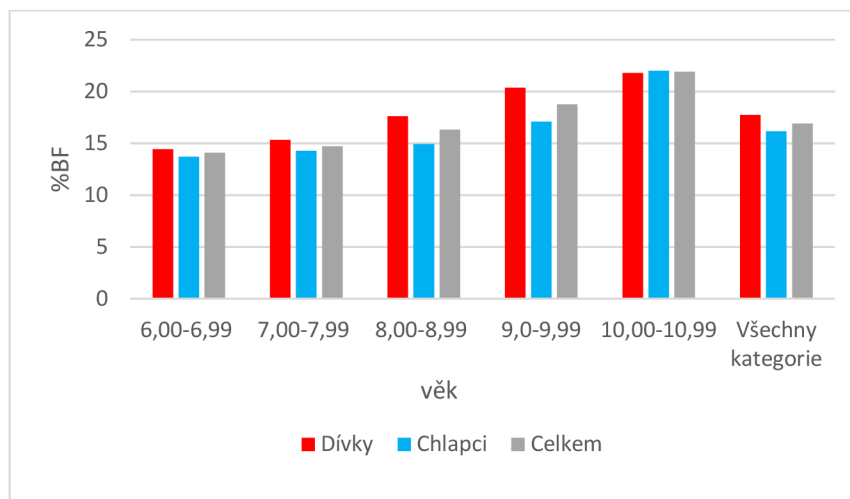
Pomocí přístroje InBody bylo vypočítáno procento tělesného tuku. Procento tělesného tuku bylo hodnoceno podle následujícího rozdělení:

Tabulka 12 - Kategorie procenta tělesného tuku. (Bunc 2007)

Klasifikace	BMI (kg.m⁻²)	%BF (%)
Podváha	<15.5	<16.0
Norma	15.5-21.9	16.1-23.0
Nadváha	22.0-26.9	23.1-28.0
Obesita	27 nebo více	28.1 nebo více

Tabulka 13 - Aritmetické průměry procent tělesného tuku v jednotlivých kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	%BF	SD	%BF	SD	%BF	SD
6,00-6,99	14,44	5,87	13,69	6,38	14,10	6,13
7,00-7,99	15,33	7,43	14,30	7,14	14,72	7,28
8,00-8,99	17,61	7,60	14,93	7,76	16,33	7,80
9,0-9,99	20,37	9,10	17,10	8,45	18,75	8,91
10,00-10,99	21,80	9,90	22,01	10,29	21,92	10,12
Všechny kategorie	17,74	8,46	16,16	8,47	16,91	8,50



Graf 4 – Aritmetický průměr procenta tělesného tuku v jednotlivých kategoriích.

Celkově vyšší hodnoty aritmetického průměru procenta tělesného tuku mají dívky, tento rozdíl je však podle Cohena d nevýznamný ($d=0,19$). Výsledky odpovídají obecnému trendu, kdy s přibývajícím věkem mají dívky v průměru vyšší procento tělesného tuku než chlapci (zároveň se s přibývajícím věkem tento rozdíl zvětšuje). (Srdić et al. 2012) Jedinou odchylku můžeme pozorovat ve věkové kategorii 10,00-10,99 let, kdy chlapci mají v průměru vyšší procento tělesného tuku než dívky. Rozdíl je však podle Cohena d nevýznamný ($d=0,02$).

Nejnižší naměřenou hodnotou %BF je hodnota 3 %, která byla naměřena u 4 chlapců (3 chlapci ve věku 7 let, 1 chlapec ve věku 9 let). Podle TMC skóre můžeme konstatovat, že 3 ze 4 těchto chlapců mají nízkou a velmi nízkou úroveň motorické kompetence. Nejvyšší naměřenou hodnotou %BF je hodnota 43,2 %, která byla shodně naměřena u 2 dětí (u devítileté dívky a desetiletého chlapce). Obě tyto děti mají nízkou úroveň motorické kompetence.

Tabulka 14 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích procenta tělesného tuku.

%BF kategorie	Dívky		Chlapci		Celkem	
	n	%	n	%	n	%
Obezita	41	14,10	39	12,30	80	13,14
Nadváha	28	9,60	21	6,60	49	8,05
Norma	73	25,10	66	20,79	139	22,81
Podváha	149	51,20	192	60,40	341	56,00
Všechny kategorie	291	100	318	100	609	100

Po rozdělení participantů do jednotlivých kategorií můžeme konstatovat, že nejvíce participantů je podle %BF v kategorii podváha (celkově 56 %). Nejméně pak v kategorii nadváha (celkově 8,05 %).

Tabulka 15 - Aritmetické průměry hodnot tukoprosté hmoty v jednotlivých kategoriích.

Věk (roky)	Dívky		Chlapci		Celkem	
	FFM	SD	FFM	SD	FFM	SD
6,00-6,99	19,27	1,96	21,21	3,19	20,19	2,79
7,00-7,99	21,53	2,71	22,96	2,45	22,38	2,65
8,00-8,99	23,91	3,39	26,01	6,48	24,91	5,13
9,0-9,99	26,72	4,51	28,18	4,85	27,44	4,61
10,00-10,99	30,20	4,97	31,54	4,21	30,87	4,86
Všechny kategorie	24,10	4,96	25,71	5,53	24,93	5,33

Aritmetické průměry hodnot FFM se s věkem zvyšovaly u obou pohlaví. Významný rozdíl sledujeme u kategorie dívek 6 až 7 let ($d=0,95$). Nevýznamný rozdíl naopak pozorujeme u kategorie chlapců od 8 do 9 let. Pokud porovnáme věkové kategorie 6 a 10 let, sledujeme podle Cohena d významný rozdíl (u dívek $d=2,89$; u chlapců $d=2,76$). Nejvyšší naměřenou hodnotou FFM je 46,5 (u devítiletého chlapce) a nejnižší hodnota 15,2 (shodně u dvou sedmiletých dívek).

10.2 Analýza výsledků motorické kompetence

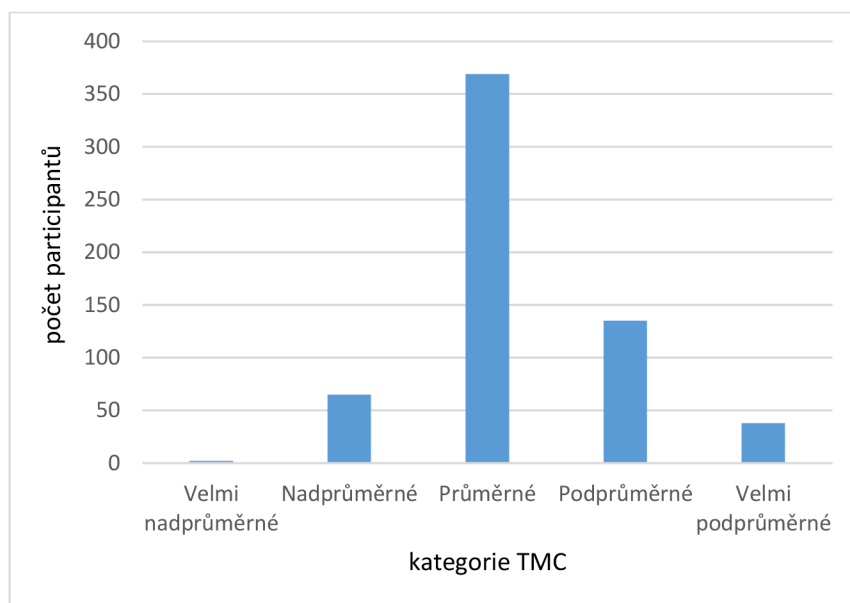
Kategorie TMC se vyhodnocují podle následující tabulky. V tabulce je také uvedeno, kolik účastníků do jednotlivých kategorií spadá.

Tabulka 16 - Zastoupení účastníků v jednotlivých kategoriích TMC.

TMC skóre	Kategorie	Dívky		Chlapci		Celkem	
		n	%	n	%	n	%
nad 70	Velmi nadprůměrné	2	0,7	0	0	2	0,33
60-69	Nadprůměrné	27	9,4	38	11,8	65	10,7
41-59	Průměrné	191	66,6	178	55,28	369	60,6
31-40	Podprůměrné	57	19,9	78	24,22	135	22,2
30 a méně	Velmi podprůměrné	11	3,8	27	8,39	38	6,2
	Celkem	287	100	322	100	609	100

Podle výsledných hodnot TMC můžeme konstatovat, že 6,2 % ze všech účastníků má velmi nízkou úroveň motorické kompetence. Nízkou úroveň motorické kompetence má 135 jedinců (22,2 %). Celkově je tedy 28,4 % testovaných dětí ohroženo DCD. Do kategorie velmi

nadprůměrné však spadá pouze 0,33 % participantů (což odpovídá pouze 2 participantům, obě byly dívky).



