

**Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie



Petra Zíková

Srovnání vybraných diagnostických markerů obezity u dospělých jedinců
Comparison of selected diagnostic markers of obesity in adults

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Anna Vážná

Praha, 2025

Poděkování:

Ráda bych poděkovala své školitelce Mgr. Anně Vážné za její čas, trpělivost, odborné vedení a cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Rovněž děkuji své rodině a přátelům, kteří mě podporovali nejen při psaní, ale i v průběhu celého bakalářského studia.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Anny Vážné a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Také prohlašuji, že jsem využila nástroje umělé inteligence v souladu s opatřením děkana č. 13/2023, článkem 4.3, a to konkrétně ChatGPT 4.0 jako podpůrný nástroj ke kontrole správnosti pravopisu a zlepšení čitelnosti textu, dále DeepL k pomoci při překladu zahraniční literatury a abstraktu.

V Praze, 27. 04. 2025

Petra Zíková



Abstrakt

Obezita je multifaktoriální chronické onemocnění spojené s mnoha zdravotními komplikacemi zvyšujícími riziko mortality. K diagnostice nadváhy a obezity se běžně používají antropometrické ukazatele, nejčastěji Index tělesné hmotnosti (BMI). Použití hmotnostního indexu BMI je jednoduché a ekonomicky nenáročné, avšak má svá omezení, zejména vzhledem k hodnocení tělesného složení, což může vést k chybnému stanovení zdravotních rizik. Tato práce se zaměřuje na porovnání vybraných diagnostických markerů obezity v dospělé populaci z hlediska diskriminační schopnosti predikovat zdravotní rizika spojená s obezitou. Pozornost je věnována hmotnostním indexům, zejména BMI, jeho modifikacím, Ponderálnímu indexu (PI), a dalším ukazatelům, jako např. obvodu pasu, poměru obvodu pasu k obvodu boků (WHR) či poměru obvodu pasu k výšce (WHtR). Dále je doplněn přehled pokročilých metod měření tělesného složení. Dle literární rešerše se ukazuje, že obvod pasu a WHtR korelují s nadměrnou adipozitou a identifikují zdravotní rizika lépe než BMI, a proto je jejich použití doporučováno v klinické praxi.

Klíčová slova: Index tělesné hmotnosti, New BMI, Ponderální index, Index korpulence, obvod pasu, poměr obvodu pasu k obvodu boků, poměr obvodu pasu k výšce, adipozita, diagnostická validita, diskriminační schopnosti

Abstract

Obesity is a multifactorial chronic disease associated with many health complications that increase the risk of mortality. Anthropometric indicators are commonly used to diagnose overweight and obesity, most frequently Body Mass Index (BMI). The use of BMI is simple and inexpensive but has its limitations, especially for assessing body composition, which may lead to misidentification of health risks. This paper focuses on comparing selected diagnostic markers of obesity in the adult population in terms of their discriminatory ability to predict health risks related to obesity. Attention is given to weight indices, in particular BMI, its modifications, Ponderal Index (PI), and other markers such as waist circumference, Waist-to-Hip Ratio (WHR) or Waist-to-Height Ratio (WHtR). Furthermore, an overview of advanced methods for measuring body composition is provided. The literature review shows that waist circumference and WHtR correlate with excessive adiposity and identify health risks better than BMI, and therefore their use is recommended in clinical practice.

Key words: Body Mass Index, New BMI, Ponderal Index, Corpulence Index, waist circumference, Waist-to-Hip Ratio, Waist-to-Height Ratio, adiposity, diagnostic validity, discriminative properties

Seznam zkratek

BF%	Body Fat Percentage	procento tělesného tuku
BIA	Bioelectrical impedance analysis	bioelektrická impedanční analýza
BMI	Body Mass Index	Index tělesné hmotnosti
CT	Computed tomography	počítačová tomografie
CVD	Cardiovascular diseases	kardiovaskulární onemocnění
DEXA	Dual-Energy X-ray Absorptiometry	duální rentgenová absorpciometrie
DM2		<i>Diabetes mellitus 2. typu</i>
MRI	Magnetic Resonance Imaging	magnetická rezonance
PI	Ponderal Index	Ponderální index
WHO	World Health Organization	Světová zdravotnická organizace
WHR	Waist-to-Hip Ratio	poměr obvodu pasu k obvodu boků
WHtR	Waist-to-Height Ratio	poměr obvodu pasu k tělesné výšce

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Obezita.....	2
2.1	Obezita a příčiny jejího vzniku.....	2
2.1.1	Tuková tkáň a její hormonální funkce.....	2
2.2	Důsledky obezity na zdraví.....	4
2.3	Klasifikace obezity.....	6
2.3.1	Normal-Weight obesity.....	6
2.4	Historie a současnost obezity.....	6
3	Diagnostické markery obezity.....	9
3.1	Body Mass Index (BMI).....	9
3.1.1	Definice a výpočet BMI.....	9
3.1.2	Historie a původ BMI.....	9
3.1.3	Klasifikace nadváhy a obezity dle BMI.....	9
3.1.4	Výhody a omezení použití indexu BMI.....	10
3.1.5	New BMI.....	15
3.1.6	BMI adjustovaný na věk.....	16
3.2	Ponderální index.....	17
3.2.1	Výhody a omezení použití PI.....	18
3.2.2	Klinický význam PI při hodnocení zdravotních rizik obezity.....	18
3.3	Obvod pasu.....	19
3.3.1	Výhody a omezení použití obvodu pasu.....	20
3.3.2	Klinický význam obvodu pasu při hodnocení zdravotních rizik obezity.....	22
3.4	Waist-to-Hip Ratio.....	23
3.4.1	Výhody a omezení použití WHR.....	24
3.4.2	Klinický význam WHR při hodnocení zdravotních rizik obezity.....	25
3.5	Waist-to-Height Ratio.....	25
3.5.1	Výhody a omezení použití WHtR.....	26
3.5.2	Klinický význam WHtR při hodnocení zdravotních rizik obezity.....	27

4	Přímé metody měření tělesného složení.....	30
4.1	Počítačová tomografie a magnetická rezonance.....	30
4.2	Duální rentgenová absorpciometrie (DEXA).....	30
4.3	Bioelektrická impedanční analýza.....	31
5	Závěr	32
6	Seznam použité literatury.....	33

1 Úvod

Obezita je onemocnění významně ovlivňující kvalitu i délku života spojené se zvýšeným rizikem chronických neinfekčních onemocnění. Její prevalence dlouhodobě celosvětově stoupá napříč všemi věkovými kategoriemi, což činí z obezity závažný problém veřejného zdraví. Je důležité, aby diagnostika nadváhy a obezity, jakožto zmožené tukové tkáně, byla přesná i spolehlivá, a odrážela skutečná zdravotní rizika jedince. V klinické praxi a populačních studiích je obezita často hodnocena na základě zvýšené tělesné hmotnosti pomocí hmotnostních indexů, zejména Body Mass Index (BMI). Při použití diagnostického markeru je však důležité znát a respektovat jeho limitace. V rámci užití v praxi či výzkumu je zapotřebí si těchto skutečností být vědomi a parametr by měl být zvolen dle záměru a potřeb designu studie či klinické praxe.

Tato bakalářské práce si vytyčila za cíl poskytnout přehled vybraných diagnostických markerů nadváhy a obezity se zaměřením na jejich schopnost identifikace zdravotních rizik u dospělých jedinců. Pro úvod do problematiky se nejdříve budeme věnovat samotné obezitě. Následné kapitoly se věnují jednotlivým antropometrickým markerům obezity. Závěrem jsou uvedeny možnosti měření tělesného složení za pomoci přístrojové techniky, které umožňují přesnější diagnostiku obezity a s ní souvisejících rizik ve srovnání s jednoduššími antropometrickými ukazateli.

2 Obezita

2.1 Obezita a příčiny jejího vzniku

Obezita je chronické multifaktoriální onemocnění. Je definována jako stav nadměrného hromadění tukové tkáně v těle, neboli nadměrné adipozity, které může negativně ovlivnit zdraví daného jedince (*Pi-Sunyer, 2000; WHO, 2024). Jednou z příčin jejího vzniku je dlouhodobá pozitivní energetická bilance, kdy příjem energie převyšuje její výdej. Přebytek energie se ukládá ve formě tukových zásob, čímž dochází k progresivnímu nárůstu tělesné hmotnosti (WHO, 1998; Romieu *et al.*, 2017).

Během 20. století dochází k výrazným sociálním, ekonomickým a kulturním změnám, které ovlivnily stravovací návyky a fyzickou aktivitu ve společnosti a tím přispěly k celosvětovému nárůstu nadváhy a obezity (WHO, 1998; Posner and Philipson, 1999). Urbanizace, industrializace zemědělství a výroby potravin zlepšily dostupnost potravin, ne vždy však kvalitu stravy. Současně dochází ke zvýšení průměrného kalorického příjmu vlivem vyšší konzumace vysoce energetických, ultra-zpracovaných potravin, slazených nápojů a častějšího stravování mimo domov, zejména ve fast-foodech. Naopak došlo k poklesu konzumace nízkenergetických potravin, jako je ovoce a zelenina (WHO, 1998; Nielsen, Siega-Riz and Popkin, 2002; Pereira *et al.*, 2005; Schröder *et al.*, 2007; Monteiro *et al.*, 2011; Malik *et al.*, 2013; Moubarac *et al.*, 2013; Alkerwi, Crichton and Hébert, 2015; Hall *et al.*, 2019). Současně se zvyšujícím se kalorickým příjmem dochází ke snižování fyzické aktivity v důsledku strukturálních změn společnosti, což dále prohlubuje nerovnováhu mezi příjmem a výdejem energie. Urbanizace, modernizace a automatizace práce vedly k sedavému životnímu stylu a omezení výdeje energie nejen v pracovním prostředí, ale i v každodenních činnostech. Studie Church *et al.* ukázala, že od 60. let 20. století do počátku 21. století výrazně poklesl počet fyzicky náročnějších povolání a zvýšilo se procento osob zaměstnaných ve službách. V souvislosti s povoláním bylo odhadnuto snížení energetického výdeje o více než 100 kalorií denně, což přispělo ke zvyšování průměrné tělesné hmotnosti v USA v tomto období. Každodenní pohyb je omezován kvůli zvýšenému využívání automobilové dopravy, technologickým inovacím a automatizaci práce. Navíc je volný čas stále častěji tráven sledováním televize a používáním moderních technologií než fyzickou aktivitou, což podporuje další sedavé chování (Prentice and Jebb, 1995; Andersen *et al.*, 1998; WHO, 1998; CDC, 2003; Healy *et al.*, 2008; Church *et al.*, 2011).

2.1.1 Tuková tkáň a její hormonální funkce

Tuková tkáň je tvořena převážně buňkami nazývanými adipocyty a lze ji funkčně rozdělit na bílou tukovou tkáň a hnědou tukovou tkáň, která se významně podílí na termoregulaci prostřednictvím produkce tepla (*Cypess and Kahn, 2010). Bílá tuková tkáň funguje jako rezervoár energie a jako regulační centrum energetického metabolismu (Trayhurn and Beattie, 2001). Tuková tkáň je metabolicky aktivní a má endokrinní funkci. Produkuje široké spektrum hormonů a signálních molekul, označovaných jako adipokiny, které se podílejí na regulaci metabolismu, energetické rovnováhy a zánětlivých procesů. Mezi klíčové adipokiny patří leptin, adiponektin a různé cytokiny. Při obezitě dochází v důsledku dysfunkce tukové tkáně

ke změně sekrece adipokinů, což může podporovat rozvoj metabolických, kardiovaskulárních a maligních onemocnění (Cook *et al.*, 1987; Zhang *et al.*, 1994; Blüher, 2013; *Fasshauer and Blüher, 2015).

Objev genu *ob* u myši, přispívající k rozvoji obezity, vedl k identifikaci hormonu leptinu. Leptin je produkován adipocyty a ovlivňuje centrum energetické rovnováhy v hypotalamu. Poskytuje negativní signál o příjmu a zásobě energie v těle a hypotalamus na základě této informace udržuje stabilní hmotnost jedince (Zhang *et al.*, 1994; Masuzaki *et al.*, 1995; Tartaglia *et al.*, 1995; Considine, Considine, *et al.*, 1996; *Considine, 2005). Mutace v genu leptinu či jeho receptoru s následkem jeho nedostatku či absencí způsobuje těžkou obezitu, kterou lze v těchto vzácných případech léčit externím podáváním leptinu (Montague *et al.*, 1997; Clément *et al.*, 1998; Paz-Filho *et al.*, 2010). U jedinců s obezitou byla zaznamenána zvýšená koncentrace volného leptinu odrážející větší množství tukové tkáně, což vedlo k hypotéze leptinové rezistence, kdy není efektivně potlačována chuť k jídlu, ani není podporován energetický výdej, což přispívá k dalšímu nárůstu tělesné hmotnosti a progresi obezity (Considine, Sinha, *et al.*, 1996; Sinha *et al.*, 1996; *Considine, 2005).

Leptin také ovlivňuje imunitní systém stimulací makrofágů k vyšší produkci prozánětlivých cytokinů, a to zejména interleukinu-6 (IL-6) a tumor nekrotizujícího faktoru α (TNF- α). Tyto cytokiny zvyšují riziko výskytu chronického zánětu, kardiovaskulárních onemocnění (*cardiovascular diseases*, CVD) a inzulínové rezistence vedoucí k rozvoji diabetu mellitus 2. typu (DM2) (Hotamisligil, Shargill and Spiegelman, 1993; Hotamisligil *et al.*, 1995; Gainsford *et al.*, 1996; Yudkin *et al.*, 1999; Senn *et al.*, 2003; *DeFronzo, 2004; Fain *et al.*, 2004). Zvýšené hladiny volného leptinu jsou tedy spojeny s vyšším rizikem hypertenze, ischemické choroby srdeční, cévní mozkové příhody a dalších CVD (Kannel *et al.*, 1967; Scherrer *et al.*, 1994; Suter *et al.*, 1998; Söderberg *et al.*, 1999; Wallace *et al.*, 2001).

Ačkoli je obezita často definována jako nadměrné množství tělesného tuku, důležitým aspektem je také distribuce tělesného tuku v organismu. Již v polovině 20. století poukázal profesor Vague na intersexuální rozdíly v ukládání tuku a jejich odlišný vliv na zdraví. Na základě těchto rozdílů se vymezují dva vzorce ukládání tuku, lišící se jeho lokalizací a metabolickým dopadem. Androidní typ obezity, převažující u mužů a postmenopauzálních žen, se vyznačuje převahou viscerálního tuku, který se akumuluje kolem vnitřních orgánů v oblasti břicha. Naopak u gynoidního typu obezity, typického pro ženy před menopauzou, je převažující vyšší zastoupení subkutánního tuku lokalizovaného zejména v oblasti boků a steh. Distribuce tuku se mění i s věkem, kdy dochází k jeho přesunu z podkožní do viscerálních prostor. Zatímco subkutánní tuk je považován za méně rizikový, viscerální tuk je metabolicky vysoce aktivní, zejména v hormonální produkci a zánětlivých procesech, které mohou negativně ovlivnit metabolické zdraví jedince. Zvýšené množství viscerálního tuku je spojeno s vyšším rizikem výskytu CVD, inzulínové rezistence vedoucí k DM2 a metabolickému syndromu (Vague, 1956; Kissebah *et al.*, 1982; Toth *et al.*, 2000; Derby *et al.*, 2006; *Cartwright, Tchkonja and Kirkland, 2007; *Wells, 2007; Britton *et al.*, 2013; *Khawaja *et al.*, 2024).

2.2 Důsledky obezity na zdraví

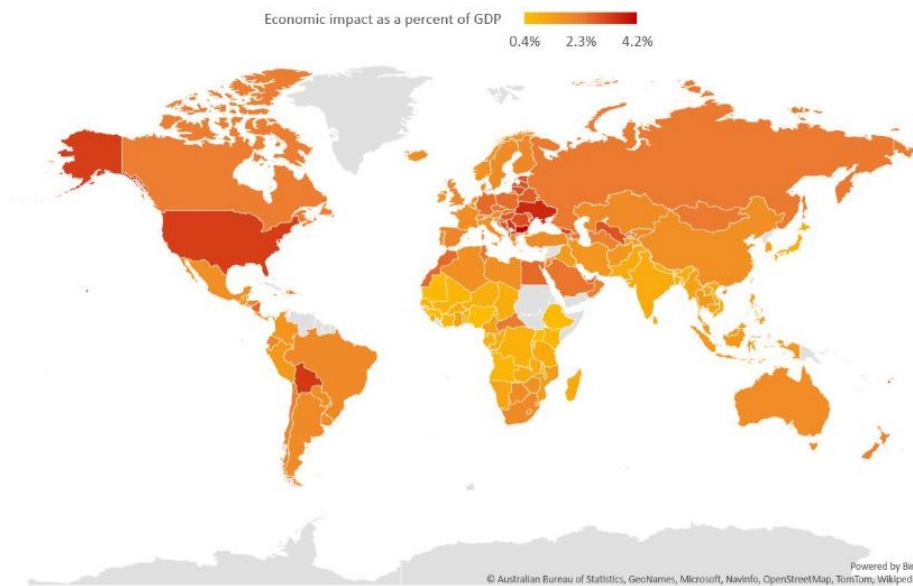
Obezita je onemocnění spojené se závažnými zdravotními komplikacemi. Souvisí s inzulínovou rezistencí, která je považována za první krok v patogenezi DM2 (*DeFronzo, 2004; Tabák *et al.*, 2009). Snížení tělesné hmotnosti zlepšuje citlivost na inzulín a navíc může vést časná intervence u jedinců s DM2 až k ústupu onemocnění (Jazet *et al.*, 2008; Magkos *et al.*, 2016; Lean *et al.*, 2019). Další komplikací je nealkoholické ztukovatění jater způsobené hromaděním tuku v játrech, které zvyšuje riziko fibrózy a hepatocelulárního karcinomu, přičemž pro zlepšení jaterních funkcí je klíčová redukce tělesné hmotnosti (Vilar-Gomez *et al.*, 2015; *Sanyal, 2019). Obezita přispívá k vyššímu riziku CVD, včetně hypertenze, ischemické choroby srdeční, cévní mozkové příhody a srdeční selhání. CVD jsou hlavní příčinou úmrtí u osob s obezitou, a jsou spojeny s více než dvěma třetinami všech úmrtí spojených s vysokým BMI (Kenchiah *et al.*, 2002; Bogers *et al.*, 2007; Strazzullo *et al.*, 2010; GBD 2015 Obesity Collaborators *et al.*, 2017; Innocent *et al.*, 2024). Obezita souvisí s obstrukční spánkovou apnoe, jejíž prevalence je vyšší u jedinců s obezitou (Bixler *et al.*, 2001; Schwartz *et al.*, 2008). Navíc obezita přispívá k vyššímu riziku určitých druhů rakoviny, jako např. rakovina dělohy, vaječníků a prsu, kolorektální, hepatocelulární karcinom, karcinom jícnu, adenokarcinom žaludku, pankreatu, žlučníku, štítné žlázy a ledvin, mnohočetný myelom, meningiom (WHO, 2000a; *Colditz and Peterson, 2018).

Obezita má i rozsáhlé psychosociální dopady, které negativně ovlivňují psychické zdraví, sociální vztahy, pracovní uplatnění i celkovou kvalitu života jedince. Jedinci s nadváhou či obezitou často trpí nízkým sebevědomím, nespokojeností s vlastním tělem, poruchami příjmu potravy a sociální izolací. Zvyšuje se u nich zároveň riziko deprese a úzkostných poruch, přičemž vztah obezity a deprese je oboustranný – jedinci s depresí mají vyšší riziko vzniku obezity a jedinci s obezitou mají vyšší riziko rozvoje deprese (Luppino *et al.*, 2010; *Avila *et al.*, 2015). Užívání některých psychofarmak bylo spojeno s nárůstem tělesné hmotnosti, což přispívá k obezitě a komplikuje léčbu psychiatrických onemocnění (Allison *et al.*, 1999). Psychosociální zátěž obezity dále prohlubuje stigmatizace, kdy jsou jedinci s obezitou vnímáni jako méně atraktivní, méně disciplinovaní a méně schopní, což může negativně ovlivňovat jejich pracovní uplatnění i mezilidské vztahy (*Puhl and Brownell, 2003). Redukce tělesné hmotnosti zlepšuje nejen fyzické, ale i psychické zdraví snížením depresivních symptomů, což pozitivně ovlivňuje psychickou pohodu a kvalitu života jedince (Faulconbridge *et al.*, 2012; Dawes *et al.*, 2016).

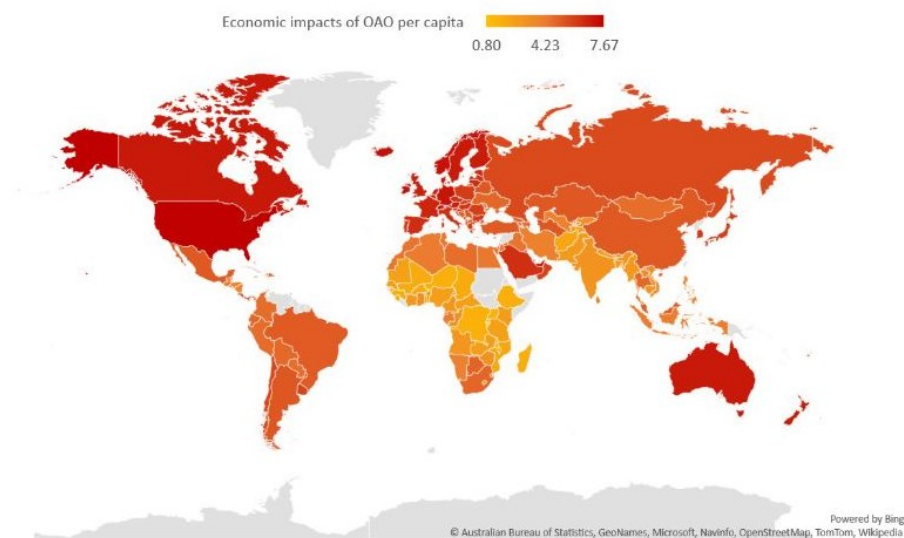
Obezita a s ní spojené výše uvedené komorbidity snižují kvalitu života související se zdravím a snižují celkovou délku života jedinců (*Fontaine and Barofsky, 2001; Peeters *et al.*, 2003). Navíc dochází ke zvýšení nákladů pro jednotlivce, zdravotnické systémy i celou společnost. Přímé zdravotní náklady zahrnují výdaje spojené s diagnostikou, léčbou a prevencí obezity a jejími komplikacemi. Studie se shodují v tom, že obezita představuje značnou finanční zátěž pro zdravotnické systémy. (*Thompson and Wolf, 2001; Finkelstein, Fiebelkorn and Wang, 2003; Andreyeva, Sturm and Ringel, 2004; Borg *et al.*, 2005; Nakamura *et al.*, 2007; Zhao *et al.*, 2008). Některé studie analyzují pouze část celkových nákladů, např. výdaje na lékařskou péči (Finkelstein, 2001) nebo na léky na předpis (Degli Esposti *et al.*, 2006). Podle Okunogbe *et al.* ekonomické náklady nadváhy a obezity v roce 2019 představovaly průměrně 2,19 % celosvětového HDP, přičemž

v některých zemích dosahovaly až 4,68 % HDP, což ukazuje Obr. 1. Významné dopady byly pozorovány i v rozvojových zemích. Na Obr. 2 jsou znázorněny výdaje spojené s nadváhou a obezitou vztahované na 1 obyvatele, které se pohybují od 20 USD v některých zemích Afriky a jihovýchodní Asie, až po více než 800 USD v USA, Evropě a některých asijských zemích (Okunogbe *et al.*, 2022). Kromě přímých zdravotních nákladů se zohledňují i nepřímé náklady, mezi které patří snížená produktivita, zvýšená pracovní absence či invalidita. Ekonomické důsledky se projevují i nižšími mzdami a menší zaměstnatelností osob s obezitou (Cawley, 2004; Borg *et al.*, 2005; *Hammond and Levine, 2010).

Obr. 1: Ekonomické dopady nadváhy a obezity v procentech HDP v roce 2019 (v USD v roce 2019)
(převzato Okunogbe *et al.*, 2022)



Obr. 2: Ekonomické dopady nadváhy a obezity na obyvatele v roce 2019 (v USD v roce 2019), zobrazené údaje v mapě jsou škálovány pomocí přirozeného logaritmu
(převzato Okunogbe *et al.*, 2022)



2.3 Klasifikace obezity

Hranice nadměrného množství tukové tkáně v těle diagnostikující obezitu byla stanovena pro dospělé muže ≥ 25 % tělesné hmotnosti a pro dospělé ženy ≥ 30 %. Tab. 1 zobrazuje klasifikaci dospělých jedinců na základě procenta tělesného tuku (*Body Fat Percentage*, BF%) v těle. V praxi se však častěji používá měření tělesné hmotnosti místo měření adipozity. Nejčastěji se pro hodnocení nadváhy a obezity používá index tělesné hmotnosti (*Body Mass Index*, BMI), u kterého WHO definuje obezitu jako $BMI \geq 30$ kg/m², viz Tab. 2 v kapitole 3.1.3 (*Pi-Sunyer, 2000; WHO, 2000a).

Klasifikace nadváhy a obezity je specifická u dětí a dospívajících. Oproti přímé hodnotě BMI užívané v případě dospělých je zapotřebí v dětské populaci zohlednit ontogenetický vývoj a proto se využívají percentilové grafy či z-skóre (WHO, 2000a).

Tab. 1: Klasifikace dospělých mužů a žen dle množství tělesného tuku
(převzato a upraveno dle *Pi-Sunyer, 2000)

	Procento tělesného tuku (BF%)		
	Normostenie	Nadváha	Obezita
Muži	15–22	> 22	> 25
Ženy	18–32	> 32	> 35

2.3.1 Normal-Weight obesity

Normal-Weight Obesity (NWO), v překladu obezita při normální hmotnosti, je stav, kdy má jedinec normostenické BMI, v rozmezí 18,5–24,9 kg/m², ale nadměrný BF%. De Lorenzo *et al.* zkoumali u žen fenomén BMI v normě s vysokým BF% ≥ 30 a popsali NWO jako nový syndrom. Stanovení optimální hraniční hodnoty pro definici nadměrné adipozity se v mnohých studiích liší, dle pohlaví, věku a populace, přičemž se nejčastěji pohybují mezi 20–26 % pro muže a mezi 30–38 % pro ženy. NWO je spojováno s nižší hustotou kostních minerálů, prozánětlivým stavem, zvýšenými metabolickými rizikovými faktory, s rizikem diabetu, metabolického syndromu, CVD a kardiovaskulární mortality. Jedinci s NWO jsou často chybně klasifikováni jako zdraví kvůli normostenickým hodnotám BMI, ačkoli jsou ve zvýšeném zdravotním riziku (De Lorenzo *et al.*, 2006, 2007; Marques-Vidal *et al.*, 2008; Romero-Corral *et al.*, 2010; Čuta *et al.*, 2019; Correa-Rodríguez *et al.*, 2020; Mohammadian Khonsari *et al.*, 2022; Keirns *et al.*, 2023; Kim, Kang and Kang, 2023).

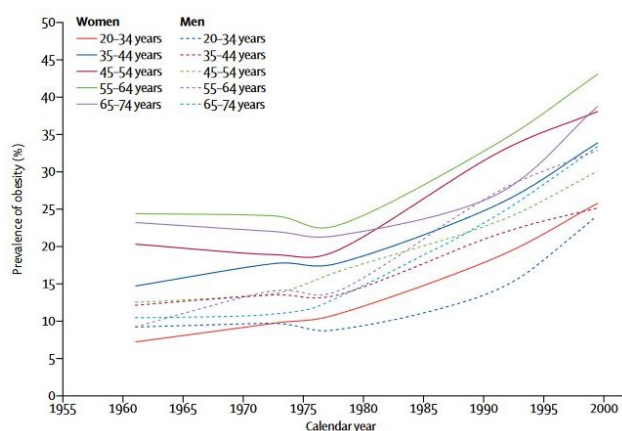
2.4 Historie a současnost obezity

Obezita byla jako nemoc označena již v roce 1948 Světovou zdravotnickou organizací (*World Health Organization*, WHO). Celosvětově se však problém obezity nepovažoval za příliš důležitý, přestože byla pozorována spojitost mezi rostoucí prevalencí obezity a výskytem CVD v americké populaci (*Breslow, 1952; *James, 2008). V 70. a 80. letech 20. století se začala projevovat epidemicky rostoucí prevalence nadváhy a obezity, především v důsledku změn v životním stylu. Harlan *et al.* analýzami tělesné hmotnosti potvrdili nárůst průměrného BMI americké populace v letech 1960–1980. Graf z dat *US Centers for Disease*

Control and Prevention a National Health and Examination Surveys na Obr. 3 znázorňuje epidemický nárůst obezity v USA od 60. let do roku 2000 (Harlan *et al.*, 1988; Rodgers *et al.*, 2018).

Obr. 3: Prevalence obezity v USA v letech 1960–2000 rozdělená podle věku a pohlaví

(převzato Rodgers *et al.*, 2018)



Zásadní změna v přístupu k obezitě nastala v roce 1997, kdy WHO uznala obezitu jako globální epidemii, definovala ji jako multifaktoriální onemocnění a stanovila její novou kategorizaci pro BMI ≥ 30 kg/m². Tato změna byla podložena výsledky MONICA WHO studie na 48 populacích ve 21 zemích světa, zejména evropských států. Studie zjistila, že 50–75 % dospělé populace má nadváhu či obezitu, tedy má BMI ≥ 25 kg/m², s nejvyšší prevalencí v USA, Kanadě a evropských státech a rychlým nárůstem u některých populací rozvojových zemí. Výzkum určil obezitu jako rizikový faktor pro hypertenzi, DM2 a CVD, přičemž jedinci s obezitou vykazují vyšší mortalitu na CVD (WHO, 1998).

Během 21. století se prevalence nadváhy a obezity dále zvyšovala důsledkem sociálních změn a změnou životního stylu. Flegal *et al.* zjistili, že v roce 2008 bylo v USA 68 % populace s nadváhou a obezitou, přičemž obezita se vyskytovala u 33,8 % populace. Podobné trendy byly pozorovány i v Evropě, např. ve Švédsku došlo mezi lety 1995–2017 k nárůstu nadváhy o 23 %, obezity o 86 % a těžké obezity o 153 %. Podle WHO *Global Burden of Disease* (GBD) se mezi lety 1990–2015 počet lidí s obezitou zdvojnásobil a obezita se stala hlavní příčinou neinfekčních onemocnění v mnoha regionech. Vysoké BMI bylo v roce 2015 přímo spojeno se 4 miliony úmrtí. WHO GBD z roku 2020 potvrzuje, že vysoký BMI spojený s obezitou je jedním z hlavních globálních rizikových faktorů přispívajících k úmrtnosti na CVD. Tato studie navíc potvrzuje, že v roce 2019 bylo více lidí s nadváhou a obezitou než lidí trpících podvýživou (Hedley *et al.*, 2004; Flegal *et al.*, 2010; *Popkin, Adair and Ng, 2012; GBD 2015 Obesity Collaborators *et al.*, 2017; GBD 2019 Risk Factors Collaborators *et al.*, 2020; Hemmingsson *et al.*, 2021).

Podle nejnovějších údajů WHO z roku 2022 trpí nadváhou 2,5 miliardy dospělých (43 % populace), z nichž obezita postihuje 890 milionů osob (16 % populace). V roce 2022 byla nadváha zjištěna u 37 milionů dětí do 5 let a u 390 milionů dětí ve věku 5–19 let, z nichž 160 milionů trpělo obezitou. Celosvětově je prevalence obezity od roku 1990 u dospělých více než dvojnásobná a u dospívajících čtyřnásobná. Obr. 4 a 5 znázorňují globální nárůst prevalence nadváhy při BMI ≥ 25 kg/m² a obezity při BMI ≥ 30 kg/m² mezi lety 1990 a 2022. V grafech byly použity věkově standardizované odhady prevalence nadváhy a obezity, které

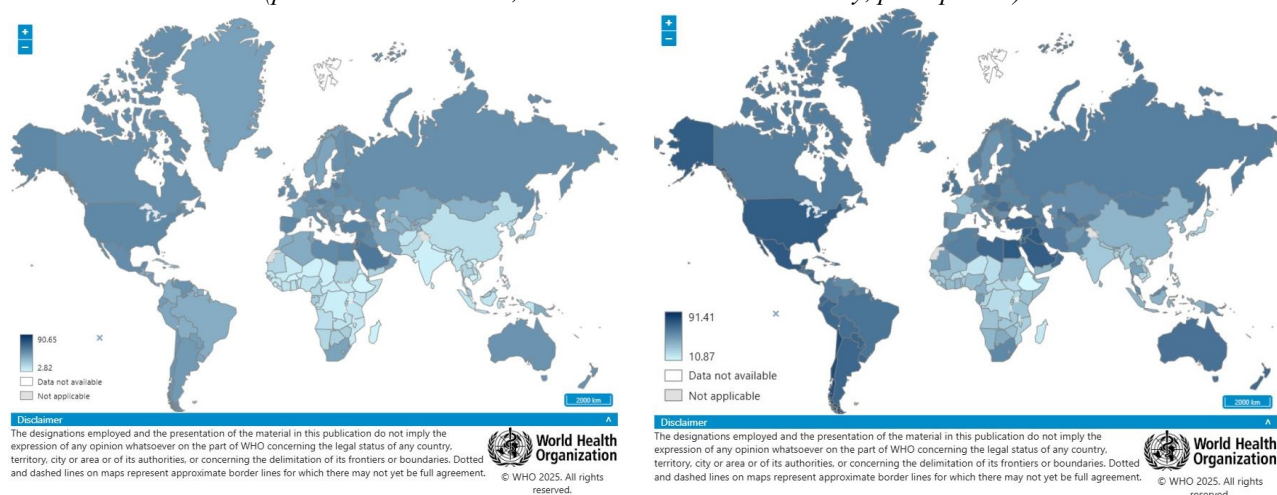
upravují výpočet prevalence, aby byla nezávislá na věkovém složení populace a umožnila tak přesnější časová i mezinárodní porovnání. Vedle těchto standardizovaných údajů existují i reálné, neredukované hodnoty prevalence, které přímo reflektují podíl postižené populace v jednotlivých státech. Tato data ukazují, že v období let 1990 až 2022 vzrostla prevalence nadváhy v ČR z 59,2 % na 67,9 %, v USA z 51,2 % na 74,1 %, v Číně z 11,9 % na 38,9 %, v Etiopii z 3,2 % na 9,7 %. Prevalence obezity narostla v ČR z 21,8 % na 31,3 %, v USA z 18,5 % na 42,9 %, v Číně z 1,1 % na 8,2 %, v Etiopii z 0,3 % na 2,4 % (WHO, 2024; web WHO, The Global Health Observatory, přístup 2025).

Tyto údaje potvrzují, že obezita zůstává jedním z největších globálních problémů veřejného zdraví. Efektivní prevence a léčba jsou proto klíčové pro minimalizaci zdravotních a ekonomických dopadů epidemie obezity. WHO doporučuje mimo jiné přísnější regulaci potravinového průmyslu, např. zdanění sladkých nápojů, a větší důraz na vzdělání v oblasti výživy. Obezita není pouze individuálním problémem, ale společenskou výzvou, která vyžaduje koordinovanou reakci na globální úrovni (WHO, 2023).