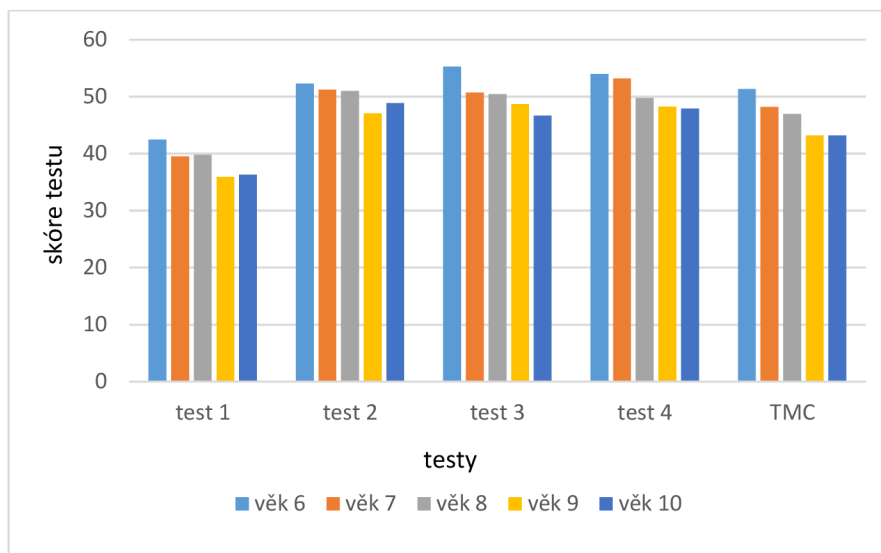
Graf 5 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích TMC.

V jednotlivých věkových skupinách bylo porovnáváno skóre testů 1-4 a skóre TMC.

Tabulka 17 - Aritmetické průměry výsledků jednotlivých testů a skóre TMC v různých věkových kategoriích.

Věk	Test 1		Test 2		Test 3		Test 4		TMC	
	skóre	SD	skóre	SD	skóre	SD	skóre	SD	skóre	SD
6 let	42,51	9,87	52,29	9,96	55,30	9,47	54,00	8,58	51,35	9,06
7 let	39,50	9,27	51,24	11,60	50,73	9,29	53,21	8,33	48,24	9,51
8 let	39,80	10,81	51,02	11,36	50,48	10,26	49,79	7,97	46,98	9,80
9 let	35,89	10,70	47,09	13,15	48,74	10,39	48,25	10,39	43,21	10,85
10 let	36,29	12,10	48,91	10,75	46,71	9,99	47,91	11,61	43,19	10,40
Všechny kategorie	38,75	10,67	50,14	11,68	50,27	10,16	50,78	9,62	46,60	10,33

U jednotlivých testů a skóre TMC byl porovnán rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším aritmetickým průměrem v jednotlivých věkových kategoriích. Významný rozdíl byl sledován u testu 3 (koordinace těla) ve věkové kategorii 6 a 10 let ($d=0,88$) a u TMC skóre ($d=0,84$). Nevýznamný rozdíl ($d=0,44$) byl pozorován u testu 2 (koordinace manuálních pohybů).



Graf 6 - Závislost mezi výsledky jednotlivých testů a věkem participantů.

Ze 37 dětí s velmi podprůměrnými výsledky TMC a vysokým rizikem DCD je 26 chlapců (70,3 %) a 11 dívek (29,7 %). Mezi jedinci s podprůměrnými výsledky je zastoupeno znovu větší procento chlapců, avšak rozdíl již není tak veliký. Ze 135 jedinců se jedná o 78 chlapců (58 %) a 57 dívek (42 %). Nadprůměrného skóre TMC dosáhlo celkem 65 jedinců, z toho 38 chlapců (58,5 %) a 27 dívek (41,5 %). Velmi nadprůměrné výsledky TMC byly zaznamenány pouze u 2 dívek.

Z výsledků je patrné, že s přibývajícím věkem dochází ke snižování průměrného TMC skóre. Tento pokles je věcně významný ($d=0,84$). Věcně významný pokles ($d=0,88$) sledujeme také u testu 2 (integrace jemné motoriky). Výjimkou je pouze test 2 (koordinace manuálních pohybů), u kterého devítiletí jedinci dosáhli nižšího skóre než jedinci desetiletí.

Nejslabší oblastí motorické kompetence byla oblast řízení jemné motoriky, kde velmi podprůměrných výsledků dosáhlo 144 žáků (23,6 %), podprůměrných výsledků (32,3 %). Nejnižší možné skóre (skóre 20) bylo dosaženo 40 jedinci (6,6 %). Nadprůměrné a velmi nadprůměrné výsledky v této oblasti mělo 14 žáků (2,3 %).

V oblasti koordinace manuálních pohybů dosáhlo velmi podprůměrných výsledků 39 jedinců (6,4 %), podprůměrných výsledků 89 jedinců (14,6 %). Nejnižšího možného skóre (skóre 20) dosáhli 4 jedinci (0,7 %). Nadprůměrných a velmi nadprůměrných výsledků dosáhlo 130 žáků (21,3 %).

V oblasti koordinace těla mělo 13 jedinců (2,1 %) velmi podprůměrné výsledky a výsledky podprůměrné mělo 97 jedinců (16 %). Nejnižší možné skóre (skóre 20) bylo zaznamenáno

pouze u jednoho žáka. Nadprůměrné a velmi nadprůměrné skóre bylo dosaženo 106 jedinci (17,4 %).

Oblast síly a obratnosti spadá do velmi podprůměrné kategorie 18 jedinců (3 %), z nichž 10 (1,6 %) dosáhlo nejnižšího možného skóre. Podprůměrné skóre bylo zaznamenáno u 67 jedinců (11 %). Naopak nadprůměrných výsledků dosáhlo 102 jedinců (16,7 %), velmi nadprůměrných výsledků dosáhlo 5 jedinců (0,8 %).

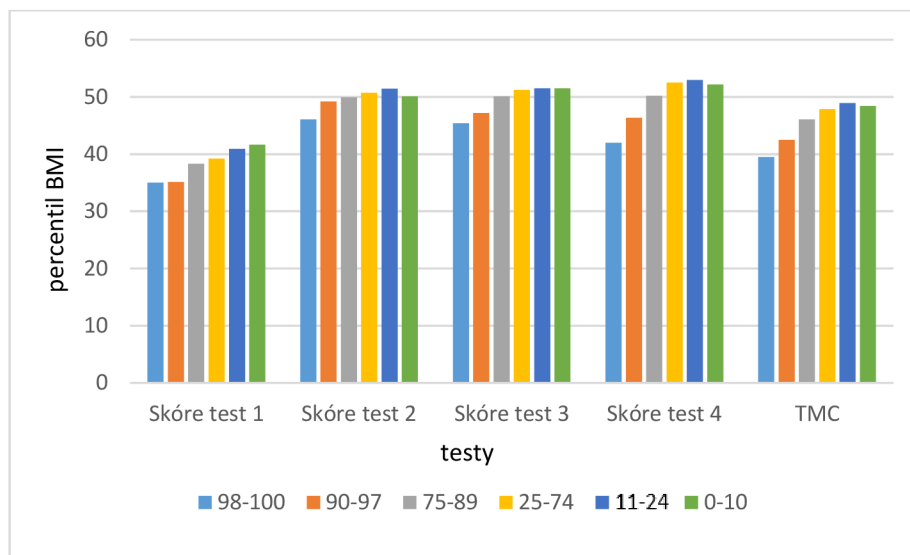
10.3 Analýza vztahů somatických a motorických proměnných

Výsledné skóre ve 4 motorických oblastech a skóre TMC bylo porovnáváno s BMI percentily participantů:

Tabulka 18 - Aritmetické průměry výsledků jednotlivých testů v různých kategoriích BMI percentilů.

BMI perc.	Test 1		Test 2		Test 3		Test 4		TMC	
	Skóre	SD	Skóre	SD	Skóre	SD	Skóre	SD	Skóre	SD
98-100	34,98	9,19	46,10	9,79	45,39	11,23	41,98	10,36	39,48	9,36
90-97	35,11	11,05	49,19	11,24	47,21	9,49	46,33	10,28	42,52	10,28
75-89	38,29	10,42	49,94	11,07	50,10	8,96	50,22	9,06	46,10	9,60
25-74	39,20	10,26	50,74	11,76	51,25	10,10	52,53	8,73	47,87	9,79
11-24	40,91	9,48	51,46	13,55	51,51	9,96	52,93	9,09	48,93	11,10
0-10	41,65	12,52	50,10	10,86	51,51	10,11	52,19	8,18	48,43	9,99

Se zvyšující se hodnotou BMI percentilu dochází ke snižování hodnot získaného skóre ve všech motorických oblastech. Významný rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším aritmetickým průměrem získaného skóre u daných kategorií BMI percentilů byl sledován u testu 4 ($d=1,12$), zaměřeného na sílu a obratnost, a u TMC skóre ($d=0,92$).



Obrázek 11 - Vztah mezi percentily BMI a získaným skóre v jednotlivých testech.

Do kategorie BMI percentilu 98-100 spadá 44 dětí. Z nich je podle skóre TMC 28 ohroženo DCD (což je 64 % všech dětí v této kategorii BMI percentilu). Zbylých 16 dětí pak spadá do kategorie s průměrnou úrovní motorické kompetence.

Tabulka 19 - Výsledky BMI v jednotlivých kategoriích celkového motorického kompozitu.