Obr. 4: Prevalence nadváhy ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$) u dospělých v procentech dle věkově standardizovaných dat.

Vlevo je znázorněna prevalence v roce 1990, v rozmezí 2,82–90,65 %, vpravo v roce 2022 v rozmezí 10,87–91,41 %.

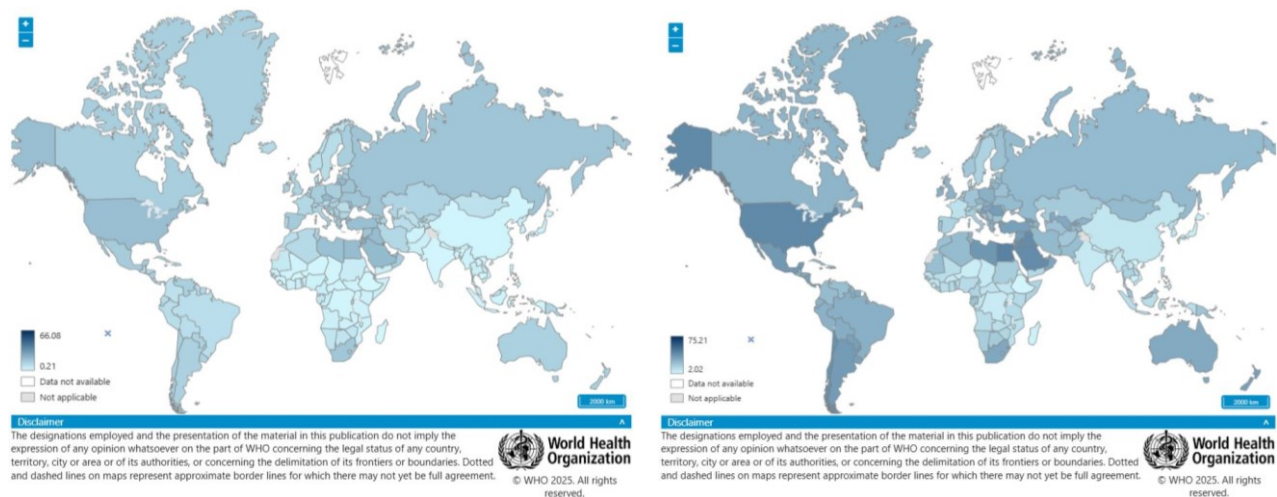
(převzato z webu WHO, The Global Health Observatory, přístup 2025)



Obr. 5: Prevalence obezity ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) u dospělých v procentech dle věkově standardizovaných dat.

Vlevo je znázorněna prevalence v roce 1990, v rozmezí 0,21–66,08 %, vpravo v roce 2022 v rozmezí 2,02–75,21 %.

(převzato z webu WHO, The Global Health Observatory, přístup 2025)



3 Diagnostické markery obezity

3.1 Body Mass Index (BMI)

3.1.1 Definice a výpočet BMI

Index tělesné hmotnosti je index, který je používán v dospělosti k hodnocení stavu výživy nezávisle na věku či pohlaví. Index byl navržen tak, aby zhodnotil, zda má jedinec zdravou hmotnost vzhledem ke své tělesné výšce, dle vzorce:

$$\text{BMI} = \frac{\text{hmotnost [kg]}}{\text{výška}^2 \text{ [m]}} \quad (\text{Keys } et \text{ al.}, 1972).$$

3.1.2 Historie a původ BMI

Poměrem hmotnosti k výšce na druhou se zabýval již v 19. století belgický matematik Lambert Adolphe Jacques Quetelet. Tento „Queteletův index“ však nebyl používán k měření adipozity jednotlivců, ale jako součást širší aplikace statistických metod k analýze fyzických a morálních vlastností člověka v sociálních skupinách, která vedla ke konceptu „průměrného člověka“ (*Eknayan, 2008).

Americký fyziolog Ancel Keys se svými kolegy porovnávali různé hmotnostně-výškové poměry napříč populacemi mužů s variabilní tělesnou stavbou a označili tento poměr názvem „Body Mass Index“. Analýzami poukázali na skutečnost preferenčního použití BMI k predikci množství tělesného tuku vůči dalším výškově-hmotnostním poměrům např. výška/hmotnost, nebo Ponderální index. Studie však měla určité nedostatky, ve studii nebyly zastoupeny ženy, a nebyly zahrnuty různé věkové kategorie (Keys et al., 1972).

3.1.3 Klasifikace nadváhy a obezity dle BMI

WHO stanovila kategorie BMI v roce 1993, a tím určila hraniční hodnoty pro normostenii, podváhu a nadváhu o třech stupních (WHO, 1995). Klasifikace BMI byla upravena v roce 1997, viz Tab. 2. Hranice pro obezitu byla stanovena pro BMI ≥ 30.00 (WHO, 1998, 2000a).

Tab. 2: Klasifikace dospělých jedinců v závislosti na BMI

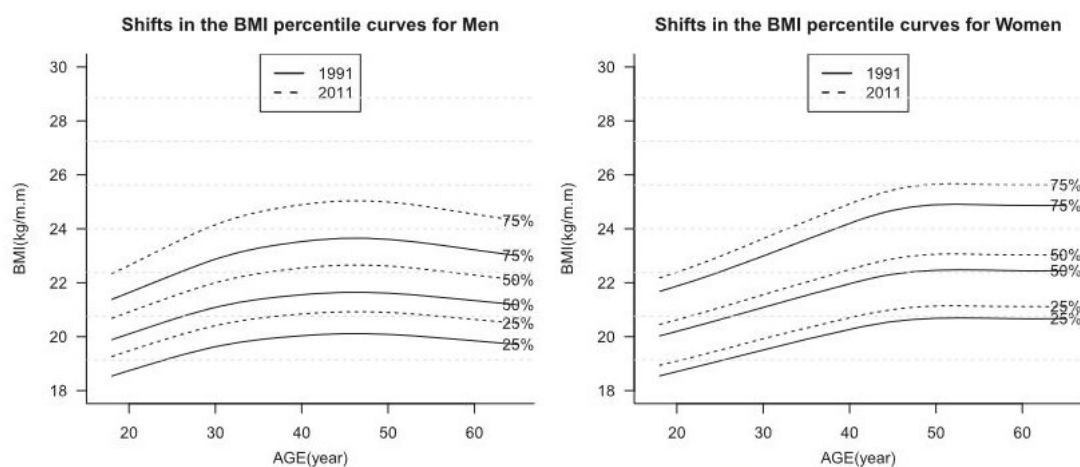
(převzato a upraveno podle WHO, 2000a)

Klasifikace	BMI [kg/m ²]	Riziko komorbidit
Podváha	< 18.50	nízké riziko (ale zvýšené riziko jiných klinických problémů)
Normostenie	18.50–24.99	průměrné riziko
Nadváha	≥ 25.00	
Pre-obezita	25.00–29.99	zvýšené riziko
Obezita I. stupně	30.00–34.99	střední riziko
Obezita II. stupně	35.00–39.99	vysoké riziko
Obezita III. stupně	≥ 40.00	velmi vysoké riziko

Rozdělení do těchto kategorií se používá standardně po celém světě jako screening obezity a s ní spojených zdravotních rizik (*Mohajan and Mohajan, 2023a).

Ačkoliv se percentilové grafy BMI používají pro hodnocení tělesné hmotnosti u dětí a dospívajících, existují i pro dospělé populace, byť nejsou využívány. Percentilové křivky BMI vizualizují rozložení BMI a medián BMI v dané populaci podle věku a pohlaví. Jejich předností je možnost zachycení populačních trendů v distribuci BMI v průběhu času a možnost hodnocení BMI jednotlivce v rámci referenční populace dle věku a pohlaví. Použití percentilových křivek BMI má význam při plánování preventivních opatření v oblasti obezity (*Daniels, 2009; Tatsumi *et al.*, 2013; Ouyang *et al.*, 2015). Studie zkoumající trendy BMI u dospělých jedinců v Číně ukázala jeho nárůst v letech 1991–2011. Porovnání percentilových křivek BMI mužů a žen na Obr. 6 ukázalo větší stabilitu křivek u žen, přičemž u žen nad 50 let hodnoty BMI dále rostly, zatímco u mužů začaly klesat (Ouyang *et al.*, 2015).

Obr. 6: Posuny percentilových křivek u dospělých Číňanů ve věku 18–60 let v letech 1991–2011
(převzato Ouyang *et al.*, 2015)



3.1.4 Výhody a omezení použití indexu BMI

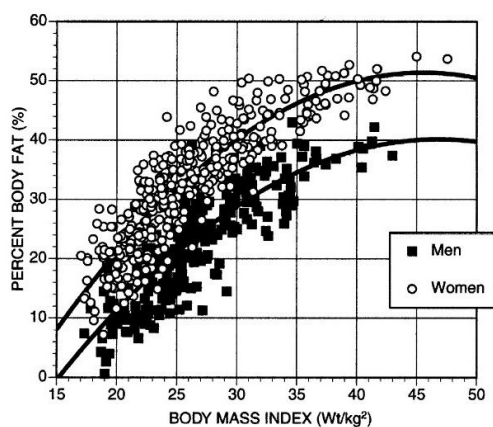
BMI jako nástroj k hodnocení obezity a souvisejících zdravotních rizik u dospělých je široce používán pro svou jednoduchost a ekonomickou nenáročnost. K stanovení BMI jedince postačuje zjistit pouze jeho tělesnou výšku a hmotnost, což lze při běžných lékařských prohlídkách bez nutnosti provádění specializovaných vyšetření. Tímto způsobem se snižují náklady pro pacienta i zdravotnický systém. Pro svou jednoduchou aplikaci je BMI taktéž využíván při epidemiologických studiích a populačních výzkumech, za účelem sledovat trendy u pacientů s podváhou, nadváhou či obezitou na globální úrovni. Keys *et al.* doporučili použití BMI pro populační studie, ne však pro individuální diagnostiku (Keys *et al.*, 1972; WHO, 1998; Hedley *et al.*, 2004; *CDC, 2011, 2024; *Wu, Li and Vermund, 2024).

Použití BMI při zjišťování nadváhy či obezity se do určité míry používá dogmaticky, což může kvůli omezením tohoto indexu vést k určitým nepřesnostem až k nesprávnému zhodnocení zdravotních rizik. Diagnostika nadváhy a obezity dle BMI u jedinců s extrémní výškou může být zavádějící kvůli závislosti BMI na tělesné výšce. U vysokých dospělých jedinců byla dle BMI pozorována nižší prevalence nadváhy a obezity oproti jedincům s nižší tělesnou výškou (Freeman, Power and Rodgers, 1995; Trefethen, 2013). BMI je využíván jako měřítko nadměrného množství tělesného tuku, i když je měřítkem tělesné hmotnosti, což může být v některých případech zavádějící, BMI totiž nerozlišuje mezi tukovou a netukovou

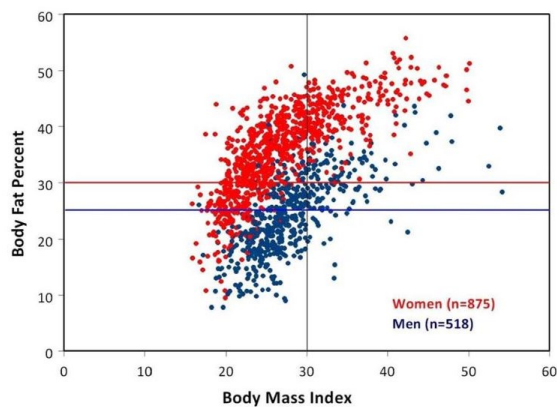
komponentou, ani nezohledňuje rozložení tělesného tuku. BMI je navíc indiferentní vůči pohlaví, věku či etnickému původu jedince, přestože tyto faktory mají roli ve složení tělesné hmoty (WHO, 1998; *CDC, 2011).

Autoři indexu definovali BMI na specifické populaci, ve které nebyly vůbec zastoupeny ženy (Keys *et al.*, 1972). Studie zahrnující subjekty obou pohlaví potvrdily existenci rozdílů v tělesném složení mezi muži a ženami. Ženy mají průměrně větší množství celkového tělesného tuku než muži, což může vést k jejich chybné klasifikaci mezi „neobézní“ dle BMI, i když jejich BF% odpovídá pásmu obezity. Graf na Obr. 7 ukazuje, že při stejných hodnotách BMI měly ženy o 10,4 % vyšší BF% než muži (Gallagher *et al.*, 1996; Jackson *et al.*, 2002; Shah and Braverman, 2012). Na chybně klasifikované osoby s obezitou upozorňuje graf na Obr. 8. V levém horním kvadrantu jsou muži (modrá) a ženy (červená) klasifikováni jako „neobézní“ dle BMI, ale jako „obézní“ dle procenta tělesného tuku (BF%), a tedy jedinci s vyšším rizikem zdravotních komplikací spojených s obezitou. Autoři této studie navrhli nižší pohlavně specifické hraniční hodnoty BMI pro určování obezity, které by byly diagnosticky citlivější. Pro muže stanovili hranici obezity při $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ a pro ženy při $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$ (Shah and Braverman, 2012).

Obr. 7: Nelineární vztah mezi BMI a měřeným procentem tělesného tuku pro muže a ženy
(převzato Jackson *et al.*, 2002)

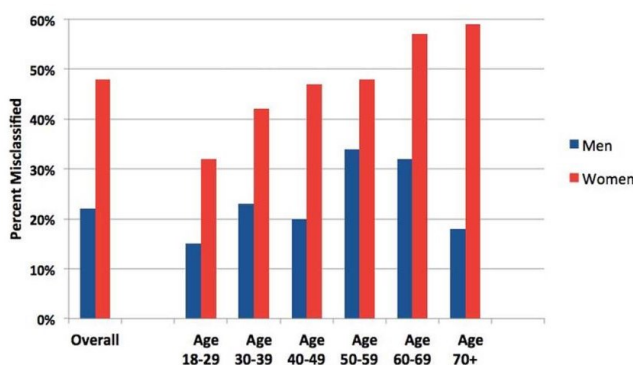


Obr. 8: Nesoulad v klasifikaci jedinců s obezitou dle BMI a procenta tělesného tuku pro muže a ženy
(převzato Shah and Braverman, 2012)



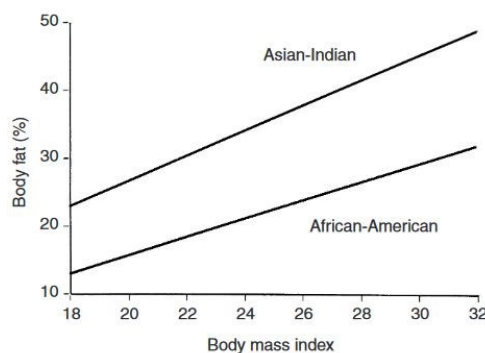
Kromě pohlaví je významným faktorem i věk, neboť se tělesné složení jedince mění s přibývajícím věkem (*Cartwright, Tchkonja and Kirkland, 2007). Starší osoby mají relativně vyšší BF% vůči mladším jedincům s obdobným BMI (Gallagher *et al.*, 1996). BMI je přitom vůči věku indiferentní, což může vést k chybné klasifikaci jedinců s obezitou a nesprávné interpretaci zdravotních rizik. Chybná klasifikace jedinců jako „neobézních“ dle BMI a věku je znázorněna na Obr. 9. Graf ukazuje souvislost, zejména u žen, mezi zvyšujícím se věkem a zvyšující se chybnou klasifikací, která přesahovala 50 % u žen ve věku nad 60 let (Shah and Braverman, 2012). Studie, které na toto omezení reagují a představují BMI adjustovaný na věk dospělého jedince, jsou uvedeny v kapitole 3.1.6 (*Prentice and Jebb, 2001).

Obr. 9: Procento chybně klasifikovaných jedinců bez obezity na základě BMI
(převzato Shah and Braverman, 2012)



Jak bylo již zmíněno, BMI nerozlišuje etnickou příslušnost jedince. To může vést k nesprávnému zhodnocení zdravotního stavu, neboť se vztah mezi BMI a BF% mezi jednotlivými skupinami liší. Výzkum zaměřený na asijsko-indické a afro-americké muže s DM2 využívající počítačovou tomografii odhalil rozdíly mezi BMI a BF% v těchto populacích. U asijsko-indických mužů nebyla dle BMI diagnostikována obezita, přestože měli vyšší BF% než afro-američtí muži či jedinci evropského původu, což znázorňuje graf na Obr. 10 (Banerji *et al.*, 1999; *Prentice and Jebb, 2001).