TMC	BMI perc.		%BF		FFM	
	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD
Velmi podprůměrné	63,16	31,80	21,73	9,97	26,04	4,56
Podprůměrné	63,83	30,90	20,96	10,05	26,61	6,68
Průměrné	51,60	29,81	15,61	7,33	24,50	4,88
Nadprůměrné	43,26	26,41	12,86	5,37	23,19	3,72
Velmi nadprůměrné	23,00	20	10,80	1,7	27,60	5,1

Pro velmi podprůměrnou kategorii hodnocení TMC sledujeme průměrný percentil v BMI $63,16 \pm 31,80$. Podobné hodnoty nalezneme i v kategorii podprůměrných výsledků. Významně nižší hodnoty ($d=0,98$) jsou patrné v kategorii průměrného TMC, kde se snižuje BMI percentil. Tento trend snižování BMI percentilového hodnocení dále pokračuje až do velmi podprůměrné kategorie, kde nalézáme nejnižší hodnoty BMI percentilu. Tj. s vyšší úrovní MC dochází ke snižování BMI percentilových rozmístění.

Tento trend v tělesném složení koresponduje s výsledky %BF, které jsou téměř shodné v kategorii velmi podprůměrného a podprůměrného TMC (rozdíl je věcně nevýznamný), ale v porovnání s průměrem je zde středně významný rozdíl ($d=0,70$).

V množství FFM sledujeme nejvyšší hodnoty v kategorii velmi nadprůměrného TMC. Věcně významný rozdíl sledujeme v kategorii velmi nadprůměrné a nadprůměrné ($d=0,99$).

Tabulka 20 - Počty dětí v percentilových kategoriích ve vztahu k celkovému motorickému kompozitu.

BMI per.	Skóre 20	Velmi podprům.	Podprůměrné	Průměrné	Nadprůměrné	Velmi nadprůměrné
98-100	3	5	23	16	0	0
90-97	2	8	21	39	5	0
75-89	0	5	14	45	4	0
25-74	1	13	55	188	37	1
11-24	2	4	14	37	12	0
0-10	1	3	8	44	7	1
Všechny kategorie	9	38	135	369	65	2

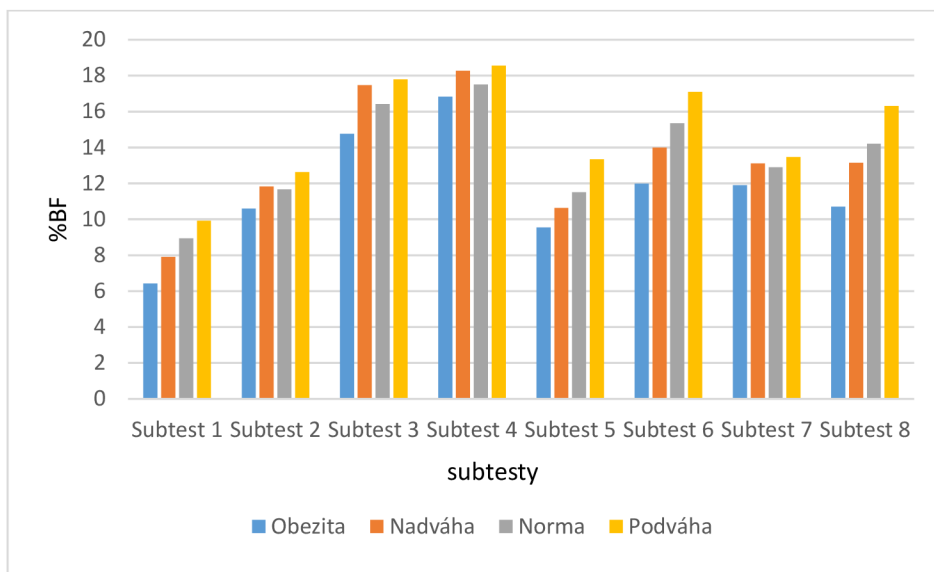
Tabulka 21 - Z Počty dětí v kategoriích procenta tělesného tuku ve vztahu k celkovému motorickému kompozitu.

PBF	Skóre 20	Velmi podprům.	Podprůměrné	Průměrné	Nadprůměrné	Velmi nadprůměrné
Obezita	5	13	36	31	0	0
Nadváha	0	3	16	25	5	0
Norma	1	11	31	87	10	0
Podváha	3	11	52	226	50	2
Všechny kategorie	9	38	135	369	65	2

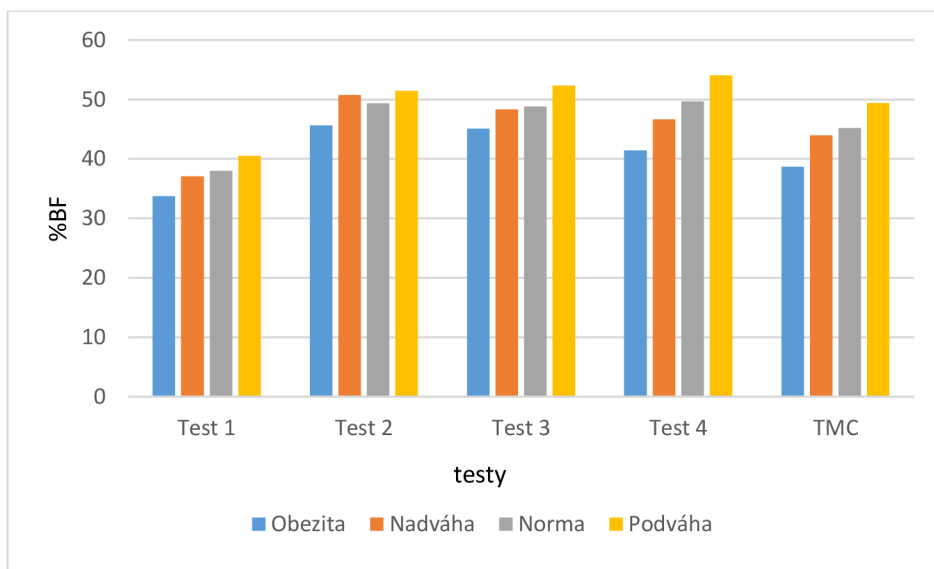
Tabulka 22 – Vztah mezi výsledky jednotlivých testů a kategoriemi procenta tělesného tuku.

	Obezita	Nadváha	Norma	Podváha
Subtest 1	6,43	7,90	8,94	9,91
Subtest 2	10,60	11,82	11,67	12,62
Subtest 3	14,76	17,47	16,42	17,80
Subtest 4	16,83	18,27	17,51	18,56
Subtest 5	9,54	10,63	11,50	13,33
Subtest 6	11,98	13,99	15,36	17,10
Subtest 7	11,90	13,10	12,89	13,46
Subtest 8	10,70	13,14	14,21	16,31
Test 1	33,70	37,04	37,99	40,49
Test 2	45,63	50,73	49,34	51,44
Test 3	45,11	48,33	48,81	52,35
Test 4	41,44	46,65	49,68	54,10
TMC	38,68	43,94	45,21	49,40

Z průměrných výsledků jednotlivých subtestů vyplývá, že čím vyšší je hodnota PBF participantů, tím nižších výsledků v jednotlivých subtestech i komponentech motorické kompetence dosahovali. Tento trend můžeme pozorovat také u TMC. Pouze u subtestů 2 (integrace jemné motoriky), 3 (manuální zručnost), 4 (bilaterální koordinace) a 7 (koordinace HK) a testu 2 (koordinace manuálních pohybů) dosáhli jedinci v kategorii nadváhy podle PBF lepších výsledků než jedinci v kategorii norma. Tato zjištění korespondují s výsledky studie (Webster et al. 2021), která prokázala, že děti s vyšším množstvím tělesného tuku mají horší výsledky v testech souvisejících s pohybem těla v prostoru. Naopak, složení těla významně nepředpovídalo výkonnost v úlohách zaměřených na manipulaci s předměty.



Graf 7 - Vztah mezi výsledným skóre v jednotlivých subtestech a BMI percentily.



Graf 8 - Vztah mezi výsledným skóre v jednotlivých kompozitech motorické kompetence a BMI percentily.

Ke zjištění korelace mezi vybranými somatickými parametry a skóre jednotlivých testů a TMC byl použit Pearsonův korelační koeficient:

Tabulka 23 - Pearsonův korelační koeficient u jednotlivých parametrů tělesného složení a motorickou kompetenci.

	BMI perc.	BMI	Těl. výška	Těl. hmotnost	FFM	PBF
Test 1	-0,177	-0,219	-0,130	-0,204	-0,162	-0,199
Test 2	-0,096	-0,125	-0,076	-0,116	-0,067	-0,158
Test 3	-0,171	-0,125	-0,172	-0,229	-0,170	-0,237
Test 4	-0,263	-0,351	-0,178	-0,311	-0,149	-0,464
Subtest 1	-0,173	-0,166	0,025	-0,090	-0,020	-0,186
Subtest 2	-0,102	-0,152	-0,187	-0,189	-0,181	-0,126
Subtest 3	-0,125	-0,150	-0,146	-0,168	-0,140	-0,156
Subtest 4	-0,075	-0,116	-0,098	-0,117	-0,088	-0,123
Subtest 5	-0,168	-0,219	-0,176	-0,226	-0,176	-0,222
Subtest 6	-0,220	-0,296	-0,178	-0,281	-0,154	-0,376
Subtest 7	-0,021	-0,037	0,031	-0,005	0,048	-0,097
Subtest 8	-0,239	-0,325	-0,182	-0,293	-0,150	-0,432
TMC	-0,238	-0,309	-0,187	-0,287	-0,186	-0,352

Nejvyšší korelace PBF byla zjištěna s testem 4. a subtestem 8. V obou případech se jedná o oblast hrubé motoriky. Jedná se o zápornou korelaci, ale v obou případech jde o korelaci střední.

10.4 Odlehlé hodnoty tělesného složení ve vztahu k úrovni motorické kompetence

10.4.1 Odlehlé hodnoty BMI percentilů ve vztahu k úrovni motorické kompetence

Podle růstových grafů a příručky Státního zdravotního ústavu (2005) spadají do kategorie jednoznačné obezity jedinci s BMI percentilem nad 97. Jedinci s BMI percentilem těsně pod 90 nebo nad 90 spadají do kategorie nadměrné hmotnosti hraničící s obezitou. Naopak u jedinců s BMI pod 3. percentil je nutné zjistit příčinu takto nízké hmotnosti. Těmto „extrémním“ hodnotám se budeme v této kapitole věnovat podrobněji.

Do skupiny jedinců s BMI percentilem nad 97 spadá v této studii 44 jedinců (16 dívek a 28 chlapců). Průměrné procento tělesného tuku u této skupiny dosahuje hodnoty 34,35 %.

Tabulka 24 - Průměrné skóre testů u jedinců s BMI percentilem nad 97.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	TMC
Skóre	34,98	46,10	45,39	41,98	39,48

Průměrné TMC v této skupině je 39,48 (což řadíme do skupiny podprůměrné). Nejvyšším dosaženým skóre bylo skóre 57, naopak nejnižšího možného TMC skóre dosáhli 2 chlapci. Při porovnávání výsledků 4 motorických komponent (test 1-4) můžeme vidět výrazně nejnižší získané skóre v komponentu 1, čímž je řízení jemné motoriky. Skóre 34,98 řadíme do kategorie podprůměrné (a to na spodní hranici této kategorie). U testu 2 (koordinace manuálních pohybů), testu 3 (koordinace těla) a testu 4 (síla a obratnost) dosáhli žáci skóre, které řadíme do kategorie průměrné, avšak u testu 4 se jednalo o skóre na spodní hranici této kategorie. Nejvyššího skóre bylo tedy dosaženo v oblasti Koordinace manuálních pohybů.

Mezi dětmi, které podle BMI percentilů spadají do kategorie obezity, nebylo zaznamenáno ani jedno dítě, které by dosáhlo nadprůměrných nebo velmi nadprůměrných výsledků. Tato zjištění odpovídají výsledkům studie (Marmeleira et al. 2017), které prokázala, že obézní děti a děti trpící nadváhou (ve věku 6 až 10 let) dosahují horších výsledků v testech motorické kompetence než děti v kategorii normální hmotnosti.

Tabulka 25 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s BMI percentilem nad 97.

	Subtest 1	Subtest 2	Subtest 3	Subtest 4	Subtest 5	Subtest 6	Subtest 7	Subtest 8
Skóre	6,93	11,41	15,30	17,34	9,34	12,41	11,93	10,91

Při porovnávání průměrných výsledků subtestů můžeme vidět, že nejhůřších průměrných výsledků dosahovali jedinci s BMI percentilem nad 97 v subtestu 1 (jemná manuální kontrola) a v subtestu 5 (rovnováha). Naopak nejlepší průměrné skóre bylo dosaženo v subtestech 3 (manuální zručnost) a 4 (bilaterální koordinace).

Tabulka 26 - Průměrné výsledky testů u dětí s BMI percentilem nižším nebo rovným 3.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	TMC
Skóre	41,16	49,80	51,52	51,98	48,11

Do skupiny jedinců s BMI percentilem 3 a méně spadá 15 jedinců (7 dívek a 8 chlapců). Průměrné procento tělesného tuku v této skupině je 8,41 %. Nejnižší hodnota byla 3 % PBF, kterého dosáhli 3 jedinci (ve všech 3 případech se jednalo o chlapce). Naopak nejvyšší hodnoty dosáhl chlapec s 12,7 % PBF. U jednoho z chlapců, který dosáhl 3 % PBF můžeme nalézt také podprůměrné výsledky v oblasti motoriky. Chlapec dosáhl nejnižšího možného skóre 20 jak v testu 1, tak i v testu 3 a v TMC. Průměrné TMC ve skupině jedinců s BMI percentilem 3 a méně je však 48,11 (což spadá do kategorie průměrné). V porovnání s obézními jedinci získali jedinci s BMI percentilem menším nebo rovným 3 v průměru o 8,63 bodů více. Nejhůř si vedli v oblasti řízení jemné motoriky, kde průměrný výsledek řadíme na spodní hranici kategorie průměrné. Naopak nejlépe si vedli v oblasti síly a obratnosti. Ve všech oblastech si vedli průměrně.

Tabulka 27 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s BMI percentilem menším nebo rovným 3.

	Subtest 1	Subtest 2	Subtest 3	Subtest 4	Subtest 5	Subtest 6	Subtest 7	Subtest 8
Skóre	10,59	12,39	17,10	18,28	12,90	16,13	12,85	15,38

Jedinci s percentilem BMI 3 a menším dosáhli ve všech subtestech vyššího průměrného skóre než jedinci s BMI percentilem nad 97. Nejnižšího průměrného skóre dosáhli stejně jako obézní jedinci v subtestu 1, avšak jejich skóre bylo v průměru o 3,66 bodů vyšší. Subtestem s druhým nejnižším průměrným dosaženým skóre byl subtest 2. Naopak nejvyššího průměrného skóre dosáhli jedinci s BMI percentilem pod 3 stejně jako obézní jedinci v subtestech 3 (manuální zručnost) a 4 (bilaterální koordinace).

10.4.2 Odlehle hodnoty %BF ve vztahu k úrovni motorické kompetence

Tabulka 28 - Průměrné skóre testů u jedinců s procentem tělesného tuku nad 35 %.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	TMC
Skóre	32,93	46,21	44,79	37,63	37,29

Dalším hodnoceným parametrem je procento tělesného tuku (PBF). Byli vybráni jedinci s PBF od 35 % výš. Do této kategorie spadá 24 jedinců (12 dívek a 12 chlapců). Většina jedinců v této kategorii patří do věkové kategorie 10,00-10,99 let (n=13). Maximální hodnotou PBF je 43,2 % tuku. Jedinci s nejvyššími hodnotami PBF ze všech testovaných dosáhli nejnižšího průměrného skóre v oblasti řízení jemné motoriky. Naopak nejvyššího průměrného skóre bylo dosaženo v oblasti koordinace manuálních pohybů. V oblastech řízení jemné motoriky a síly a obratnosti dosáhli jedinci s nejvyššími hodnotami PBF podprůměrných výsledků. V oblastech koordinace manuálních pohybů a koordinace těla se jednalo o průměrné hodnoty.

Tabulka 29 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s procentem tělesného tuku nad 35 %.

	Subtest 1	Subtest 2	Subtest 3	Subtest 4	Subtest 5	Subtest 6	Subtest 7	Subtest 8
Skóre	6,71	10,21	15,29	17,29	8,95	10,21	12,13	9,33

Nejnižšího průměrného skóre bylo jako v předchozích případech dosaženo v subtestu 1. Druhého nejnižšího skóre bylo dosaženo v subtestu 5 (rovnováha). Nejvyšší průměrné skóre bylo dosaženo v subtestu 3 (manuální zručnost) a 4 (bilaterální koordinace).

Tabulka 30 - Průměrné skóre testů u jedinců s procentem tělesného tuku pod 6 %.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	TMC
Skóre	36,84	49,23	47,26	49,90	43,26

Pro porovnání byli vybráni jedinci s nejnižšími naměřenými hodnotami PBF (do 6 %). Do této kategorie spadá 29 jedinců (14 dívek a 15 chlapců). Z výsledků jednotlivých motorických oblastí vyplývá, že stejně jako u ostatních skupin, i zde bylo nejnižšího průměrného skóre dosaženo v oblasti řízení jemné motoriky (podprůměrné výsledky). V ostatních oblastech bylo dosaženo průměrných výsledků.

Tabulka 31 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s procentem tělesného tuku pod 6 %.

	Subtest 1	Subtest 2	Subtest 3	Subtest 4	Subtest 5	Subtest 6	Subtest 7	Subtest 8
Skóre	8,42	11,04	16,34	17,58	10,37	13,58	13,47	13,84

Nejnižší průměrné skóre bylo získáno v subtestech 1 (jemná manuální kontrola) a 5 (rovnováha). Nejvyšší průměrné hodnoty byly získány v subtestech 4 (bilaterální koordinace) a 6 (běžecká rychlost a obratnost).

Tabulka 32 - Souhrnná tabulka aritmetických průměrů skóre jednotlivých testů a subtestů dětí v oblastech odlehých hodnot vybraných parametrů tělesného složení.