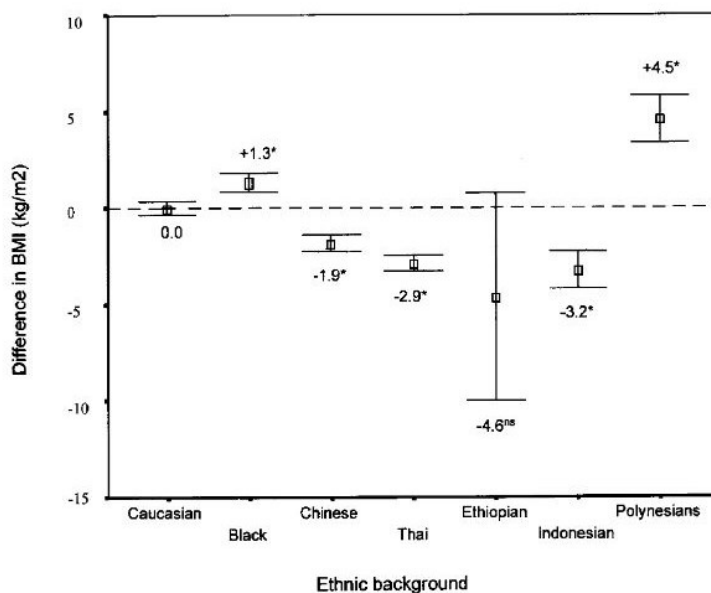
Obr. 10: Rozdíly etnických příslušností ve vztahu mezi BMI a BF%
(převzato Prentice and Jebb, 2001)



Luke *et al.* zkoumali vztah mezi BMI a BF% měřeným bioelektrickou impedanční analýzou u tří populací afrického původu žijících v Nigérii, na Jamajce a v USA. Výsledky ukázaly, že při stejném BMI měli Američané nejvyšší a Nigerijci nejnižší BF%, což odráží rozdíly v úrovni industrializace prostředí,

ve stravě či ve fyzické aktivitě. Navíc tato studie naznačuje, že obezita je častější u lidí afrického původu, kteří migrovali do západních zemí (Luke *et al.*, 1997; Adeboye, Bermano and Rolland, 2012). Obyvatelé pacifických ostrovů mají při podobném BMI často větší svalovou hmotu a nižší BF% než jedinci evropského původu, zatímco Indové mají BF% vyšší (Rush *et al.*, 2004; Rush, Freitas and Plank, 2009). Meta-analýza různých etnických skupin znázorněná grafem na Obr. 11 ukázala, že při stejném BF%, věku a pohlaví mají Polynésané a lidé afrického původu vyšší BMI ve srovnání s kavkazskou populací. Rozdílné hodnoty BMI od BF% jsou vysvětlovány i odlišnou tělesnou kompozicí. Vyšší podíl svalové hmoty zvyšuje celkovou tělesnou hmotnost a tím i BMI, avšak nezvyšuje zdravotní rizika spojená s nadváhou či obezitou. Naopak populace Číny, Thajska a Indonésie dosahuje nižších hodnot BMI než kavkazská populace, což lze částečně vysvětlit nižším podílem svalové hmoty, k čemuž došel i Gurrnici *et al.* ve své studii srovnávající populace Indonésanů a Nizozemců (Deurenberg, Yap and van Staveren, 1998; Gurrnici *et al.*, 1998; Rush *et al.*, 2007).

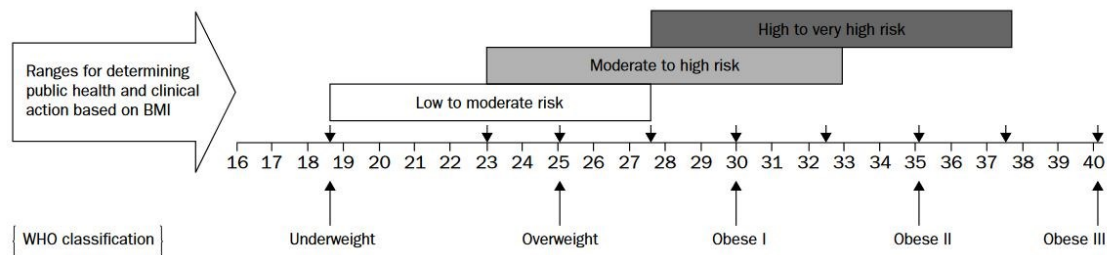
Obr. 11: Úprava BMI tak, aby odrážel stejné BF% ve srovnání s jedinci evropského původu stejného věku a pohlaví (převzato Deurenberg, Yap and van Staveren, 1998)



Při srovnání asijských populací s jedinci evropského původu je pozorovatelný trend, kdy při stejném BMI, věku a pohlaví mají asijské populace vyšší BF%. Proto u asijské populace klasické hraniční hodnoty BMI často podhodnocují prevalenci obezity i zdravotní rizika spojená s vyšším obsahem tělesného tuku. V reakci na tyto rozdíly byly pro asijské populace doporučeny nižší hraniční hodnoty BMI za účelem přesnějšího zhodnocení zdravotního rizika pro pacienty s nadváhou a obezitou, avšak existují i rozdíly mezi etnickými skupinami v Asii (Wang *et al.*, 1994; Gurrnici *et al.*, 1998; Deurenberg-Yap *et al.*, 2000, 2001; Ko *et al.*, 2001; WHO expert consultation, 2004; Chakraborty *et al.*, 2009). WHO v roce 2000 navrhla u asijské populace definici nadváhy při BMI ≥ 23 kg/m² a definici obezity při BMI ≥ 25 kg/m² s potřebou dalších studií pro přesnější zhodnocení (WHO, 2000b). Ve studii ze Singapuru navrhuje autoři nové hranice BMI pro obezitu u populace Indů při 26 kg/m², u populace Číny a Malajsie při 27 kg/m² (Deurenberg-Yap *et al.*, 2000). Autoři výzkumu z roku 2001 navrhuje u populace z Hong Kongu hraniční hodnoty BMI

pro nadváhu 23 kg/m^2 a pro obezitu 26 kg/m^2 (Ko *et al.*, 2001). V roce 2004 vydalo WHO další studii zaměřenou na hraniční hodnoty BMI u asijské populace. Důvodem bylo zjištění, že velká část asijské populace byla ve zvýšeném riziku DM2 a CVD i při BMI nižším než 25 kg/m^2 , což byla hranice stanovená pro obezitu v roce 2000. WHO v roce 2004 u asijské populace doporučila používat mezinárodní klasifikaci uvedenou v Tab. 2 doplněnou o nové referenční body pro hodnocení zdravotních rizik, což zobrazuje Obr. 12. Zároveň bylo doporučeno přizpůsobení hraničních hodnot BMI jednotlivým asijským populacím kvůli rozdílům mezi etnickými skupinami v Asii (WHO expert consultation, 2004).

Obr. 12: Hraniční hodnoty BMI pro opatření v oblasti veřejného zdraví
(převzato WHO Expert Consultation, 2004)

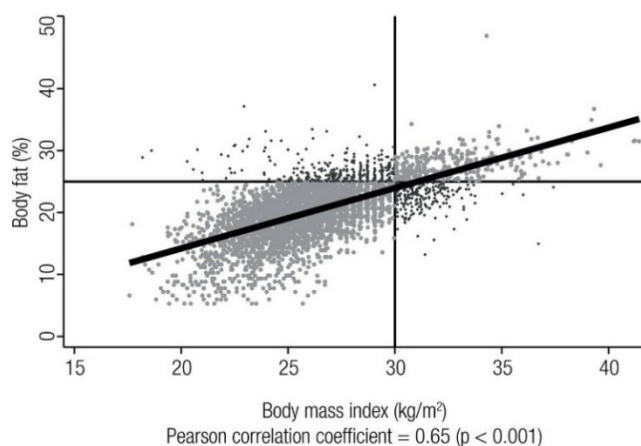


Jak již bylo uvedeno dříve, BMI neodráží tělesné složení jedince, tedy nerozeznává mezi tukovou a netukovou komponentou, ani nezohledňuje rozložení tuku v těle, přičemž toto omezení může vést k nesprávné klasifikaci obezity. Navzdory dobré korelaci BMI s BF%, BMI spolehlivě neurčí všechny jedince s obezitou a nadváhou ve zvýšeném riziku dle BF% oproti metodám založeným na přímém měření BF% (Smalley *et al.*, 1990; Wellens *et al.*, 1996; De Lorenzo *et al.*, 2003; Romero-Corral *et al.*, 2008). BMI proto nelze považovat za dostatečně přesnou metodu pro diagnostiku obezity u určitých skupin populace, které se tělesnou stavbou výrazně liší od průměru. Mezi tyto specifické skupiny patří jedinci s vyšším podílem svalové hmoty získaným ať už důsledkem genetických predispozic, či intenzivním fyzickým tréninkem jako např. vrcholoví sportovci, profese vyžadující vysokou fyzickou zdatnost či kulturisté. U těchto jedinců může dojít dle BMI k chybné klasifikaci obezity, přestože dle BF% by byli normosteničtí (Porto *et al.*, 2016).

Existuje mnoho studií zkoumající vztah mezi BMI a BF% u fyzicky aktivních jedinců. Jedna ze studií byla provedena na skupině trénovaných basketbalistů z basketbalové ligy Srbska, ve srovnání s netrénovanými muži v obdobném věku. Basketbalisté měli průměrně vyšší tělesnou výšku a hmotnost ve srovnání s netrénovanými jedinci, to vede k vyšším hodnotám BMI, avšak celkově měli nižší BF%, což může vést k nepřesné interpretaci výskytu obezity na základě BMI. Autoři došli k závěru, že BMI není spolehlivý ukazatel nadváhy u trénovaných jedinců, neboť 85 z 88 basketbalistů klasifikovaných do kategorie nadváhy mělo normální BF%, ale kvůli vyššímu podílu svalové hmoty byli chybně zařazeni (Mazic *et al.*, 2009). Studie zkoumající vztah mezi BMI a BF% u téměř 2000 sportovců, kteří se zúčastnili National Football League Scouting Combine mezi lety 2010–2016, ukazuje nadhodnocení míry obezity mezi hráči, pokud bylo měření provedeno na základě BMI. Obezita byla stanovena dle BMI u 53,4 % účastníků, ale dle hodnocení BF% pouze u 8,9 % hráčů (Provencher *et al.*, 2018). Graf na Obr. 13 znázorňuje

pozitivní korelaci mezi BMI a BF% u brazilských vojenských hasičů, což je očekávaný vztah. Rozptýl dat nicméně poukazuje na omezenou přesnost BMI jako diagnostického markeru obezity oproti BF%. Ve studii byla obezita stanovena jako $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$ a $BF\% \geq 25 \%$. Tmavší body v grafu označují jedince s chybnou klasifikací obezity dle BMI, v levém horním kvadrantu jsou jedinci, kteří dle BMI byli klasifikováni jako „neobézní“, avšak jejich BF% odpovídalo obezitě, a mají proto vyšší riziko zdravotních komplikací. Naopak v pravém dolním kvadrantu jsou jedinci, kteří byli dle BMI klasifikováni jako „obézní“, ale BF% nepotvrdilo obezitu. Tento graf na Obr. 13 spolu s dalšími výzkumy podporují tvrzení, že BMI není dostatečně přesným ukazatelem k hodnocení tělesné kompozice a zdravotních rizik, zejména u fyzicky aktivních jedinců. Pro objektivnější hodnocení je potřeba použít jiné metody či BMI v kombinaci s dalšími diagnostickými metodami (WHO, 1998, 2024; Porto *et al.*, 2016).

Obr. 13: Korelace mezi BMI a BF% u 3822 mužských vojenských hasičů v Brazílii
(převzato Porto *et al.*, 2016)



3.1.5 New BMI

Jak bylo vyloženo výše, BMI není nejpřesnějším nástrojem pro zjištění obezity a určení míry zdravotního rizika pro jedince (*Prentice and Jebb, 2001). Britský matematik Nick Trefethen v roce 2013 navrhl nový index tělesné hmotnosti, New BMI, v reakci na některá omezení původního BMI. Výpočet New BMI je prováděn dle vzorce:

$$\text{New BMI} = 1,3 \times \frac{\text{hmotnost [kg]}}{\text{výška}^{2,5} [\text{m}]} \quad (\text{Trefethen, 2013}).$$

Původní BMI dle Queteleta podává nepřesné výsledky pro velmi vysoké jedince, které nadhodnocuje, či pro jedince velmi nízkého vzrůstu, kterým BMI podhodnocuje jejich výživový stav. Trefethenovo New BMI lépe zohledňuje variace ve výšce jedinců kvůli použití exponentu 2,5. Vyšší jedinci dle New BMI nejsou tak snadno klasifikováni jako s obezitou. Konstanta 1,3 je použita jako škálovací faktor, aby hodnoty New BMI odpovídaly rozdělení BMI do kategorií podváha, normostenie, nadváha a obezita uvedených v Tab. 2 (Trefethen, 2013).

Úprava ve vzorci umožňuje použití New BMI jako lepšího nástroje pro zhodnocení míry rizika zdravotních komplikací spojených s nadváhou či obezitou. Příkladem může být studie na predikci dlouhodobých výsledků štěpu u příjemců ledvin od živých dárců s ohledem na BMI a New BMI dárců

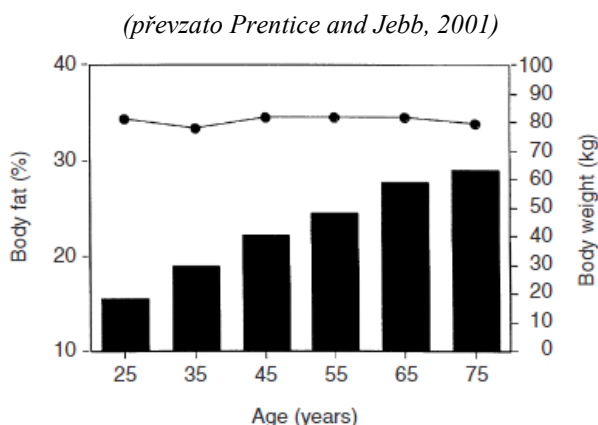
a příjemce. Dle studie je New BMI lepším prediktorem dlouhodobého přežití pacientů, ačkoliv se predikce dle BMI výrazně neodlišovala (Trefethen, 2013; Wang *et al.*, 2014).

Vzorec New BMI řeší zkreslení vlivem tělesné výšky jedinců, ale nezabývá se dalšími faktory omezující přesnost BMI. Stejně jako tradiční BMI, ani New BMI nerozeznává tukovou a netukovou složku, navíc může být větší komplexnost vzorce další překážkou pro běžné použití v klinické praxi (Trefethen, 2013). Některé studie ukázaly, že predikce New BMI na pooperační komplikace a dlouhodobé přežití pacientů podstupující operace se významně neliší od predikce BMI, a proto není dostatek argumentů pro zavedení New BMI v klinické praxi (Tjeertes *et al.*, 2017).

3.1.6 BMI adjustovaný na věk

BMI ve své klasické podobě nezohledňuje věk pacienta, což může vést k nesprávnému zhodnocení zdravotního rizika jedince. S přibývajícím věkem se mění tělesné složení, u starších dospělých je tendence ztráty svalové hmoty a nárůst tělesného tuku. Studie Cohn, zabývající se efektem stárnutí na tělesnou kompozici zobrazuje graf Obr. 14. Z grafu je patrné, že BMI nezohledňuje změny tělesného složení související s přibývajícím věkem (*Prentice and Jebb, 2001).

Obr. 14: Nárůst BF% u mužů s normostenií za konstantního BMI



Věkově upravený BMI (*Age adjusted BMI*) reaguje na toto omezení tím, že zohledňuje věk jedince. Jeden ze způsobů, jak upravit BMI dle věku, je úpravou hraničních hodnot BMI pro nadváhu a obezitu v různých věkových skupinách. Mladší jedinci mají při stejném BF% vyšší BMI než starší jedinci, proto byla navržena úprava hranic pro diagnostiku nadváhy a obezity. Studie z roku 2015 navrhuje např. pro mladší muže ve věku 16–29 let vyšší hranici obezity BMI = 33 kg/m² a pro starší jedince ve věku 50–59 let nižší hranici obezity BMI = 29 kg/m². Tato úprava má za cíl přesněji odrážet tělesné složení, a tím pomoci při zhodnocení míry zdravotního rizika spojeného s obezitou (Nevill and Metsios, 2015; Woolley *et al.*, 2019).

Dalším ze způsobů úpravy BMI podle věku je použití parametrické rovnice pro růst BMI od 18 do 49 let: $E(\text{BMI} | t) = \alpha_0 + (-1,93536 + 0,10326 \cdot \alpha_0)(t - 18) + (0,04288 - 0,002123 \cdot \alpha_0)(t - 18)^2$. Tato rovnice se používá k odhadu BMI dospělého v cílovém věku a umožňuje porovnávat BMI jedinců v různých věkových kategoriích, jako by se jednalo o naměření BMI jedinců ve stejném věku. V rámci studie byl uveden příklad použití věkové korekce BMI při srovnání BMI matek a jejich dcer. Matky měly v průměru

BMI 27 kg/m² v průměrném věku 39,9 let. Dcery ve věku 27 let měly průměrně BMI 27 kg/m². Pro porovnání hodnot BMI se využila rovnice pro úpravu BMI matek na věk 27 let, následujícím způsobem:

$$\alpha_0 = \frac{-1,93536 \cdot (t_{\text{obs}} - 18) + 0,04288 \cdot (t_{\text{obs}} - 18)^2 - \text{BMI}_{\text{obs}}}{-1 - 0,10326 \cdot (t_{\text{obs}} - 18) + 0,002123 \cdot (t_{\text{obs}} - 18)^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{-1,93536 \cdot (39,9 - 18) + 0,04288 \cdot (39,9 - 18)^2 - 27}{-1 - 0,10326 \cdot (39,9 - 18) + 0,002123 \cdot (39,9 - 18)^2} = 21,76315067$$

$$\text{BMI}_{\text{adj}} = \alpha_0 + (-1,93536 + 0,10326 \cdot \alpha_0) \cdot (t_{\text{adj}} - 18) + (0,04288 - 0,002123 \cdot \alpha_0) \cdot (t_{\text{adj}} - 18)^2$$

$$\text{BMI}_{\text{adj}} = 21,76315067 + [(-1,93536 + 0,10326 \cdot 21,76315067) \cdot (27 - 18)] + [(0,04288 - 0,002123 \cdot 21,76315067) \cdot (27 - 18)^2] = 24,3 \text{ kg/m}^2$$

Po převedení věku matek na 27 let by měly matky dle výpočtu průměrně BMI 24,3 kg/m², ve studii vyšlo 24,2 kg/m², což může být způsobeno odchylkami při zaokrouhlování. Věková korekce matek ukázala, že jejich dcery mají při stejném věku vyšší BMI než jejich matky, což ukazuje mezigenerační nárůst průměrného BMI (Von Hippel and Lynch, 2012).