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	T 1	T 2	T 3	T 4	TMC
Obézní	6,93	11,41	15,30	17,34	9,34	12,41	11,93	10,91	34,98	46,10	45,39	41,98	39,48
Podvýživa	10,59	12,39	17,10	18,28	12,90	16,13	12,85	15,38	41,16	49,80	51,52	51,98	48,11
Vysoké %BF	6,71	10,21	15,29	17,29	8,95	10,21	12,13	9,33	32,93	46,21	44,79	37,63	37,29
Nízké %BF	8,42	11,04	16,34	17,58	10,37	13,58	13,47	13,84	36,84	49,23	47,26	49,90	43,26

Ve shrnující tabulce můžeme vidět, že všechny porovnávané skupiny dosáhly nejlepších výsledků v subtestu 4 (bilaterální koordinace) a nejhorších výsledků v subtestu 1 (jemná manuální kontrola). V jednotlivých motorických oblastech (testy 1 až 4) dosáhly shodně všechny porovnávané skupiny nejhorších výsledků v testu 1 (jemná manuální kontrola). Děti s nízkým %BF (do 6 %) a nízkým BMI percentilem (3 a menším) dosáhly nejlepších výsledků v testu 4 (síla a obratnost), ale děti s vysokým %BF (vyšší než 35 %) a vysokým BMI percentilem (nad 97) získaly nejvyšší počet bodů v testu 2 (koordinace manuálních pohybů).

11 Závěr

Hlavním cílem studie bylo zhodnotit výsledky tělesného složení ve vztahu k úrovni motorické kompetence. Mezi vybrané parametry tělesného složení patří BMI percentily, %BF a FFM.

Výsledky prokázaly, že děti s vysokým BMI percentilem mají úroveň motorické kompetence v kategorii průměrné, podprůměrné a velmi podprůměrné. Nejhorších výsledků ve všech motorických oblastech dosahovaly děti s vysokým %BF. Jejich úroveň motorické kompetence je v kategorii průměrné, podprůměrné a velmi podprůměrné.

Velmi hubené děti mají velmi často nadprůměrnou úroveň motorické kompetence. Ze všech porovnávaných kategorií dosahovaly nejlepších výsledků ve všech subtestech i motorických komponentech.

Všechny děti v kategorii normální hmotnosti dosahovaly průměrných výsledků podle TMC.

Obecně lze konstatovat, že všechny testované děti bez ohledu na věk, pohlaví a tělesné složení dosahovaly nejhorších výsledků v testu 1 (jemná manuální kontrola).

Celkově tedy děti klasifikované v kategorii obezity dosahovaly horších výsledků než děti v kategorii normální hmotnosti. Naopak děti s nízkou hodnotou BMI percentilu a nízkým %BF dosahovaly nejlepších výsledků.

12 Zdroje

ALMEIDA, Gabriela, Carlos LUZ, Luís Paulo RODRIGUES, Vitor LOPES a Rita CORDOVIL, 2023. "Profiles of motor competence and its perception accuracy among children: Association with physical fitness and body fat". *Psychology of Sport and Exercise* [online]. **68**, 102458. ISSN 1469-0292. Dostupné z: doi:10.1016/j.psychsport.2023.102458

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, Timothy G. LOHMAN a Laurie A. MILLIKEN, ed., 2020. *ACSM's body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics. ISBN 978-1-4925-8675-3.

BAGLEY, Sarah, Jo SALMON a David CRAWFORD, 2006. Family structure and children's television viewing and physical activity. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. **38**(5), 910–918. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/01.mss.0000218132.68268.f4

BEDOGNI, G., A. BORGHI a N. BATTISTINI, 2003. Body water distribution and disease. *Acta Diabetologica* [online]. **40**(0), s200–s202. ISSN 0940-5429, 1432-5233. Dostupné z: doi:10.1007/s00592-003-0065-3

BIINO, Valentina, Barbara PELLEGRINI, Chiara ZOPPIROLI, Massimo LANZA, Federica GILLI, Matteo GIURIATO a Federico SCHENA, 2023. Gross motor coordination in relation to weight status: a longitudinal study in children and pre-adolescents. *Frontiers in Public Health* [online]. **11**. Dostupné z: doi:10.3389/fpubh.2023.1242712

BLANK, R., Bouwien SMITS-ENGELSMAN, Helene POLATAJKO a Peter WILSON, 2012. European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental medicine and child neurology* [online]. **54**, 54–93. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x

BRUININKS, Robert H. a Brett D. BRUININKS, 2012. *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition* [online]. 8. říjen 2012. [vid. 2023-05-11]. Dostupné z: doi:10.1037/t14991-000

BUONOCORE, Michael H. a Richard J. MADDOCK, 2015. Magnetic resonance spectroscopy of the brain: a review of physical principles and technical methods. *Reviews in the Neurosciences* [online]. **26**(6), 609–632. ISSN 2191-0200. Dostupné z: doi:10.1515/revneuro-2015-0010

CATTUZZO, Maria Teresa, Rafael DOS SANTOS HENRIQUE, Alessandro Hervaldo Nicolai RÉ, Ilana Santos DE OLIVEIRA, Bruno Machado MELO, Mariana DE SOUSA MOURA, Rodrigo Cappato DE ARAÚJO a David STODDEN, 2016. Motor competence and health related physical fitness in youth: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **19**(2), 123–129. ISSN 1440-2440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2014.12.004

CLARK, Jane a J.S. METCALF, 2002. The Mountain of Motor Development: A Metaphor. *Motor Development: Research and Review: Vol. 2*. 62–95.

CRUZ-JENTOFT, Alfonso J a Avan A SAYER, 2019. Sarcopenia. *The Lancet* [online]. **393**(10191), 2636–2646. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(19)31138-9

DE BRITO VIEIRA, Wouber Herickson, Kardec Alecxandro AGUIAR, Kimberly Moreira DA SILVA, Pablo Miranda CANELA, Flávio Santos DA SILVA a Bento João ABREU, 2012. Overview of ultrasound usage trends in orthopedic and sports physiotherapy. *Critical Ultrasound Journal* [online]. **4**(1), 11. ISSN 2036-7902. Dostupné z: doi:10.1186/2036-7902-4-11

DEHGHAN, Mahshid a Anwar T. MERCHANT, 2008. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal* [online]. **7**(1), 26. ISSN 1475-2891. Dostupné z: doi:10.1186/1475-2891-7-26

DEITZ, Jean Crosetto, Deborah KARTIN a Kay KOPP, 2007. Review of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2). *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics* [online]. **27**(4), 87–102. ISSN 0194-2638. Dostupné z: doi:10.1080/J006v27n04_06

DEMPSTER, Philip a Susan AITKENS, 1995. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **27**(12), 1692–1697. ISSN 0195-9131.

DEWEY, Deborah a Brenda N. WILSON, 2001. Developmental Coordination Disorder: What Is It? *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics* [online]. **20**(2–3), 5–27. ISSN 0194-2638. Dostupné z: doi:10.1080/J006v20n02_02

D'HONDT, Eva, Benedicte DEFORCHE, Ilse DE BOURDEAUDHUIJ a Matthieu LENOIR, 2009. Relationship between Motor Skill and Body Mass Index in 5- to 10-Year-Old Children. *Adapted Physical Activity Quarterly* [online]. **26**(1), 21–37. ISSN 0736-5829, 1543-2777. Dostupné z: doi:10.1123/apaq.26.1.21

D'HONDT, Eva, Benedicte DEFORCHE, Ilse GENTIER, Joke VERSTUYF, Roel VAEYENS, Ilse DE BOURDEAUDHUIJ, Renaat PHILIPPAERTS a Matthieu LENOIR, 2014. A longitudinal study of gross motor coordination and weight status in children: Gross Motor Coordination and Weight Status. *Obesity* [online]. **22**(6), 1505–1511. ISSN 19307381. Dostupné z: doi:10.1002/oby.20723

D'HONDT, Eva, Benedicte DEFORCHE, Roel VAEYENS, Barbara VANDORPE, Joric VANDENDRIESSCHE, Johan PION, Renaat PHILIPPAERTS, Ilse DE BOURDEAUDHUIJ a Matthieu LENOIR, 2011. Gross motor coordination in relation to weight status and age in 5- to 12-year-old boys and girls: A cross-sectional study. *International Journal of Pediatric Obesity* [online]. **6**(2–2), e556–e564. ISSN 1747-7166, 1747-7174. Dostupné z: doi:10.3109/17477166.2010.500388

DI ANGELANTONIO, Emanuele, Shilpa N BHUPATHIRAJU, David WORMSER, Pei GAO, Stephen KAPTOGE, Amy Berrington DE GONZALEZ, Benjamin J CAIRNS, Rachel HUXLEY, Chandra L JACKSON, Grace JOSHY, Sarah LEWINGTON, JoAnn E MANSON, Neil MURPHY, Alpa V PATEL, Jonathan M SAMET, Mark WOODWARD, Wei ZHENG, Maigen ZHOU, Narinder BANSAL, Aurelio BARRICARTE, Brian CARTER, James R CERHAN, Rory COLLINS, George Davey SMITH, Xianghua FANG, Oscar H FRANCO, Jane GREEN, Jim HALSEY, Janet S HILDEBRAND, Keum Ji JUNG, Rosemary J KORDA, Dale F MCLERRAN, Steven C MOORE, Linda M O'KEEFFE, Ellie PAIGE, Anna RAMOND, Gillian K REEVES, Betsy ROLLAND, Carlotta SACERDOTE, Naveed SATTAR, Eleni SOFIANOPOULOU, June STEVENS, Michael THUN, Hirotsugu UESHIMA, Ling YANG, Young Duk YUN, Peter WILLEIT, Emily BANKS, Valerie BERAL, Zhengming CHEN, Susan M GAPSTUR, Marc J GUNTER, Patricia HARTGE, Sun Ha JEE, Tai-Hing LAM, Richard PETO, John D POTTER, Walter C WILLETT, Simon G THOMPSON, John DANESH a Frank B HU, 2016. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *The Lancet* [online]. **388**(10046), 776–786. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(16)30175-1

ELLIS, K. J., 2000. Human body composition: in vivo methods. *Physiological Reviews* [online]. **80**(2), 649–680. ISSN 0031-9333. Dostupné z: doi:10.1152/physrev.2000.80.2.649

FAGHIHI, Reza, Banafsheh ZEINALI-RAFSANJANI, Mohammad-Amin MOSLEH-SHIRAZI, Mahdi SAEEDI-MOGHADAM, Mehrzad LOTFI, Reza JALLI a Vida IRAVANI, 2017. Magnetic Resonance Spectroscopy and its Clinical Applications: A Review. *Journal of Medical Imaging and*

Radiation Sciences [online]. **48**(3), 233–253. ISSN 1939-8654. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmir.2017.06.004

FRONTERA, Walter R. a Julien OCHALA, 2015. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International* [online]. **96**(3), 183–195. ISSN 1432-0827. Dostupné z: doi:10.1007/s00223-014-9915-y

GALLAHUE, David L. a John OZMUN, 2002. Understanding motor development : infants, children, adolescents, adults [online]. [vid. 2023-09-06]. Dostupné z: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271290456576>

GÄTJENS, Isabel, Steffen Christian Ekkehard SCHMIDT, Sandra PLACHTA-DANIELZIK, Anja BOSY-WESTPHAL a Manfred James MÜLLER, 2021. Body Composition Characteristics of a Load-Capacity Model: Age-Dependent and Sex-Specific Percentiles in 5- to 17-Year-Old Children. *Obesity Facts* [online]. **14**(6), 593–603. ISSN 1662-4025. Dostupné z: doi:10.1159/000518638

GODLEWSKI, Jan a Malgorzata OBAROWSKA, 2013. *Optical, photoluminescent and electroluminescent properties of organic materials* [online] [vid. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/organic-solid>

GROGAN, Scott P. a Cristin A. MOUNT, 2022. Ultrasound Physics and Instrumentation. In: *StatPearls* [online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing [vid. 2023-03-13]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570593/>

GROVER, Vijay P.B., Joshua M. TOGNARELLI, Mary M.E. CROSSEY, I. Jane COX, Simon D. TAYLOR-ROBINSON a Mark J.W. MCPHAIL, 2015. Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology* [online]. **5**(3), 246–255. ISSN 0973-6883. Dostupné z: doi:10.1016/j.jceh.2015.08.001

HARA, Nagisa, Motoh IWASA, Kazuko IWATA, Hirohide MIYACHI, Hideaki TANAKA, Masaki TAKEO, Naoki FUJITA, Yoshinao KOBAYASHI a Yoshiyuki TAKEI, 2009. Value of the extracellular water ratio for assessment of cirrhotic patients with and without ascites. *Hepatology Research* [online]. **39**(11), 1072–1079. ISSN 1872-034X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1872-034X.2009.00546.x

HARMON, David, Sumayya ALMARZOUQI a Michael MORGAN, 2015. Positron Emission Tomography. In: [online]. s. 1–2. ISBN 978-3-642-35951-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-35951-4_1283-1

HAY, John A., Robert HAWES a Brent E. FAUGHT, 2004. Evaluation of a screening instrument for developmental coordination disorder. *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine* [online]. **34**(4), 308–313. ISSN 1054-139X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jadohealth.2003.07.004

HEYMSFIELD, Steven, ed., 2005. *Human body composition*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics. ISBN 978-0-7360-4655-8.

HEYMSFIELD, Steven B., Michael ADAMEK, M. Cristina GONZALEZ, Guang JIA a Diana M. THOMAS, 2014. Assessing skeletal muscle mass: historical overview and state of the art. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* [online]. **5**(1), 9–18. ISSN 2190-5991. Dostupné z: doi:10.1007/s13539-014-0130-5

HEYWARD, Vivian, 2001. ASEP METHODS RECOMMENDATION: BODY COMPOSITION ASSESSMENT. *Body Composition*. 12.

HIOKA, Akemi, Naoki AKAZAWA, Naomi OKAWA a Shinji NAGAHIRO, 2022. Extracellular water-to-total body water ratio is an essential confounding factor in bioelectrical impedance analysis for

sarcopenia diagnosis in women. *European Geriatric Medicine* [online]. **13**(4), 789–794. ISSN 1878-7657. Dostupné z: doi:10.1007/s41999-022-00652-2

JÍROVEC, Jan, Martin MUSÁLEK a Filip MESS, 2019. Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT-2): Compatibility of the Complete and Short Form and Its Usefulness for Middle-Age School Children. *Frontiers in Pediatrics* [online]. **7** [vid. 2023-05-11]. ISSN 2296-2360. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2019.00153>

JOHNS HOPKINS ALL CHILDREN'S HOSPITAL, 2023. *BMI Assessment* [online] [vid. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.hopkinsmedicine.org/all-childrens-hospital/services/healthy-weight-toolkit/assessments/bmi-assessment>

JÜRIMÄE, T. a Andrew P. HILLS, ed., 2001. *Body composition assessment in children and adolescents*. Basel ; New York: Karger. Medicine and sport science, vol. 44. ISBN 978-3-8055-7131-9.

JÜRIMÄE, T. a Jaak JÜRIMÄE, 2000. *Growth, physical activity, and motor development in prepubertal children*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-0-8493-0530-6.

KASPER, Andreas M., Carl LANGAN-EVANS, James F. HUDSON, Thomas E. BROWNLEE, Liam D. HARPER, Robert J. NAUGHTON, James P. MORTON a Graeme L. CLOSE, 2021. Come Back Skinfolds, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. *Nutrients* [online]. **13**(4), 1075. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13041075

KLEINWÄCHTEROVÁ, Hana a Zuzana BRÁZDOVÁ, 2001. *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*. 2., přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 978-80-7013-336-1.

KLÖTING, N., M. STUMVOLL a M. BLÜHER, 2007. Biologie des viszeralen Fetts. *Der Internist* [online]. **48**(2), 126–133. ISSN 1432-1289. Dostupné z: doi:10.1007/s00108-006-1781-x

KOBESOVÁ, Alena a Pavel KOLÁŘ, 2014. Developmental kinesiology: Three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. **18**(1), 23–33. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2013.04.002

KOČÁREK, Eduard, 2010. *Biologie člověka*. 1. vyd. Praha: Scientia. ISBN 978-80-86960-47-0.

KRCH, František David, 2005. *Poruchy příjmu potravy*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-0840-9.

KURIYAN, Rebecca, 2018. Body composition techniques. *The Indian Journal of Medical Research* [online]. **148**(5), 648–658. ISSN 0971-5916. Dostupné z: doi:10.4103/ijmr.IJMR_1777_18

KYLE, U. G., C. P. EARTHMAN, C. PICHARD a J. A. COSS-BU, 2015. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. **69**(12), 1298–1305. ISSN 1476-5640. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2015.86

LAI, Samuel, Sarah COSTIGAN, Philip MORGAN, David LUBANS, David STODDEN, Jo SALMON a Lisa BARNETT, 2013. *Do School-Based Interventions Focusing on Physical Activity, Fitness, or Fundamental Movement Skill Competency Produce a Sustained Impact in These Outcomes in Children and Adolescents? A Systematic Review of Follow-Up Studies* | SpringerLink [online] [vid. 2023-09-05]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-013-0099-9>

LAMEKA, Katherine, Michael D. FARWELL a Masanori ICHISE, 2016. Chapter 11 - Positron Emission Tomography. In: Joseph C. MASDEU a R. Gilberto GONZÁLEZ, ed. *Handbook of Clinical*

Neurology [online]. B.m.: Elsevier, Neuroimaging Part I, s. 209–227 [vid. 2023-09-04]. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-53485-9.00011-8

LASKEY, M. Ann, 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition* [online]. **12**(1), 45–51. ISSN 0899-9007. Dostupné z: doi:10.1016/0899-9007(95)00017-8

LOGAN, S. W., L. E. ROBINSON, A. E. WILSON a W. A. LUCAS, 2012. Getting the fundamentals of movement: a meta-analysis of the effectiveness of motor skill interventions in children. *Child: Care, Health and Development* [online]. **38**(3), 305–315. ISSN 1365-2214. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x

LOPES, V. P., R. M. MALINA, J. A. R. MAIA a L. P. RODRIGUES, 2018. Body mass index and motor coordination: Non-linear relationships in children 6–10 years. *Child: Care, Health and Development* [online]. **44**(3), 443–451. ISSN 0305-1862, 1365-2214. Dostupné z: doi:10.1111/cch.12557

LOPES, V. P., D. F. STODDEN a L. P. RODRIGUES, 2014. Weight status is associated with cross-sectional trajectories of motor co-ordination across childhood. *Child: Care, Health and Development* [online]. **40**(6), 891–899. ISSN 1365-2214. Dostupné z: doi:10.1111/cch.12127

LOPES, Vítor P., David F. STODDEN, Mafalda M. BIANCHI, Jose A. R. MAIA a Luis P. RODRIGUES, 2012. Correlation between BMI and motor coordination in children. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **15**(1), 38–43. ISSN 1440-2440, 1878-1861. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2011.07.005

LOUER, Amy L., Denise N. SIMON, Karen M. SWITKOWSKI, Sheryl L. RIFAS-SHIMAN, Matthew W. GILLMAN a Emily OKEN, 2017. Assessment of Child Anthropometry in a Large Epidemiologic Study. *Journal of Visualized Experiments* [online]. (120), 54895. ISSN 1940-087X. Dostupné z: doi:10.3791/54895

MALÁ, Lucia, Tomáš MALÝ, František ZAHÁLKA a Václav BUNC, 2014. *Fitness Assessment. Body Composition*. B.m.: Charles University in Prague, Karolinum Press. ISBN 978-80-246-2560-7.