3.2 Ponderální index

Ponderální index (PI), též nazývaný Corpulence index, Tri-Ponderal Mass Index či Rohrerův index, je podobně jako BMI používán jako nástroj pro hodnocení tělesné kompozice. PI byl zaveden ve více formách, je počítán buď jako tělesná výška dělená třetí odmocninou hmotnosti, nebo jako hmotnost dělená tělesnou výškou na třetí. Forma vzorce PI bez třetí odmocniny, která je popisována v této práci, byla představena v roce 1921 švýcarským lékařem Fritzem Rohrerem a pro dospělé jedince je počítána dle vzorce:

$$\text{PI} = \text{CI} = \text{TMI} = \frac{\text{hmotnost [kg]}}{\text{výška}^3 \text{ [m]}} \quad (\text{Khosla and Lowe, 1967; Florey, 1970; *Komaroff, 2017}).$$

Khosla a Lowe použili formu PI s třetí mocninou pro lepší porovnání s hmotnostně výškovými poměry, aby se hodnota PI s rostoucí tělesnou hmotností zvyšovala, a tedy PI diagnostikoval obezitu při vysokých hodnotách (Khosla and Lowe, 1967).

PI je využíván k detekci podvýživy při nižších a obezity při vyšších hodnotách PI. Navíc se PI používá v porodnictví k posouzení fyzického růstu a k detekci případných poruch jeho růstu (*Mohajan and Mohajan, 2023b). Kategorie dle PI platné pro dospělé jedince zahrnují podváhu, normostenii, nadváhu a obezitu, viz Tab. 3 (*Mohajan and Mohajan, 2023b).

Tab. 3: Klasifikace dospělých jedinců v závislosti na PI
(převzato a upraveno dle *Mohajan and Mohajan, 2023b)

Kategorie	Ponderal Index
Podváha	8–11
Normostenie	11–15
Nadváha	15–17
Obezita	>17

3.2.1 Výhody a omezení použití PI

PI, obdobně jako BMI, vyniká pro jednoduchost výpočtu. Oproti BMI však PI lépe zohledňuje tělesnou výšku jedince díky úpravě v exponentu ve vzorci PI, což se projevuje především u jedinců s extrémní tělesnou výškou, kde může BMI poskytovat zkreslené hodnoty. Při konstantní hmotnosti PI klesá s rostoucí výškou obdobně jako BMI, nicméně kvůli třetí mocnině je tento efekt silnější. PI tak lépe odráží adipozitu u osob s neobvyklou výškou, včetně dětí a adolescentů. Gómez-Campos *et al.* doporučují použití PI k diagnostice obezity, neboť ve srovnání s BMI, obvodem pasu a WHtR přesněji odhadoval množství BF%. Studie častěji navrhuje PI jako potenciálně lepší prediktor nadváhy a obezity než BMI u dětí a dospívajících, protože PI vykazuje větší stabilitu s věkem a přesněji u nich odhaduje BF% (Peterson *et al.*, 2017; Roth, 2018; Wang *et al.*, 2020; Gómez-Campos *et al.*, 2022; Ued *et al.*, 2024).

Studie zkoumající hmotnostně výškové poměry, včetně PI a BMI, naznačují, že u dospělých je PI nejméně vhodným indexem kvůli jeho nižší korelaci s hmotností a závislosti na výšce a doporučují BMI jako vhodnější nástroj k odhadu adipozity a stanovení obezity. Obdobně jako BMI, ani PI nerozlišuje tělesné složení a nedokáže přesně určit podíl svalové vůči tukové komponentě. Použití PI jako klinického měřítka obezity pro dospělou populaci není podpořeno dostatečným množstvím studií, neboť PI není tak široce používaný a doporučovaný jako BMI (Khosla and Lowe, 1967; Keys *et al.*, 1972; Roth, 2018; *Mohajan and Mohajan, 2023b).

3.2.2 Klinický význam PI při hodnocení zdravotních rizik obezity

Ačkoli vyšší hodnoty PI indikují výskyt obezity a souvisejících onemocnění, u dospělých jedinců neexistuje mnoho studií, které by přímo zkoumaly vztah mezi rizikem těchto onemocnění a PI, což omezuje jeho klinickou aplikaci. Více těchto studií je prováděno u dětí a dospívajících. Studie Ramírez-Vélez *et al.* ovšem ukazuje, že PI má schopnost detekovat metabolický syndrom, který je spojen s vyšším BF%, u kolumbijských mladých dospělých i dětí a dospívajících. Penny *et al.* však ukazují, že PI hůře koreluje se zdravotními riziky související s obezitou ve srovnání s BMI. (Ramírez-Vélez *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020; Gómez-Campos *et al.*, 2022; *Mohajan and Mohajan, 2023b; Penny *et al.*, 2024).

PI se častěji uplatňuje v oblasti pediatrie a neonatologie. U dětí a adolescentů PI oproti BMI přesněji predikuje BF% a je méně ovlivňován variabilitou růstu jedince, a proto se u nich využívá k identifikaci obezity a s ní spojených rizik. V porodnictví se využívá k detekci poruch růstu plodu. U kojenců a novorozenců je PI užitečným nástrojem pro identifikaci malnutrice a obezity (Peterson *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020; *Mohajan and Mohajan, 2023b; Ued *et al.*, 2024).

3.3 Obvod pasu

Obvod pasu, anglicky *Waist Circumference*, je používán jako antropometrický ukazatel abdominální obezity. Tento parametr koreluje s množstvím viscerálního tuku, jehož nadměrná akumulace je spojena s vyšším rizikem metabolických a kardiovaskulárních onemocnění (Zamboni *et al.*, 1992; WHO, 1998, 2008).

Při stanovení obvodu pasu je důležitá metodologie měření. Dle WHO se měření obvodu pasu provádí v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem posledního hmatatelného žebra a horním okrajem kosti kyčelní. Nepružná měřicí páska je umístěna rovnoběžně s podlahou, přiložena s napětím, ale ne příliš těsně, aby nedocházelo k přílišnému stahování kůže. Subjekt by při měření měl stát vzpřímeně s pažemi podél těla, dolními končetinami blízko u sebe a s rovnoměrně rozloženou tělesnou hmotností. Obvod pasu se měří na konci klidového výdechu. Ne vždy je však dodržován tento protokol. *The US National Institutes of Health* doporučuje umístit měřicí pásku přímo nad hřeben kosti kyčelní, zatímco jiné studie preferují nejužší část pasu nebo místo těsně pod nejnižším žebrem (Wang *et al.*, 2003; WHO, 2008).

Hraniční hodnoty obvodu pasu pro určení zdravotního rizika v kavkazské populaci dle WHO jsou uvedeny v Tab. 4, zvláště pro ženy a muže. Tab. 5 představuje doporučení pro zhodnocení zdravotního rizika na základě kombinace obvodu pasu a BMI (Lean, Han and Morrison, 1995; WHO, 1998, 2008).

Tab. 4: Klasifikace dospělých jedinců dle obvodu pasu pro kavkazskou populaci
(převzato a upraveno dle WHO, 1998, 2008)

Pohlaví	Obvod pasu [cm]	Riziko metabolických komplikací
muži	>94	zvýšené riziko
ženy	>80	
muži	>102	podstatně zvýšené riziko
ženy	>88	

Tab. 5: Kombinovaná doporučení hraničních hodnot BMI a obvodu pasu pro nadváhu a obezitu v souvislosti s rizikem onemocnění

(převzato a upraveno dle WHO, 2008)

Klasifikace	BMI [kg/m ²]	Riziko onemocnění (ve vztahu k normální hmotnosti a obvodu pasu)	
		Muži < 102 cm Ženy < 88 cm	Muži > 102 cm Ženy > 88 cm
Podváha	< 18.5		
Normostenie	18.5–24.9		
Nadváha	25.0–29.9	zvýšené riziko	vysoké riziko
Obezita I. stupně	30.0–34.9	vysoké riziko	podstatně zvýšené riziko
Obezita II. stupně	35.0–39.9	podstatně zvýšené riziko	podstatně zvýšené riziko
Obezita III. stupně	≥ 40.0	extrémně vysoké riziko	extrémně vysoké riziko

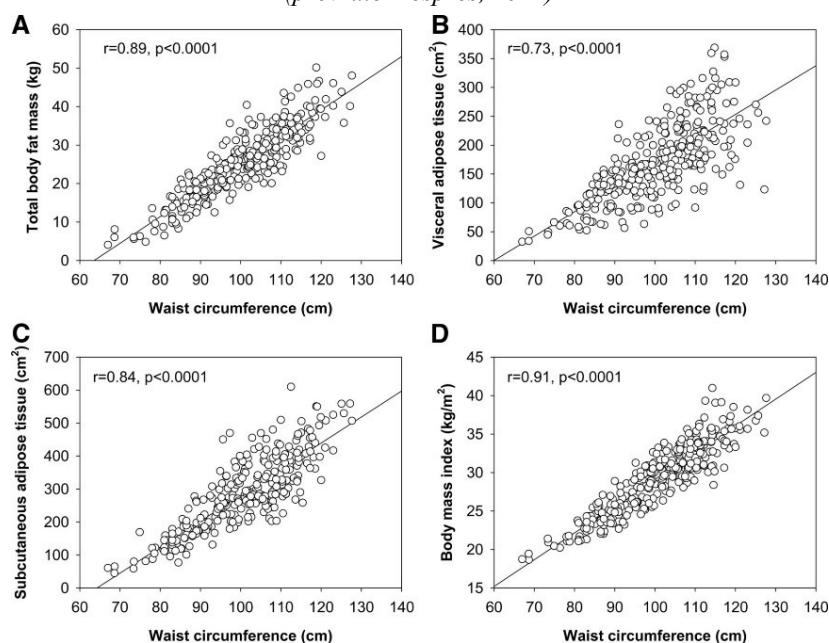
3.3.1 Výhody a omezení použití obvodu pasu

Obvod pasu je využíván jako diagnostický marker abdominální obezity pro jeho jednoduchost měření, při zachování standardizovaného protokolu. Jedná se o neinvazivní metodu, která nevyžaduje nákladné vybavení, pouze proškolený personál, což z něj činí praktický nástroj pro screening obezity v klinické praxi. Oproti BMI lépe odráží distribuci tělesného tuku, zejména množství viscerálního tuku. Ten je metabolicky aktivnější a úzce souvisí se zdravotními komplikacemi, což umožňuje přesnější hodnocení zdravotních rizik spojených s obezitou. Díky tomu může identifikovat dle BMI normostenické osoby, které však mají nadměrné množství viscerálního tuku a jsou vystaveni zvýšenému zdravotnímu riziku (Pouliot *et al.*, 1994; Lean, Han and Morrison, 1995; Han *et al.*, 1997; WHO, 1998, 2008; Hill *et al.*, 1999; Shen *et al.*, 2006; *Klein *et al.*, 2007; Fang *et al.*, 2018).

Použití obvodu pasu jako diagnostického markeru obezity má svá omezení. Nezohledňuje celkové složení těla a nerozlišuje mezi podílem tukové a svalové hmoty, což může být zavádějící při hodnocení zdravotního rizika. Lee *et al.* popsali vztah mezi obvodem pasu a svalovou hmotou normostenických jedinců dle BMI jako inverzní J-křivku. Proto vyšší obvod pasu ne vždy koreluje se zvýšenou svalovou hmotou, ale může signalizovat vyšší podíl tuku a vyšší zdravotní riziko (Lee, Choi and Park, 2021). Navíc nedokáže obvod pasu přesně rozlišit mezi metabolicky rizikovějším viscerálním tukem a méně rizikovým podkožním tukem. Přímé měření viscerální tukové tkáně vyžaduje pokročilé zobrazovací techniky, jako jsou počítačová tomografie, magnetická rezonance nebo bioimpedance. Studie Bosity-Westphal *et al.* uvádí silnější korelaci obvodu pasu s podkožním tukem než s viscerálním. Grafy Obr. 15 znázorňují korelace mezi obvodem pasu a různými ukazateli tělesného tuku u mužů. Obvod pasu pozitivně koreluje s celkovým množstvím tělesného tuku měřeného podvodním vážením (A), s množstvím viscerálního tuku (B) a podkožního abdominálního tuku (C) měřených pomocí počítačové tomografie, a také s BMI (D). Na základě těchto korelací autoři potvrzují, že obvod pasu nemůže sám o sobě rozlišit mezi viscerálním a podkožním abdominálním tukem, neboť obvod pasu je primárně ukazatelem celkové adipozity. Zvětšený obvod pasu nemusí tedy nutně znamenat větší množství metabolicky rizikovějšího viscerálního tuku, může odrážet i zvýšené množství podkožního tuku (Bosity-Westphal *et al.*, 2010; Després, 2012; Fang *et al.*, 2018).

Obr. 15: Vztah mezi obvodem pasu a (A) celkovým množstvím tělesného tuku, (B) viscerálním tukem, (C) podkožním abdominálním tukem a (D) BMI

(převzato Després, 2012)



Jedním z klíčových faktorů limitujících stanovení univerzálních hraničních prahových hodnot obvodu pasu jsou rozdíly v distribuci tělesného tuku. Mezi pohlavími je rozdíl v distribuci tělesného tuku, kdy muži mají v průměru větší obvod pasu než ženy stejného věku kvůli zvýšenému ukládání tuku v oblasti břicha. V reakci na tyto rozdíly byly zavedeny pohlavně specifické hraniční hodnoty obvodu pasu – viz Tab. 4 a Tab. 5. S věkem dochází ke ztrátě svalové hmoty a zvýšenému ukládání tuku do oblasti břicha, což znamená, že při stejném obvodu pasu nemusí být mladší a starší osoby ve stejném zdravotním riziku. Některé studie proto navrhují věkově specifické hraniční hodnoty obvodu pasu pro přesnější posouzení rizika. Například Lemieux *et al.* stanovili rizikovou hodnotu pro muže a premenopauzální ženy mladší 40 let na >100 cm, pro osoby starší 40 let >90 cm a pro postmenopauzální ženy >85 cm (Lemieux *et al.*, 1996; *Klein *et al.*, 2007; *Wells, 2007; WHO, 2008; *Stevens, Katz and Huxley, 2010; Jayedi *et al.*, 2020).

Významné rozdíly v distribuci tělesného tuku jsou rovněž mezi etnickými skupinami, což dále komplikuje stanovení univerzální prahové hodnoty obvodu pasu. Kritické hodnoty obvodu pasu pro kavkazskou populaci, stanovené na 94 cm pro muže a 80 cm pro ženy, nemusí být vhodné pro jiné populace. Studie Hill *et al.* ukázala, že Afroameričané mají při stejném obvodu pasu méně viscerálního tuku než kavkazská populace mužského pohlaví. Podobný trend zaznamenala studie srovnávající ženy z Nového Zélandu a Jihoafrické republiky, kde ženy původem z Jihoafrické republiky měly menší množství abdominálního tukové tkáně při stejném obvodu pasu. Afroameričané ze studie Carol *et al.* měli při srovnatelném obvodu pasu a BMI nižší množství viscerálního tuku než Hispánci a jedinci evropského původu (Hill *et al.*, 1999; Rush *et al.*, 2007; Carroll *et al.*, 2008; Assefa *et al.*, 2024). Jak bylo již zmíněno dříve, asijské populace mají vyšší BF% než kavkazská populace při obdobném BMI a větší tendenci k ukládání tuku v abdominální oblasti, což ovlivňuje predikci zdravotního rizika na základě měření obvodu pasu. Studie Lear *et al.* provedená v Kanadě ukázala, že jedinci čínského a jihoasijského původu měli

při stejném obvodu pasu větší množství viscerálního tuku než populace evropského původu. To potvrdila i studie Kagawa *et al.*, kde zjistili, že japonští muži vykazovali vyšší BF% a nižší hraniční hodnoty obvodu pasu ve srovnání s australskými muži. Souvislost obvodu pasu s tělesnou kompozicí byla zkoumána i u korejské populace týmem Lee *et al.*. Asijské populace mají tendenci k vyššímu metabolickému riziku při nižších hodnotách obvodu pasu ve srovnání s populacemi evropského původu. V důsledku těchto rozdílů WHO navrhla nižší populačně specifické hraniční hodnoty obvodu pasu pro asijské populace pro podstatně zvýšené riziko, konkrétně >90 cm pro muže a >80 cm pro ženy. Avšak u některých podskupin doporučují ještě nižší limit. Wildman *et al.* doporučují pro identifikaci pacientů s vysokým rizikem CVD v čínské dospělé populaci mezní hodnoty obvodu pasu ≥ 80 cm pro obě pohlaví (WHO, 2000b, 2008; Wildman *et al.*, 2004; Misra *et al.*, 2006; Kagawa, Binns and Hills, 2007; Lear *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2007).

Naměřený obvod pasu mohou ovlivnit i faktory nezávislé na množství abdominálního tuku, jako je čas od posledního jídla, nadýmání, zadržování vody, svalový tonus a variabilita měření. Přesnost měření závisí na zkušenostech osoby provádějící měření i na použitém protokolu měření, tedy na postoji během měření, fázi dýchání a na přesném místě měření. Tyto faktory mohou ovlivnit výsledky a tím vést k nepřesné interpretaci zdravotních rizik. Pokud si pacienti měří obvod pasu sami, často podhodnocují skutečné hodnoty. Bosy-Westphal *et al.* zkoumali vliv místa měření obvodu pasu na interpretaci výsledku. Došli k závěru, že nejpřesnější predikci viscerální obezity u obézních žen poskytuje měření pod nejnižším žebrem. Variabilitu 4 míst měření dále zkoumali Wang *et al.*, kteří zjistili, že u žen přesnost výsledků více závisí na schopnosti správně učít místo měření. Ross *et al.* uvádí, že vztah obvodu pasu měřený ve středním bodě, v úrovni pupku a v minimální úrovni pasu je ke zdravotním rizikům podobný, avšak rozdíly v absolutních hodnotách mohou mít klinický význam kvůli hraničním hodnotám obvodu pasu. Doporučují proto standardizaci metodiky pomocí kosterních orientačních bodů dle WHO a NIH pro lepší porovnání výsledků mezi studiemi (Wang *et al.*, 2003; *Klein *et al.*, 2007; Ross *et al.*, 2008; WHO, 2008; Agarwal *et al.*, 2009; Bosy-Westphal *et al.*, 2010).