MARIN-PUYALTO, Jorge, Jarek MÄESTU, Alba GÓMEZ-CABELLO, Evelin LÄTT, Liina REMMEL, Priit PURGE, German VICENTE-RODRÍGUEZ a Jaak JÜRIMÄE, 2019. Frequency and duration of vigorous physical activity bouts are associated with adolescent boys' bone mineral status: A cross-sectional study. *Bone* [online]. **120**, 141–147. ISSN 8756-3282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2018.10.019

MARMELEIRA, José, Guida VEIGA, Hugo CANSADO a Armando RAIMUNDO, 2017. Relationship between motor proficiency and body composition in 6- to 10-year-old children. *Journal of Paediatrics and Child Health* [online]. **53**(4), 348–353. ISSN 1440-1754. Dostupné z: doi:10.1111/jpc.13446

MARTINS, Clarice, Vicente ROMO-PEREZ, E. Kipling WEBSTER, Michael DUNCAN, Luís Filipe LEMOS, Amanda E. STAIANO, Anthony OKELY, Daniele MAGISTRO, Fabio CARLEVARO, Farid BARDID, Francesca MAGNO, Glauber NOBRE, Isaac ESTEVAN, Jorge MOTA, Ke NING, Leah E. ROBINSON, Matthieu LENOIR, Minghui QUAN, Nadia C. VALENTINI, Penny CROSS, Rachel JONES, Rafael HENRIQUE, Si-Tong CHEN, Yucui DIAO, Paulo R. BANDEIRA a Lisa M. BARNETT, 2024. Motor Competence and Body Mass Index in the Preschool Years: A Pooled Cross-Sectional Analysis of 5545 Children from Eight Countries. *Sports Medicine* [online]. **54**(2), 505–516. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-023-01929-7

MATTOO, Tej K., Hong LU, Eric AYERS a Ronald THOMAS, 2020. Total body water by BIA in children and young adults with normal and excessive weight. *PLOS ONE* [online]. **15**(10), e0239212. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0239212

MUST, A. a S. E. ANDERSON, 2006. Body mass index in children and adolescents: considerations for population-based applications. *International Journal of Obesity* [online]. **30**(4), 590–594. ISSN 1476-5497. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ijo.0803300

NOBRE, Juliana Nogueira Pontes, Rosane Luzia De Souza MORAIS, Amanda Cristina FERNANDES, Ângela Alves VIEGAS, Pedro Henrique Scheidt FIGUEIREDO, Henrique Silveira COSTA, Ana Cristina Resende CAMARGOS, Marco Fabrício DIAS-PEIXOTO, Vanessa Amaral MENDONÇA a Ana Cristina Rodrigues LACERDA, 2022. Is body fat mass associated with worse gross motor skills in preschoolers? An exploratory study. *PLOS ONE* [online]. **17**(3), e0264182. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0264182

PAŘÍZKOVÁ, Jana, 2007. *Obezita v dětství a dospívání: terapie a prevence*. 1. vyd. Praha: Galén : Karolinum. ISBN 978-80-7262-466-9.

PONTI, Federico, Aurelia SANTORO, Daniele MERCATELLI, Chiara GASPERINI, Maria CONTE, Morena MARTUCCI, Luca SANGIORGI, Claudio FRANCESCHI a Alberto BAZZOCCHI, 2020. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Frontiers in Endocrinology* [online]. **10**, 861. ISSN 1664-2392. Dostupné z: doi:10.3389/fendo.2019.00861

PRŮCHA, Jan, 2009. *Pedagogická encyklopedie*. Vyd. 1. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-546-2.

PTÁČEK, Radek a Hana KUŽELOVÁ, 2013. *Vývojová psychologie pro sociální péči*. Praha. ISBN 978-80-7421-060-0.

RAUDSEPP, Lennart a Toivo JÜRIMÄE, 1997. Relationships of physical activity and somatic characteristics with physical fitness and motor skill in prepubertal girls. *American Journal of Human Biology* [online]. **9**(4), 513–521. ISSN 1520-6300. Dostupné z: doi:10.1002/(SICI)1520-6300(1997)9:4<513::AID-AJHB11>3.0.CO;2-P

ROBINSON, Leah E., David F. STODDEN, Lisa M. BARNETT, Vitor P. LOPES, Samuel W. LOGAN, Luis Paulo RODRIGUES a Eva D'HONDT, 2015. Motor Competence and its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sports Medicine* [online]. **45**(9), 1273–1284. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-015-0351-6

RODRIGUES, Luis P., Ricardo Franco LIMA, Ana Filipa SILVA, Filipe Manuel CLEMENTE, Miguel CAMÕES, Pantelis Theodoros NIKOLAIDIS, Thomas ROSEMANN a Beat KNECHTLE, 2020. Physical Fitness and Somatic Characteristics of the Only Child. *Frontiers in Pediatrics* [online]. **8** [vid. 2024-02-10]. ISSN 2296-2360. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2020.00324>

ROMANS, Lois E., 2019. *Computed tomography for technologists: a comprehensive text*. Second edition. Philadelphia: Wolters Kluwer. ISBN 978-1-4963-7585-8.

ROSE, Burton David a Theodore W. POST, 2001. *Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, Medical Pub. Division. ISBN 978-0-07-134682-5.

ROUMELIOTI, Maria-Eleni, Robert H. GLEW, Zeid J. KHITAN, Helbert RONDON-BERRIOS, Christos P. ARGYROPOULOS, Deepak MALHOTRA, Dominic S. RAJ, Emmanuel I. AGABA, Mark ROHRSCHEIB, Glen H. MURATA, Joseph I. SHAPIRO a Antonios H. TZAMALOUKAS, 2018. Fluid balance concepts in medicine: Principles and practice. *World Journal of Nephrology* [online]. **7**(1), 1–28. ISSN 2220-6124. Dostupné z: doi:10.5527/wjn.v7.i1.1

SEDLAK, Petr, Jana PAŘÍZKOVÁ a Robert DANIŠ, 2016. *Obezita v dětském věku – zrcadlo společnosti?*

SEDLMEIER, Anja M, Sebastian E BAUMEISTER, Andrea WEBER, Beate FISCHER, Barbara THORAND, Till ITTERMANN, Marcus DÖRR, Stephan B FELIX, Henry VÖLZKE, Annette PETERS a Michael F LEITZMANN, 2021. Relation of body fat mass and fat-free mass to total mortality: results from 7 prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **113**(3), 639–646. ISSN 0002-9165, 1938-3207. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/nqaa339

SHEN, Wei, ZiMian WANG, Mark PUNYANITA, Jianbo LEI, Ahmet SINAV, John G. KRAL, Celina IMIELINSKA, Robert ROSS a Steven B. HEYMSFIELD, 2003. Adipose Tissue Quantification by Imaging Methods: A Proposed Classification. *Obesity Research* [online]. **11**(1), 5–16. ISSN 1550-8528. Dostupné z: doi:10.1038/oby.2003.3

SRDIĆ, Biljana, Borislav OBRADOVIĆ, Goran DIMITRIĆ, Edita STOKIĆ a Siniša S. BABOVIĆ, 2012. Relationship between body mass index and body fat in children—Age and gender differences. *Obesity Research & Clinical Practice* [online]. **6**(2), e167–e173. ISSN 1871-403X. Dostupné z: doi:10.1016/j.orcp.2011.08.153

STÁTNI ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2005. Růstové grafy. *SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze* [online]. [vid. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://szu.cz/publikace-szu/data/hodnoceni-rustu-a-vyvoje/rustove-grafy-ke-stazeni/>

STODDEN, David, Stephen LANGENDORFER a Mary Ann ROBERTON, 2009. The Association Between Motor Skill Competence and Physical Fitness in Young Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport* [online]. **80**(2), 223–229. ISSN 0270-1367, 2168-3824. Dostupné z: doi:10.1080/02701367.2009.10599556

SUCHOMEL, Aleš, 2004. Somatická charakteristika dětí školního věku s rozdílnou úrovní motorické výkonnosti.

ŠEFLOVÁ, Iva, 2021. Analýza diagnostických prostředků k hodnocení motorické kompetence v mladším školním věku. **2021**.

THIBAUT, Ronan, Laurence GENTON a Claude PICHARD, 2012. Body composition: Why, when and for who? *Clinical Nutrition* [online]. **31**(4), 435–447. ISSN 0261-5614. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnu.2011.12.011

TSAI, Susan, 2012. Importance of Lean Body Mass in the Oncologic Patient. *Nutrition in Clinical Practice* [online]. **27**(5), 593–598. ISSN 1941-2452. Dostupné z: doi:10.1177/0884533612457949

VAITKEVICIUTE, Donvina, Evelin LÄTT, Jarek MÄESTU, Toivo JÜRIMÄE, Meeli SAAR, Priit PURGE, Katre MAASALU a Jaak JÜRIMÄE, 2014. Physical Activity and Bone Mineral Accrual in Boys with Different Body Mass Parameters during Puberty: A Longitudinal Study. *PLOS ONE* [online]. **9**(10), e107759. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0107759

VAN DER GRAAF, Marinette, 2010. In vivo magnetic resonance spectroscopy: basic methodology and clinical applications. *European Biophysics Journal* [online]. **39**(4), 527–540. ISSN 1432-1017. Dostupné z: doi:10.1007/s00249-009-0517-y

VERBALIS, Joseph G, 2003. Disorders of body water homeostasis. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. **17**(4), Electrolyte and Fluid Homeostasis, 471–503. ISSN 1521-690X. Dostupné z: doi:10.1016/S1521-690X(03)00049-6

VIRU, A., J. LOKO, A. VOLVER, L. LAANEOTS, K. KARELSON a Mehis VIRU, 1998. Age periods of accelerated improvement of muscle strength, power, speed and endurance in the age interval 6-18 years. *Biology of Sport*. **15**, 211–227.

WANG, Z. M., R. N. PIERSON a S. B. HEYMSFIELD, 1992. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(1), 19–28. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/56.1.19

WEBSTER, E. Kipling, Indica SUR, Alicia STEVENS a Leah E. ROBINSON, 2021. Associations between body composition and fundamental motor skill competency in children. *BMC Pediatrics* [online]. **21**(1), 444. ISSN 1471-2431. Dostupné z: doi:10.1186/s12887-021-02912-9

WELLS, J C K, 2005. Measuring body composition. *Archives of Disease in Childhood* [online]. **91**(7), 612–617. ISSN 0003-9888, 1468-2044. Dostupné z: doi:10.1136/adc.2005.085522

WELLS, Jonathan C. K., 2007. Sexual dimorphism of body composition. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. **21**(3), Normal and Abnormal Sex Development, 415–430. ISSN 1521-690X. Dostupné z: doi:10.1016/j.beem.2007.04.007

WELLS, Jonathan C. K. a Mary S. FEWTRELL, 2008. Is body composition important for paediatricians? *Archives of Disease in Childhood* [online]. **93**(2), 168–172. ISSN 1468-2044. Dostupné z: doi:10.1136/adc.2007.115741

WILLOUGHBY, Darryn, Susan HEWLINGS a Douglas KALMAN, 2018. Body Composition Changes in Weight Loss: Strategies and Supplementation for Maintaining Lean Body Mass, a Brief Review. *Nutrients* [online]. **10**(12), 1876. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10121876

WROTNIAK, Brian H., Leonard H. EPSTEIN, Joan M. DORN, Katherine E. JONES a Valerie A. KONDILIS, 2006. The Relationship Between Motor Proficiency and Physical Activity in Children. *Pediatrics* [online]. **118**(6), e1758–e1765. ISSN 0031-4005, 1098-4275. Dostupné z: doi:10.1542/peds.2006-0742

WUANG, Yee-Pay, Yueh-Hsien LIN a Chwen-Yng SU, 2009. Rasch analysis of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency-Second Edition in intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities* [online]. **30**(6), 1132–1144. ISSN 0891-4222. Dostupné z: doi:10.1016/j.ridd.2009.03.003

XIONG, Kai-Yu, Hui HE, Yi-Ming ZHANG a Guo-Xin NI, 2012. Analyses of body composition charts among younger and older Chinese children and adolescents aged 5 to 18 years. *BMC Public Health* [online]. **12**(1), 835. ISSN 1471-2458. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2458-12-835

ZBOŘILOVÁ, Vendula, Miroslava PŘIDALOVÁ a Tereza KAPLANOVÁ, 2021. Body Fat Mass, Percent Body Fat, Fat-Free Mass, and Skeletal Muscle Mass Reference Curves for Czech Children Aged 6–11 Years. *Children* [online]. **8**(5), 366. ISSN 2227-9067. Dostupné z: doi:10.3390/children8050366

ZUNA, Ivan a Lubomír POUŠEK, 2007. *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice I*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-03779-9.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Průměrné hodnoty tělesných kompartmentů u zdravého lidského jedince s hmotností 70 kg.	11
Obrázek 2 - Úrovně tělesného složení.	12
Obrázek 3 - Různé typy modelů tělesného složení.	16
Obrázek 4 - Zastoupení jednotlivých složek TBW.	28
Obrázek 5 - Přehled metod zjišťování zastoupení tělesného a viscerálního tuku u dospělých.	33
Obrázek 6 - Přehled metod zjišťování zastoupení kosterní svaloviny u dospělých.	37
Obrázek 7 - Období akcelerovaného zlepšování motorických schopností u chlapců (plná čára) a dívek (tečkovaná čára) v různých věkových skupinách dětí a adolescentů.	40
Obrázek 8 - Porovnání průměrné tělesné výšky (a) a tělesné hmotnosti (b) u estonských chlapců a dívek ve věku 4 a 17 let.	41
Obrázek 9 - Percentilové tabulky pro PBF a FM u českých chlapců ve věku 6-13 let.	42
Obrázek 10 - Percentilové tabulky pro PBF a FM u českých dívek ve věku 6-13 let.	42
Obrázek 11 - Vztah mezi percentily BMI a získaným skóre v jednotlivých testech.	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled úrovní a modelů tělesného složení	12
Tabulka 2 - Zastoupení testovaných žáků v jednotlivých věkových kategoriích.....	51
Tabulka 3 - Motorické kompozity a subtesty dlouhé formy BOT-2 testu.	53
Tabulka 4 – Průměrná tělesná hmotnost v jednotlivých věkových kategoriích.	55
Tabulka 5 - Aritmetické průměry percentilů tělesné hmotnosti v jednotlivých kategoriích. ...	56
Tabulka 6 – Průměrná tělesná výška v jednotlivých věkových kategoriích.	56
Tabulka 7 - Hodnocení tělesné výšky českých dětí podle percentilových grafů.	57
Tabulka 8 - Aritmetické průměry percentilů tělesné výšky v jednotlivých kategoriích.	57
Tabulka 9 - Aritmetické průměry percentilů BMI v jednotlivých kategoriích.	58
Tabulka 10 - Hodnocení BMI a hmotnosti k tělesné výšce podle percentilových grafů.	58
Tabulka 11 - Zastoupení dívek a chlapců v jednotlivých kategoriích BMI percentilů.	59
Tabulka 12 - Kategorie procenta tělesného tuku.....	60
Tabulka 13 - Aritmetické průměry procent tělesného tuku v jednotlivých kategoriích.....	60
Tabulka 14 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích procenta tělesného tuku....	61
Tabulka 15 - Aritmetické průměry hodnot tukoprosté hmoty v jednotlivých kategoriích.....	62
Tabulka 16 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích TMC.....	62
Tabulka 17 - Aritmetické průměry výsledků jednotlivých testů a skóre TMC v různých věkových kategoriích.	63
Tabulka 18 - Aritmetické průměry výsledků jednotlivých testů v různých kategoriích BMI percentilů.....	65
Tabulka 19 - Výsledky BMI v jednotlivých kategoriích celkového motorického kompozitu.	66
Tabulka 20 - Počty dětí v percentilových kategoriích ve vztahu k celkovému motorickému kompozitu.....	67
Tabulka 21 - Z Počty dětí v kategoriích procenta tělesného tuku ve vztahu k celkovému motorickému kompozitu.	67
Tabulka 22 – Vztah mezi výsledky jednotlivých testů a kategoriemi procenta tělesného tuku.	68
Tabulka 23 - Pearsonův korelační koeficient u jednotlivých parametrů tělesného složení a motorickou kompetencí.....	70
Tabulka 24 - Průměrné skóre testů u jedinců s BMI percentilem nad 97.	71
Tabulka 25 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s BMI percentilem nad 97.....	72
Tabulka 26 - Průměrné výsledky testů u dětí s BMI percentilem nižším nebo rovným 3.	72

Tabulka 27 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s BMI percentilem menším nebo rovným 3.	73
Tabulka 28 - Průměrné skóre testů u jedinců s procentem tělesného tuku nad 35 %.	73
Tabulka 29 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s procentem tělesného tuku nad 35 %.	73
Tabulka 30 - Průměrné skóre testů u jedinců s procentem tělesného tuku pod 6 %.	74
Tabulka 31 - Průměrné skóre subtestů u jedinců s procentem tělesného tuku pod 6 %.	74
Tabulka 32 - Souhrnná tabulka aritmetických průměrů skóre jednotlivých testů a subtestů dětí v oblastech odlehlých hodnot vybraných parametrů tělesného složení.	75

Seznam grafů

Graf 1 - Graf závislosti množství tělesného tuku na věku a pohlaví	31
Graf 2 - Graf závislosti množství tukoprosté hmoty na věku a pohlaví	33
Graf 3 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích BMI percentilů	59
Graf 4 – Aritmetický průměr procenta tělesného tuku v jednotlivých kategoriích	61
Graf 5 - Zastoupení participantů v jednotlivých kategoriích TMC	63
Graf 6 - Závislost mezi výsledky jednotlivých testů a věkem participantů	64
Graf 7 - Vztah mezi výsledným skóre v jednotlivých subtestech a BMI percentily	69
Graf 8 - Vztah mezi výsledným skóre v jednotlivých kompozitech motorické kompetence a BMI percentily	69