3.3.2 Klinický význam obvodu pasu při hodnocení zdravotních rizik obezity

Obvod pasu umožňuje odhadnout míru zdravotního rizika spojeného s nadváhou a obezitou. Ačkoli obvod pasu nedokáže přesně rozlišit mezi množstvím viscerálního a podkožního tuku, jeho diagnostická hodnota spočívá v tom, že ve srovnání s dalšími antropometrickými indexy koreluje silněji s celkovým abdominálním tukem, a nepřímou tak reflektuje zvýšené množství metabolicky aktivnějšího viscerálního tuku. Větší obvod pasu koreluje se zvýšenou pravděpodobností výskytu hypertenze, ischemické choroby srdeční, CVD, inzulinové rezistence vedoucí k rozvoji DM2, hypercholesterolemie, hyperurikémie, obstrukční spánkové apnoe, bolestí kloubů a zad, a některých typů nádorových onemocnění. Větší obvod pasu je užíván jako indikátor metabolického syndromu. Studie ukazují, že centrální obezita stanovená obvodem pasu představuje významný rizikový faktor mortality, a to nezávisle na hodnotách BMI. Obvod pasu proto slouží jako užitečný prediktor zvýšeného rizika předčasného úmrtí, jelikož odráží akumulaci abdominálního tuku spojeného s kardiometabolickými komplikacemi. Nárůst obvodu pasu o 10 cm je spojen se zvýšením rizika celkové mortality přibližně o 8 % u mužů a o 12 % u žen (Zamboni *et al.*, 1992; Han *et al.*, 1997; Zhu *et al.*,

2002; *Klein *et al.*, 2007; Pischon *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2008; Bajaj *et al.*, 2009; Després, 2012; Song *et al.*, 2013; Cerhan *et al.*, 2014; *Darsini *et al.*, 2020; Jayedi *et al.*, 2020; *Ross *et al.*, 2020).

Obvod pasu může poskytovat přesnější odhad zdravotního rizika než samotný BMI, např. u predikce rizika CVD. Pro komplexnější posouzení zdravotního rizika doporučuje WHO použití obvodu pasu v kombinaci s BMI. Ross *et al.* rovněž navrhuje, aby se obvod pasu stal součástí rutinního měření v klinické praxi. Hraniční hodnoty obvodu pasu uvedené v Tab. 4 slouží proto jako praktický screeningový nástroj pro identifikaci jedinců se zvýšeným rizikem metabolických komplikací. Někteří autoři navrhuje ještě přesnější hraniční hodnoty obvodu pasu. Ardern *et al.* doporučují pro kavkazskou populaci hraniční hodnoty obvodu pasu rozdělené dle BMI pro lepší identifikaci osob s vysokým rizikem koronárních příhod. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 6. Bajaj *et al.* zjistili, že tyto upravené hraniční hodnoty lépe predikují mortalitu a vedly k přesnějšímu zařazení pacientů do rizikových kategorií. Ačkoli má obvod pasu svá omezení jako diagnostický marker, je zdůrazňována důležitost jeho měření v klinické praxi pro hodnocení účinnosti strategií zaměřených na snížení abdominální obezity a s ní souvisejících zdravotních rizik (Ardern *et al.*, 2004; *Klein *et al.*, 2007; Gelber *et al.*, 2008; WHO, 2008; Bajaj *et al.*, 2009; Khader *et al.*, 2010; *Ross *et al.*, 2020).

Tab. 6: Hraniční hodnoty obvodu pasu označující zvýšené zdravotní riziko v rámci kategorií BMI
(převzato a upraveno dle Ardern *et al.*, 2004; *Ross *et al.*, 2020)

Klasifikace dle BMI	BMI [kg/m ²]	Obvod pasu [cm]	
		Ženy	Muži
Normostenie	18.5–24.9	≥ 80	≥ 90
Nadváha	25.0–29.9	≥ 90	≥ 100
Obezita I. stupně	30.0–34.9	≥ 105	≥ 110
Obezita II. a III. stupně	≥ 35.0	≥ 115	≥ 125

3.4 Waist-to-Hip Ratio

Poměr obvodu pasu k obvodu boků, v angličtině *Waist-to-Hip Ratio* (WHR), je používán jako antropometrický ukazatel distribuce tělesného tuku k posouzení abdominální obezity a souvisejících zdravotních rizik, obdobně jako obvod pasu. WHR je počítán jako podíl obvodu pasu k obvodu boků dle vzorce:

$$\text{WHR} = \frac{\text{obvod pasu [cm]}}{\text{obvod boků [cm]}} \quad (\text{Larsson } et al., 1984; \text{WHO}, 1998, 2008).$$

Pro výpočet WHR je důležitá metodologie měření obou obvodů kvůli reprodukovatelnosti výsledků a možnosti jejich srovnání. Obvod boků se dle WHO měří v nejširší části hýždí. Protokol měření obvodu pasu je popsán výše v kapitole 3.3, stejně jako postoj měřeného jedince, vlastnosti a napětí měřicí pásky (WHO, 2008).

Hraniční hodnoty WHR pro identifikaci jedinců se zvýšeným zdravotním rizikem jsou dle WHO pro muže >0,90 a pro ženy >0,85 (WHO, 2008).

3.4.1 Výhody a omezení použití WHR

WHR se využívá jako diagnostický marker obezity a pro predikci s ní souvisejících zdravotních rizik. Vzhledem k tomu, že součástí WHR je obvod pasu, promítají se do něj výhody a omezení spojené s tímto měřením, jak je podrobněji uvedeno v kapitole 3.3.1. Na rozdíl od BMI poskytuje WHR informaci o distribuci tělesného tuku. To představuje výhodu, neboť jak již bylo uvedeno, abdominální adipozita je rizikovější kvůli metabolicky aktivnější viscerální tukové tkáni. Měření obvodu pasu a boků je relativně jednoduché, neinvazivní a levné, protože nevyžaduje specializované přístroje. Následný výpočet WHR z naměřených obvodů je matematicky snadný (Lapidus *et al.*, 1984; Larsson *et al.*, 1984; *Klein *et al.*, 2007; WHO, 2008; Fang *et al.*, 2018).

Použití WHR má i určitá omezení. Stejně jako obvod pasu, ani WHR neumožňuje rozlišit mezi tukovou a svalovou hmotou, a neposkytuje přesnou informaci o množství viscerálního tuku, což může ovlivnit zhodnocení zdravotního rizika. K přímému stanovení tělesného složení a rozlišení typů tukové tkáně je potřeba použít pokročilejší metody (Busetto *et al.*, 1992; Kooy *et al.*, 1993; Lear *et al.*, 2007; Després, 2012; Fang *et al.*, 2018).

Distribuce tělesného tuku se liší v závislosti na pohlaví i věku. Byly proto zavedeny pohlavně specifické hraniční hodnoty pro muže $>0,9$ a pro ženy $>0,85$. S přibývajícím věkem dochází ke zvýšenému ukládání tuku v centrální abdominální oblasti, což se odráží ve zvýšených hodnotách WHR. To ukázali Shimokata *et al.* ve své studii, kdy u mužů zaznamenali výrazný nárůst WHR mezi mladým a středním věkem a u žen od středního do staršího věku, přičemž se tento trend zrychluje u žen po menopauze (Shimokata *et al.*, 1989; *Cartwright, Tchkonja and Kirkland, 2007; *Wells, 2007; WHO, 2008).

Stejně jako u samotného obvodu pasu, jednotné hraniční hodnoty WHR nemusí být vhodné pro všechny etnické skupiny kvůli rozdílné distribuci tělesného tuku. V reakci na tyto etnické rozdíly byly navrženy populačně a pohlavně specifické hraniční hodnoty. Asijské populace mají zvýšené zdravotní riziko při nižších hodnotách obvodu pasu a WHR ve srovnání s kavkazskou populací kvůli vyššímu BF% při nižším BMI, a proto se doporučují hodnoty 0,9 pro muže a 0,8 pro ženy. Pro tchajwanskou populaci navrhuje Lin *et al.* hodnoty 0,85 u mužů a 0,76 u žen pro predikci kardiovaskulárních rizik. U australských Aboriginců byly zjištěny vyšší hodnoty WHR ve srovnání s Australany evropského původu, a to při podobném nebo nižším BMI. Studie populace jižního Íránu zjistila vhodnější hranice WHR pro muže 0,88 a ženy 0,83. V Jordánsku se doporučuje rozmezí 0,88–0,9 u mužů a 0,8–0,83 u žen v závislosti na přítomnosti dalších rizikových faktorů, jako např. vysokého krevního tlaku či vysoké hladiny glukózy nalačno. Africké populace mají tendenci k nižšímu BF% a nižšímu množství viscerálního tuku při daném obvodu pasu. V etiopské oblasti Amhara byly stanoveny hraniční hodnoty WHR pro definici obezity na 0,89 pro muže a 0,83 pro ženy (Lemieux *et al.*, 1996; Hill *et al.*, 1999; Deurenberg-Yap *et al.*, 2001; Lin *et al.*, 2002; Piers *et al.*, 2003; Lear *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2007; WHO, 2008; Khader *et al.*, 2010; Jahanlou and Kouzekanani, 2017; Fang *et al.*, 2018; Assefa *et al.*, 2024).

Přesnost stanovení WHR ovlivňují i faktory nesouvisející s množstvím abdominálního tuku, jako např. variabilita měření obvodu pasu a boků. Variabilita měření obvodu pasu je popsána v kapitole 3.3.1. U obvodu boků mohou vznikat nepřesnosti kvůli odlišnému určení bodu maximálního obvodu hýždí nebo rozdílnému tlaku pásky při opakovaných měřeních stejnou osobou nebo rozdílným způsobem měření mezi různými osobami. Výsledky měření dále ovlivňuje poloha měřeného subjektu. Tyto odchylky v měření mohou mít klinický dopad kvůli nepřesné klasifikaci jedince (WHO, 2008).

3.4.2 Klinický význam WHR při hodnocení zdravotních rizik obezity

WHR představuje ukazatel distribuce tělesného tuku, který se využívá k odhadu zdravotního rizika spojeného s abdominální obezitou. Vyšší hodnoty WHR byly spojeny se zvýšeným rizikem rozvoje DM2, hypertenze, infarktu myokardu, cévní mozkové příhody a předčasného úmrtí. Studie ukazují, že prevalence DM2 se zvyšuje s rostoucím WHR u žen i u mužů. Hartz *et al.* uvádí, že ženy v nejvyšším kvartilu WHR mají asi 3x vyšší prevalenci DM2 než ženy v nejnižším kvartilu WHR, a to při srovnatelné úrovni obezity. Yusuf *et al.* zjistili, že WHR má nejsilnější asociaci s rizikem infarktu myokardu napříč všemi regiony u obou pohlaví a že je WHR lepším prediktorem než BMI. WHR byl identifikován jako lepší antropometrický prediktor celkové mortality ve srovnání se samotným BMI. Tento ukazatel souvisí s mortalitou na CVD i s úmrtností z jiných příčin. Avšak Gelber *et al.* zjistili v některých případech slabší asociaci WHR s CVD oproti poměru obvodu pasu k výšce a obvodu pasu. WHR umožňuje identifikovat jedince s centrální obezitou s normostenickým BMI, kteří mají vyšší riziko CVD a celkové mortality. Studie WHO uvádí, že abdominální obezita, měřená obvodem pasu či poměrem pas/boky, lépe predikuje riziko CVD než použití samotného BMI. Z těchto údajů vyplývá, že WHR představuje užitečný doplňkový marker obezity nad rámec BMI kvůli své schopnosti reflektovat distribuci tuku, což podporuje jeho použití v klinické praxi (Hartz *et al.*, 1983; Lapidus *et al.*, 1984; Larsson *et al.*, 1984; Ohlson *et al.*, 1985; Taaffe, Lewis and Marcus, 1994; WHO, 1998, 2008; Folsom *et al.*, 2000; Yusuf *et al.*, 2005; Gelber *et al.*, 2008; Pischon *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2008; Khader *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2013; Sahakyan *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2023).

3.5 Waist-to-Height Ratio

Poměr obvodu pasu k tělesné výšce, anglicky *Waist-to-Height ratio* (WHtR), představuje antropometrický ukazatel sloužící k hodnocení obezity a souvisejících zdravotních rizik. Tento index byl navržen v 90. letech 20. století jako nástroj pro posouzení tvaru těla a predikci zdravotního rizika. WHtR je definován jako poměr mezi obvodem pasu a tělesnou výškou, přičemž se počítá podle vzorce:

$$\text{WHtR} = \frac{\text{obvod pasu [cm]}}{\text{tělesná výška [cm]}}$$

Pro obě pohlaví byla navržena jednotná hraniční hodnota WHtR 0,5, nad kterou mají jedinci větší riziko zdravotních komplikací (Hsieh and Yoshinaga, 1995b, 1995a; Ashwell, Lejeune and McPherson, 1996; Hsieh, Yoshinaga and Muto, 2003; WHO, 2008; Ashwell and Gibson, 2009).

3.5.1 Výhody a omezení použití WHtR

Výhodou použití WHtR jako diagnostického markeru centrální obezity a s ní souvisejících zdravotních rizik je jeho jednoduchost a efektivita. Index WHtR lze stanovit při běžné lékařské prohlídce změřením tělesné výšky a obvodu pasu bez potřeby speciálního vybavení. Měření těchto parametrů je relativně snadné, rychlé, neinvazivní a finančně nenáročné. Jelikož obě měření ovlivňují výsledný WHtR, je důležitá jejich standardizace (Ashwell and Hsieh, 2005; Kagawa, Byrne and Hills, 2008).

Schneider *et al.* zjistili, že jedinci s nízkou tělesnou výškou vykazují při stejném obvodu pasu vyšší výskyt rizikových faktorů a vyšší prevalenci metabolického syndromu než vysocí jedinci. Tento rozdíl však při hodnocení dle WHtR pozorován nebyl, a proto jej autoři doporučují jako vhodnější ukazatel než samotný obvod pasu. Na rozdíl od hraničních hodnot obvodu pasu, které se významně liší dle pohlaví, věku a etnicity – viz kapitola 3.3.1, pro WHtR byla navržena jednotná globální hodnota pro hodnocení zdravotního rizika, 0,5. Tato hodnota lze interpretovat i veřejnosti jako jednoduché pravidlo: „Udržujte svůj obvod pasu menší než polovinu své výšky“. Některé studie ukazují, že WHtR má významně větší diskriminační schopnost pro kardiometabolická rizika než BMI. Ashwell a Gibson v roce 2016 zaznamenali, že jedinci se „zdravým“ BMI, ale s $WHtR \geq 0,5$ měli vyšší kardiometabolické faktory než jedinci s $WHtR < 0,5$. WHtR tak může pomoci včasné identifikovat osoby s centrální adipozitou a zvýšeným rizikem a to i v případech, kdy mají normostenické BMI (Hsieh, Yoshinaga, Muto, Sakurai, *et al.*, 2000; Ho *et al.*, 2003; Hsieh, Yoshinaga and Muto, 2003; Ashwell and Hsieh, 2005; Hsieh and Muto, 2005; Ashwell and Gibson, 2009, 2016; Browning, Hsieh and Ashwell, 2010; Schneider *et al.*, 2011; Ashwell, Gunn and Gibson, 2012).

WHtR však nezahrnuje přímé měření tělesného složení, a tak nedokáže přesně rozlišit mezi svalovou a tukovou komponentou, ani mezi tukovou tkání viscerální či podkožní, obdobně jako dříve uvedené indexy. Přesto mnohé studie zjistily, že WHtR vykazuje silnější asociaci s celkovou tukovou hmotou a viscerální tukovou tkání než jiné, běžně používané antropometrické indexy. Např. longitudinální studie Agbaje *et al.* ukázala, že ve srovnání s BMI má WHtR vyšší korelaci s celkovým množstvím tuku měřeným pomocí duální rentgenové absorpciometrie u dětí po celou dobu sledování až do dospělosti. Swainson *et al.* označili WHtR za nejlepší prediktor BF% a množství viscerální tukové tkáně z porovnávaných antropometrických ukazatelů, jako BMI, obvod pasu, WHR a WHtR. Podobně Tuglo *et al.* zjistili, že WHtR byl vhodnější antropometrický index pro odhad množství viscerálního tuku u pacientů s diabetem při nedostupné bioelektrické impedanční analýze. Roriz *et al.* dospěli k závěru, že WHtR měl vysokou přesnost v diskriminaci viscerální obezity, neboť koreloval s množstvím viscerální tukové tkáně měřené počítačovou tomografií (Roriz *et al.*, 2014; Verma *et al.*, 2016; Swainson *et al.*, 2017; Tuglo, 2022; Agbaje, 2024).

Některé výzkumy upozorňují na omezenou přesnost pevné hraniční hodnoty $WHtR = 0,5$ pro predikci zdravotního rizika u jedinců s extrémní tělesnou výškou. Studie mexické populace zjistila, že optimální hraniční hodnoty WHtR pro predikci kardiovaskulárního rizika jsou vyšší u jedinců s nízkou postavou. U osob s nízkou tělesnou výškou může docházet k nadhodnocení rizika centrální adipozity i při relativně malém obvodu pasu, zatímco riziko u vysokých jedinců může být podhodnocováno i při větším obvodu pasu.

V reakci na možné zkreslení výsledků tělesnou výškou navrhuje Nevill *et al.* nový index WHT•5R, nezávislý na tělesné výšce, počítaný dle vzorce:

$$\text{WHT} \cdot 5R = \text{obvod pasu [m]} \times \text{tělesná výška}^{-0,5}[\text{m}].$$

Pro tento ukazatel byly navrženy pohlavně specifické hraniční hodnoty a bylo doporučeno jeho využití ve formě tvarových grafů pro přesnější posouzení rizika (Schneider *et al.*, 2011; Nevill *et al.*, 2023; Rangel-Baltazar *et al.*, 2023).

Ačkoli je často využívána jednotná hraniční hodnota $\text{WHtR} \geq 0,5$, některé studie doporučují její přizpůsobení s ohledem na pohlaví, věk, etnicitu či konkrétní zdravotní riziko. Většina studií uvádí, že ženy mívají vyšší optimální hodnoty WHtR než muži. Studie Huang *et al.* a Lin *et al.* však zaznamenaly opačný trend u populace na Tchaj-wanu pro jedince do věku 65 let. WHtR se s přibývajícím věkem zvyšuje u obou pohlaví, což ukazuje např. Hsieh *et al.* ve studii japonské populace. Výzkum Itani and El Ghoch na etnicky diverzifikované populaci v USA identifikoval optimální hraniční hodnoty WHtR pro screening centrální adipozity nad 0,5 u všech sledovaných skupin, přičemž muži měli vždy mírně nižší hodnoty než ženy. Rangel-Baltazar *et al.* doporučují ke stanovení kardiovaskulárního rizika pro mexickou populaci hraniční hodnoty WHtR 0,56 pro muže a 0,61 pro ženy. Ještě vyšší hodnoty stanovili pro jedince s nízkou tělesnou výškou. V čínské populaci v Hongkongu byla pro predikci kardiovaskulárních rizikových faktorů doporučena jednotná hodnota WHtR 0,48 pro obě pohlaví. Podobný trend byl zaznamenán i u taiwanských populací (Hsieh, Yoshinaga, Muto and Sakurai, 2000; Huang *et al.*, 2002; Lin *et al.*, 2002; Ho *et al.*, 2003; Schneider *et al.*, 2011; Nevill *et al.*, 2023; Rangel-Baltazar *et al.*, 2023; Assefa *et al.*, 2024; Itani and El Ghoch, 2024).

3.5.2 Klinický význam WHtR při hodnocení zdravotních rizik obezity

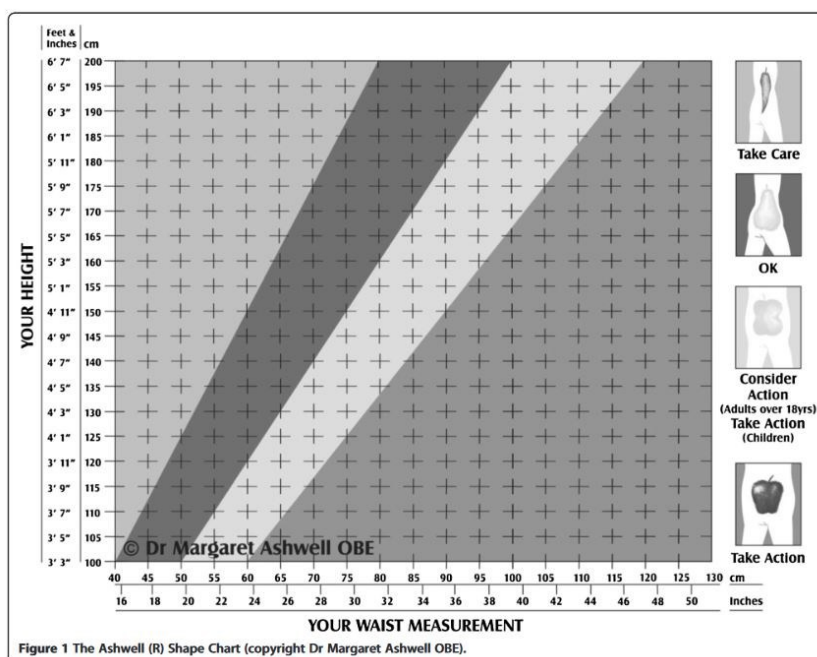
WHtR je považován za jednoduchý a poměrně efektivní antropometrický index pro predikci zdravotních rizik spojených s nadváhou a obezitou. Zvýšené hodnoty WHtR jsou spojovány s kardiometabolickými rizikovými faktory a rizikem výskytu hypertenze, CVD, dyslipidemie, DM2 a metabolického syndromu. Messeri *et al.* stanovili optimální hraniční hodnotu WHtR 0,55 pro riziko ischemické choroby srdeční, Bohr *et al.* doporučují 0,58 pro predikci metabolického syndromu, přičemž navrhli i pohlavně specifické hodnoty, které byly nižší pro muže. Pro populaci v Hongkongu byly navrženy hodnoty WHtR v rozmezí 0,48–0,51 pro muže a 0,49–0,52 pro ženy pro predikci hypertenze, diabetu, dyslipidemie a albuminurie. Pro stanovení rizika DM2 a hypertenze byly stanoveny hodnoty WHtR 0,5 a 0,55 pro muže a 0,56 a 0,59 pro ženy v Iráku nebo 0,51 pro dospělé v Shanghai. V různých zemích byla provedena srovnání prediktivní schopnosti antropometrických ukazatelů, zejména BMI, obvodu pasu, WHR a WHtR. Tato srovnání často ukazují, že WHtR je lepší prediktor kardiometabolických rizik než BMI nebo WHR. Ashwell *et al.* v roce 2012 uvedli, že WHtR zlepšuje diskriminaci nepříznivých výsledků o 4–5 % ve srovnání s BMI. WHtR se jeví jako zvláště užitečný pro predikci kardiometabolických rizik, DM2 a pro identifikaci časného zdravotního rizika u jedinců s normostenickým BMI (Hsieh and Yoshinaga, 1995b, 1995a; Ashwell, Lejeune and McPherson, 1996; Ko *et al.*, 1999; Huang *et al.*, 2002; Lin *et al.*, 2002; Ho *et al.*, 2003; Mansour and Al-Jazairi, 2007; Gelber *et al.*, 2008; Ashwell and Gibson, 2009, 2016; Park *et al.*, 2009; Browning, Hsieh and Ashwell, 2010; Khader *et al.*, 2010; Ashwell, 2011; Evans *et al.*, 2011; Ashwell, Gunn and Gibson,

2012; Jayawardana *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; Savva, Lamnisis and Kafatos, 2013; Meseri, Ucku and Unal, 2014; Ware *et al.*, 2014; Bohr, Laurson and McQueen, 2016; Zhang *et al.*, 2019; Tuglo, 2022).

WHtR je využíván jako prediktor mortality kvůli své schopnosti odrážet distribuci tělesného tuku. Mnohé studie ukázaly, že nezávisle na BMI jsou parametry centrální obezity, zejména WHtR, obvod pasu a WHR, silněji spojeny s mortalitou ze všech příčin, kardiovaskulární úmrtností i onkologickou mortalitou. Dle studie Song *et al.* vykazoval BMI nejslabší korelaci a WHtR se ukázal jako nejsilnější prediktor rizika kardiovaskulární mortality. Ve studii Ashwell *et al.* WHtR lépe predikoval počet ztracených let života britské populace než BMI. Vyšší hodnoty WHtR byly spojeny s kratší očekávanou délkou života, a proto považují WHtR za lepší indikátor rizika úmrtnosti ve srovnání s BMI (Cox and Whichelow, 1996; Zhang *et al.*, 2008; Carmienke *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2013; Ashwell *et al.*, 2014).

Mnoho studií a autorů doporučuje jednoduché pravidlo udržení obvodu pasu menší než polovinu vlastní výšky, což odpovídá WHtR < 0,5. Výhodou tohoto pravidla je jeho snadná zapamatovatelnost a srozumitelnost pro laickou veřejnost. Vzhledem k vysoké predikční schopnosti zdravotních rizik centrální obezity je WHtR doporučován jako screeningový nástroj v klinické praxi, minimálně jako doplněk k BMI. Schneider *et al.* dokonce navrhuje, aby WHtR nahradil obvod pasu v obezitologických směrnicích a v definici metabolického syndromu. Pro účely praktického a názorného hodnocení zdravotních rizik spojených s obezitou dle WHtR vyvinula Margaret Ashwell tzv. Ashwell Shape Chart, který je na Obr. 16. Graf je rozdělen do 4 oblastí hodnotami WHtR 0,4, 0,5 a 0,6 podle míry zdravotního rizika. Tyto oblasti odpovídají různým „akčním krokům“ a doporučením pro pacienty, jež jsou specifikována v Tab. 7 (Ashwell, Lejeune and McPherson, 1996; Ho *et al.*, 2003; Hsieh, Yoshinaga and Muto, 2003; Ashwell and Hsieh, 2005; Hsieh and Muto, 2005; Ashwell and Gibson, 2009, 2014; Browning, Hsieh and Ashwell, 2010; Ashwell, 2011; Schneider *et al.*, 2011; Ashwell, Gunn and Gibson, 2012; Savva, Lamnisis and Kafatos, 2013; Meseri, Ucku and Unal, 2014; Vikram *et al.*, 2016).

Obr. 16: Ashwell Shape Chart – nástroj pro hodnocení rizik spojených s obezitou dle WHtR
(převzato Ashwell and Gibson, 2014)



Tab. 7: „Akční kroky“ dle Ashwell Shape Chart a jejich interpretace
(vytvoreno a upraveno dle Ashwell, 2011; Ashwell and Gibson, 2014)

WHtR	„akční krok“	Opatření vzhledem k zdravotnímu riziku
< 0,4	„Take care“	není potřeba snižovat obvod pasu nebo může být osoba s podváhou
0,4–0,49	„OK“	není potřeba žádných intervencí
0,5–0,59	„Consider action“ pro dospělé „Take action“ pro děti	pro dospělé potřeba zvážit opatření pro děti potřeba zahájit opatření na snížení obvodu pasu
≥ 0,6	„Take action“	potřeba zahájit opatření ke snížení obvodu pasu

4 Přímé metody měření tělesného složení

4.1 Počítačová tomografie a magnetická rezonance

Počítačová tomografie (*Computed tomography*, CT) a magnetická rezonance (*Magnetic Resonance Imaging*, MRI) jsou široce používané lékařské zobrazovací metody, které dobře rozlišují typy tělesných tkání a lze je použít pro stanovení množství celkového i viscerálního tuku, a proto jsou využívány ve studiích obezity a distribuce tělesného tuku. Tyto metody jsou však nepřenositelné a vyžadují nákladné vybavení. CT je založena na průchodu rentgenových paprsků tělem jedince v mnoha různých úhlech, detekci jejich zeslabení a následném počítačovém zpracování pro vytvoření průřezových snímků vnitřních struktur. Výhodou CT je relativně rychlé zobrazení a vysoká přesnost při rozlišení typu tělesné tkáně, avšak vystavuje pacienta rentgenovému záření, což omezuje četná opakovaná měření. MRI využívá silné magnetické pole a radiofrekvenční proud k získání signálu z atomových jader vodíku v těle a detekuje vysílaný signál, který zpracovává do obrazu. MRI je vysoce přesná, reprodukovatelná metoda měření tělesného složení. Na rozdíl od CT nezatažuje pacienta rentgenovým zářením, proto je vhodnější při nutnosti častějšího zobrazování. Nevýhodou MRI je velký hluk a také delší doba snímání, která může vést k nepřesnostem způsobeným pohybem pacienta. MRI nelze v některých případech použít kvůli silnému magnetickému poli, jako např. u jedinců s implantáty obsahující železo (Silver *et al.*, 2010; Klopfenstein *et al.*, 2012; Yip *et al.*, 2015; Fang *et al.*, 2018; Pescatori *et al.*, 2019; *NIBIB, 2022a, 2022b).

4.2 Duální rentgenová absorpciometrie (DEXA)

Duální rentgenová absorpciometrie (*Dual-energy X-ray absorptiometry*, DEXA) je metoda, která se využívá ke stanovení složení celého těla i jeho jednotlivých částí, přičemž rozlišuje mezi tukovou, svalovou a kostní hmotou. Navíc vykazuje silnou korelaci s CT a MRI při měření tukové hmoty. Proto se používá pro hodnocení metabolických onemocnění kostí jako např. osteoporózy, dále sarkopenie a obezity. Principiálně funguje na průchodu rentgenového záření o dvou různých energetických úrovních lidským tělem a měření útlumu záření dle typu anatomické struktury. DEXA umožňuje poměrně přesný odhad viscerální tukové tkáně, a tak pomáhá při diagnostice obezity, predikci diabetu a kardiovaskulárních rizikových faktorů. BF% stanovený pomocí DEXA je považován za přesnou metodu pro diagnostiku obezity. Studie Alqarni *et al.* zjistila, že 40,6 % účastníků měřených pomocí DEXA bylo dle BMI chybně klasifikováno vzhledem k jejich BF%. Výhody použití DEXA zahrnují vysokou přesnost, rychlou dobu skenování, nižší cenu vybavení než CT a MRI a oproti CT nižší dávku radiace. Stále se však jedná o radiační zátěž, a proto se DEXA nedoporučuje např. pro těhotné ženy. Použití DEXA má i další nevýhody, např. oproti BIA a antropometrickým nástrojům vyžaduje nákladnější specializované vybavení i vzdělání obsluhy, není přenosná, a tak není vždy snadno dostupná v klinické praxi (Laskey, 1996; Kaul *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2018; *Messina *et al.*, 2020; Alqarni *et al.*, 2023; *CDC, 2024).

4.3 Bioelektrická impedanční analýza

Bioelektrická impedanční analýza (*Bioelectrical impedance analysis*, BIA) je rychlá, neinvazivní, přenosná a cenově relativně dostupná metoda pro měření složení těla a hydratačního stavu. V souvislosti s nadváhou a obezitou se používá k výpočtu BF% a viscerálního tuku. Princip této metody spočívá v aplikaci nízkého střídavého elektrického proudu do tělesných částí a v měření elektrické impedance, přičemž je dle rozdílné vodivosti tkání určeno jejich zastoupení. Existují různé typy BIA dle počtu využívaných frekvencí či počtu elektrod, za přesnější jsou považovány osmi-elektrodové a multifrekvenční BIA, jako např. přístroje InBody. InBody zařízení vykazují silnou korelaci s DEXA při hodnocení tělesného složení, proto jsou využívány v klinické praxi i ve výzkumu, pokud není k dispozici DEXA. BIA je díky své jednoduchosti a přenosnosti také vhodná pro použití v terénních studiích a výzkumech. Některé studie však upozorňují na skutečnost, že přesnost BIA je ovlivněna hydratací organismu a má tendenci podhodnocovat BF% u osob s obezitou s vysokým BMI (Lukaski *et al.*, 1985; Malavolti *et al.*, 2003; *Kyle *et al.*, 2004a, 2004b; Shafer *et al.*, 2009; Karelis *et al.*, 2013; Yip *et al.*, 2015; McLester *et al.*, 2020; *El Dimassi *et al.*, 2024).

5 Závěr

Tato práce zpracovala poznatky o vybraných diagnostických markerech nadváhy a obezity u dospělé populace, vzhledem k jejich schopnosti hodnotit zdravotní rizika zmožené tukové tkáně. Ačkoli je BMI nejčastěji používaným antropometrickým ukazatelem pro svou jednoduchost a širokou aplikovatelnost, mnohé studie ukazují, že nemůže zcela jistě určit skutečná zdravotní rizika spojená s obezitou. Modifikace, jako new BMI, která zohledňuje pouze limitaci BMI ve smyslu tělesné výšky, a BMI adjustovaný na věk reagující na limitaci BMI ve smyslu věku, neřeší omezení diskriminační schopnosti BMI.

Hmotnostní indexy, zejména BMI a PI, hodnotí především tělesnou hmotnost než adipozitu, přičemž pro identifikaci zdravotních rizik nadváhy a obezity je potřeba stanovení adipozity jedince. Tyto indexy přesně nerozlišují tělesné složení, ale ani distribuci tuku. Obvod pasu, WHR a WHtR ve srovnání s BMI lépe reflektují distribuci tukové tkáně a poskytují přesnější odhad viscerální adipozity, která silněji koreluje s kardiometabolickými riziky. Ukazatele související s měřením obvodu pasu, jako samotný obvod pasu či WHtR, vykazují vyšší korelaci s chronickými onemocněními související s obezitou než samotné BMI. Limity uvedených poznatků se týkají převážně nedostatečné standardizace hraničních hodnot některých indexů ve specifických populacích pro přesnější hodnocení nadměrné adipozity a s ní spojených rizik.

Ve srovnání s antropometrickými ukazateli existují metody stanovující tělesné složení, které umožňují přesnější diagnostiku obezity a s ní souvisejících komplikací za pomoci přístrojové techniky. Mezi tyto metody patří CT, MRI, DEXA či BIA, které se také používají ve studiích hodnotících korelace antropometrických indexů s BF% či množstvím viscerálního tuku. Tyto metody však vyžadují nákladnější vybavení, jsou celkově dražší a méně dostupné.

Závěrem lze shrnout, že pro primární screening zdravotních rizik spojených s nadváhou a obezitou v klinické praxi a při nedostupnosti přesnějších metod měření tělesného složení lze dle dosavadních poznatků doporučit použití obvodu pasu nebo WHtR či BMI alespoň v kombinaci s obvodem pasu. Při výběru parametru hodnocení adipozity či hmotnosti v dospělé populaci je zapotřebí, aby byl odborník seznámen s limitacemi i výhodami zvoleného parametru.

6 Seznam použité literatury

Sekundární citace jsou označeny symbolem "*".

Adeboye, B., Bermano, G. and Rolland, C. (2012) 'Obesity and its health impact in Africa: a systematic review', *Cardiovascular Journal of Africa*, 23(9), 512–521. <https://doi.org/10.5830/CVJA-2012-040>

Agarwal, S.K. *et al.* (2009) 'Waist circumference measurement by site, posture, respiratory phase, and meal time: implications for methodology', *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 17(5), 1056–1061. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.635>

Agbaje, A.O. (2024) 'Waist-circumference-to-height-ratio had better longitudinal agreement with DEXA-measured fat mass than BMI in 7237 children', *Pediatric Research*, 96(5), 1369–1380. <https://doi.org/10.1038/s41390-024-03112-8>

Alkerwi, A., Crichton, G.E. and Hébert, J.R. (2015) 'Consumption of ready-made meals and increased risk of obesity: findings from the Observation of Cardiovascular Risk Factors in Luxembourg (ORISCAV-LUX) study', *The British Journal of Nutrition*, 113(2), 270–277. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003468>

Allison, D.B. *et al.* (1999) 'Antipsychotic-induced weight gain: a comprehensive research synthesis', *The American Journal of Psychiatry*, 156(11), 1686–1696. <https://doi.org/10.1176/ajp.156.11.1686>

Alqarni, A.M. *et al.* (2023) 'Accuracy of body mass index compared to whole-body dual energy X-ray absorptiometry in diagnosing obesity in adults in the Eastern Province of Saudi Arabia: A cross-sectional study', *Journal of Family & Community Medicine*, 30(4), 259–266. https://doi.org/10.4103/jfcm.jfcm_85_23

Andersen, R.E. *et al.* (1998) 'Relationship of physical activity and television watching with body weight and level of fatness among children: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey', *JAMA*, 279(12), 938–942. <https://doi.org/10.1001/jama.279.12.938>

Andreyeva, T., Sturm, R. and Ringel, J.S. (2004) 'Moderate and severe obesity have large differences in health care costs', *Obesity Research*, 12(12), 1936–1943. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.243>

Ardern, C.I. *et al.* (2004) 'Development of health-related waist circumference thresholds within BMI categories', *Obesity Research*, 12(7), 1094–1103. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.137>

Ashwell, M. (2011) 'Charts Based on Body Mass Index and Waist-to-Height Ratio to Assess the Health Risks of Obesity: A Review', *AACE Clinical Case Reports*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.2174/1876823701103010078>

Ashwell, M. *et al.* (2014) 'Waist-to-height ratio is more predictive of years of life lost than body mass index', *PloS One*, 9(9), e103483. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103483>

Ashwell, M. and Gibson, S. (2009) 'Waist to height ratio is a simple and effective obesity screening tool for cardiovascular risk factors: Analysis of data from the British National Diet And Nutrition Survey of adults aged 19-64 years', *Obesity Facts*, 2(2), 97–103. <https://doi.org/10.1159/000203363>

Ashwell, M. and Gibson, S. (2014) 'A proposal for a primary screening tool: "Keep your waist circumference to less than half your height"', *BMC Medicine*, 12, 207. <https://doi.org/10.1186/s12916-014-0207-1>

Ashwell, M. and Gibson, S. (2016) 'Waist-to-height ratio as an indicator of "early health risk": simpler and more predictive than using a "matrix" based on BMI and waist circumference', *BMJ open*, 6(3), e010159. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010159>

Ashwell, M., Gunn, P. and Gibson, S. (2012) 'Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 13(3), 275–286. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00952.x>

Ashwell, M. and Hsieh, S.D. (2005) 'Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health message on obesity', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(5), 303–307. <https://doi.org/10.1080/09637480500195066>

- Ashwell, M., Lejeune, S. and McPherson, K. (1996) 'Ratio of waist circumference to height may be better indicator of need for weight management', *BMJ (Clinical research ed.)*, 312(7027), 377. <https://doi.org/10.1136/bmj.312.7027.377>
- Assefa, M. *et al.* (2024) 'Body composition-derived abdominal circumference, waist-to-hip ratio, and waist-to-height ratio cut-offs for Ethiopian adults in Northwest Ethiopia, 2023', *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 43(1), 185. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00678-1>
- *Avila, C. *et al.* (2015) 'An Overview of Links Between Obesity and Mental Health', *Current Obesity Reports*, 4(3), 303–310. <https://doi.org/10.1007/s13679-015-0164-9>
- Bajaj, H.S. *et al.* (2009) 'Clinical utility of waist circumference in predicting all-cause mortality in a preventive cardiology clinic population: a PreCIS Database Study', *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 17(8), 1615–1620. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.44>
- Banerji, M.A. *et al.* (1999) 'Body Composition, Visceral Fat, Leptin, and Insulin Resistance in Asian Indian Men', *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84(1), 137–144. <https://doi.org/10.1210/jcem.84.1.5371>
- Bixler, E.O. *et al.* (2001) 'Prevalence of sleep-disordered breathing in women: effects of gender', *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 163(3 Pt 1), 608–613. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.3.9911064>
- Blüher, M. (2013) 'Adipose tissue dysfunction contributes to obesity related metabolic diseases', *Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism*, 27(2), 163–177. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2013.02.005>
- Bogers, R.P. *et al.* (2007) 'Association of overweight with increased risk of coronary heart disease partly independent of blood pressure and cholesterol levels: a meta-analysis of 21 cohort studies including more than 300 000 persons', *Archives of Internal Medicine*, 167(16), 1720–1728. <https://doi.org/10.1001/archinte.167.16.1720>
- Bohr, A.D., Laurson, K. and McQueen, M.B. (2016) 'A novel cutoff for the waist-to-height ratio predicting metabolic syndrome in young American adults', *BMC public health*, 16, 295. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2964-6>
- Borg, S. *et al.* (2005) 'Obesity, survival, and hospital costs-findings from a screening project in Sweden', *Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 8(5), 562–571. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4733.2005.00048.x>
- Bosy-Westphal, A. *et al.* (2010) 'Measurement site for waist circumference affects its accuracy as an index of visceral and abdominal subcutaneous fat in a Caucasian population', *The Journal of Nutrition*, 140(5), 954–961. <https://doi.org/10.3945/jn.109.118737>
- *Breslow, L. (1952) 'Public Health Aspects of Weight Control', *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 42(9), 1116–1120. <https://doi.org/10.2105/AJPH.42.9.1116>
- Britton, K.A. *et al.* (2013) 'Body fat distribution, incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality', *Journal of the American College of Cardiology*, 62(10), 921–925. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.06.027>
- Browning, L.M., Hsieh, S.D. and Ashwell, M. (2010) 'A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value', *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 247–269. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000144>
- Busetto, L. *et al.* (1992) 'Assessment of abdominal fat distribution in obese patients: anthropometry versus computerized tomography', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(10), 731–736. https://www.researchgate.net/publication/21824662_Assessment_of_abdominal_fat_distribution_in_obese_patients_Anthropometry_versus_computerized_tomography
- Carmienke, S. *et al.* (2013) 'General and abdominal obesity parameters and their combination in relation to mortality: a systematic review and meta-regression analysis', *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(6), 573–585. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.61>
- Carroll, J.F. *et al.* (2008) 'Visceral fat, waist circumference, and BMI: impact of race/ethnicity', *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 16(3), 600–607. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.92>

- *Cartwright, M.J., Tchkonja, T. and Kirkland, J.L. (2007) 'Aging in adipocytes: potential impact of inherent, depot-specific mechanisms', *Experimental Gerontology*, 42(6), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2007.03.003>
- Cawley, J. (2004) 'The Impact of Obesity on Wages', *The Journal of Human Resources*, 39(2), 451–474. <https://doi.org/10.2307/3559022>
- CDC (2003) 'Prevalence of physical activity, including lifestyle activities among adults--United States, 2000-2001', *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 52(32), 764–769. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5232a2.htm>
- *CDC (2011) 'Body mass index : considerations for practitioners', *Centers for Disease Control and Prevention (U.S.)*. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/25368> (Accessed: 11 December 2024)
- *CDC (2024) *About Body Mass Index (BMI)*. <https://www.cdc.gov/bmi/about/index.html> (Accessed: 30 September 2024)
- Cerhan, J.R. *et al.* (2014) 'A pooled analysis of waist circumference and mortality in 650,000 adults', *Mayo Clinic Proceedings*, 89(3), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.11.011>
- Chakraborty, R. *et al.* (2009) 'Body mass index and body fat among adult Bengalee male slum dwellers in West Bengal, India', *Obesity Research & Clinical Practice*, 3(3), 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2009.03.003>
- Church, T.S. *et al.* (2011) 'Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity', *PloS One*, 6(5), e19657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019657>
- Clément, K. *et al.* (1998) 'A mutation in the human leptin receptor gene causes obesity and pituitary dysfunction', *Nature*, 392(6674), 398–401. <https://doi.org/10.1038/32911>
- *Colditz, G.A. and Peterson, L.L. (2018) 'Obesity and Cancer: Evidence, Impact, and Future Directions', *Clinical Chemistry*, 64(1), 154–162. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2017.277376>
- Considine, R.V., Sinha, M.K., *et al.* (1996) 'Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans', *The New England Journal of Medicine*, 334(5), 292–295. <https://doi.org/10.1056/NEJM199602013340503>
- Considine, R.V., Considine, E.L., *et al.* (1996) 'The hypothalamic leptin receptor in humans: identification of incidental sequence polymorphisms and absence of the db/db mouse and fa/fa rat mutations', *Diabetes*, 45(7), 992–994. <https://doi.org/10.2337/diab.45.7.992>
- *Considine, R.V. (2005) 'Human Leptin: An Adipocyte Hormone with Weight-Regulatory and Endocrine Functions', *Seminars in Vascular Medicine*, 5, 15–24. <https://doi.org/10.1055/s-2005-871738>
- Cook, K.S. *et al.* (1987) 'Adipsin: a circulating serine protease homolog secreted by adipose tissue and sciatic nerve', *Science (New York, N.Y.)*, 237(4813), 402–405. <https://doi.org/10.1126/science.3299705>
- Correa-Rodríguez, M. *et al.* (2020) 'Normal-Weight Obesity Is Associated with Increased Cardiometabolic Risk in Young Adults', *Nutrients*, 12(4), 1106. <https://doi.org/10.3390/nu12041106>
- Cox, B.D. and Whichelow, M. (1996) 'Ratio of waist circumference to height is better predictor of death than body mass index.', *BMJ : British Medical Journal*, 313(7070), 1487. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2352984>
- Čuta, M. *et al.* (2019) 'Normal-weight obesity frequency in the Central European urban adult female population of Brno, Czech Republic', *Central European Journal of Public Health*, 27(2), 131–134. <https://doi.org/10.21101/cejph.a5133>
- *Cypess, A.M. and Kahn, C.R. (2010) 'The role and importance of brown adipose tissue in energy homeostasis', *Current Opinion in Pediatrics*, 22(4), 478. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e32833a8d6e>
- *Daniels, S.R. (2009) 'The Use of BMI in the Clinical Setting', *Pediatrics*, 124(Supplement_1), S35–S41. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3586F>
- *Darsini, D. *et al.* (2020) 'Health risks associated with high waist circumference: A systematic review', *Journal of Public Health Research*, 9(2), 1811. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1811>

- Dawes, A.J. *et al.* (2016) 'Mental Health Conditions Among Patients Seeking and Undergoing Bariatric Surgery: A Meta-analysis', *JAMA*, 315(2), 150–163. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.18118>
- De Lorenzo, A. *et al.* (2003) 'How fat is obese?', *Acta Diabetologica*, 40 Suppl 1, S254-257. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0079-x>
- De Lorenzo, A. *et al.* (2006) 'Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome', *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 16(8), 513–523. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2005.10.010>
- De Lorenzo, A. *et al.* (2007) 'Normal-weight obese syndrome: early inflammation?', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(1), 40–45. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.1.40>
- *DeFronzo, R.A. (2004) 'Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus', *The Medical Clinics of North America*, 88(4), 787–835, ix. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2004.04.013>
- Degli Esposti, E. *et al.* (2006) 'The relationship between body weight and drug costs: An Italian population-based study', *Clinical Therapeutics*, 28(9), 1472–1481. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2006.09.016>
- Derby, C.A. *et al.* (2006) 'Body mass index, waist circumference and waist to hip ratio and change in sex steroid hormones: the Massachusetts Male Ageing Study', *Clinical Endocrinology*, 65(1), 125–131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2006.02560.x>
- Després, J.-P. (2012) 'Body Fat Distribution and Risk of Cardiovascular Disease', *Circulation*, 126(10), 1301–1313. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.067264>
- Deurenberg, P., Yap, M. and van Staveren, W.A. (1998) 'Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 22(12), 1164–1171. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800741>
- Deurenberg-Yap, M. *et al.* (2000) 'The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(8), 1011–1017. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801353>
- Deurenberg-Yap, M. *et al.* (2001) 'Relationships between indices of obesity and its co-morbidities in multi-ethnic Singapore', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 25(10), 1554–1562. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801739>
- *Eknoyan, G. (2008) 'Adolphe Quetelet (1796–1874)—the average man and indices of obesity', *Nephrology Dialysis Transplantation*, 23(1), 47–51. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfm517>
- *El Dimassi, S. *et al.* (2024) 'Body Water Volume Estimation Using Bio Impedance Analysis: Where Are We?', *IRBM*, 45(3), 100839. <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2024.100839>
- Evans, J. *et al.* (2011) 'Diagnostic ability of obesity measures to identify metabolic risk factors in South African women', *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 9(5), 353–360. <https://doi.org/10.1089/met.2011.0034>
- Fain, J.N. *et al.* (2004) 'Comparison of the release of adipokines by adipose tissue, adipose tissue matrix, and adipocytes from visceral and subcutaneous abdominal adipose tissues of obese humans', *Endocrinology*, 145(5), 2273–2282. <https://doi.org/10.1210/en.2003-1336>
- Fang, H. *et al.* (2018) 'How to best assess abdominal obesity', *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 21(5), 360–365. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000485>
- *Fasshauer, M. and Blüher, M. (2015) 'Adipokines in health and disease', *Trends in Pharmacological Sciences*, 36(7), 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2015.04.014>
- Faulconbridge, L.F. *et al.* (2012) 'One-year changes in symptoms of depression and weight in overweight/obese individuals with type 2 diabetes in the Look AHEAD study', *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 20(4), 783–793. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.315>

- Finkelstein, E.A., Fiebelkorn, I.C. and Wang, G. (2003) 'National medical spending attributable to overweight and obesity: how much, and who's paying?', *Health Affairs (Project Hope)*, Suppl Web Exclusives, W3-219–26. Available at: <https://doi.org/10.1377/hlthaff.w3.219>
- Finkelstein, M.M. (2001) 'Obesity, cigarette smoking and the cost of physicians' services in Ontario', *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Sante Publique*, 92(6), 437–440. <https://doi.org/10.1007/BF03404535>
- Flegal, K.M. *et al.* (2010) 'Prevalence and Trends in Obesity Among US Adults, 1999-2008', *JAMA*, 303(3), 235–241. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.2014>
- Florey, C. du V. (1970) 'The use and interpretation of ponderal index and other weight-height ratios in epidemiological studies', *Journal of Chronic Diseases*, 23(2), 93–103. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(70\)90068-8](https://doi.org/10.1016/0021-9681(70)90068-8)
- Folsom, A.R. *et al.* (2000) 'Associations of general and abdominal obesity with multiple health outcomes in older women: the Iowa Women's Health Study', *Archives of Internal Medicine*, 160(14), 2117–2128. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.14.2117>
- *Fontaine, K.R. and Barofsky, I. (2001) 'Obesity and health-related quality of life', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 2(3), 173–182. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00032.x>
- Freeman, J.V., Power, C. and Rodgers, B. (1995) 'Weight-for-Height Indices of Adiposity: Relationships with Height in Childhood and Early Adult Life', *International Journal of Epidemiology*, 24(5), 970–976. <https://doi.org/10.1093/ije/24.5.970>
- Gainsford, T. *et al.* (1996) 'Leptin can induce proliferation, differentiation, and functional activation of hemopoietic cells', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(25), 14564–14568. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.25.14564>
- Gallagher, D. *et al.* (1996) 'How Useful Is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups?', *American Journal of Epidemiology*, 143(3), 228–239. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008733>
- GBD 2015 Obesity Collaborators *et al.* (2017) 'Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years', *The New England Journal of Medicine*, 377(1), 13–27. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators *et al.* (2020) 'Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019', *Lancet (London, England)*, 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)
- Gelber, R.P. *et al.* (2008) 'Measures of obesity and cardiovascular risk among men and women', *Journal of the American College of Cardiology*, 52(8), 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.03.066>
- Gómez-Campos, R. *et al.* (2022) 'Comparison of anthropometric indicators as predictors of the percentage of fat mass in young people and older adults in Chile', *Endocrinología, Diabetes Y Nutrición*, 69(1), 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.endien.2022.01.002>
- Gurrici, S. *et al.* (1998) 'Relationship between body fat and body mass index: differences between Indonesians and Dutch Caucasians', *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(11), 779–783. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600637>
- Hall, K.D. *et al.* (2019) 'Ultra-Processed Diets Cause Excess Calorie Intake and Weight Gain: An Inpatient Randomized Controlled Trial of Ad Libitum Food Intake', *Cell Metabolism*, 30(1), 67–77.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.05.008>
- *Hammond, R.A. and Levine, R. (2010) 'The economic impact of obesity in the United States', *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 3, 285–295. <https://doi.org/10.2147/DMSOTT.S7384>
- Han, T.S. *et al.* (1997) 'Predicting intra-abdominal fatness from anthropometric measures: the influence of stature', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 21(7), 587–593. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800446>

- Harlan, W.R. *et al.* (1988) 'Secular trends in body mass in the United States, 1960-1980', *American Journal of Epidemiology*, 128(5), 1065–1074. <https://doi.org/10.1093/aje/128.5.1065>
- Hartz, A.J. *et al.* (1983) 'Relationship of obesity to diabetes: influence of obesity level and body fat distribution', *Preventive Medicine*, 12(2), 351–357. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(83\)90244-x](https://doi.org/10.1016/0091-7435(83)90244-x)
- Healy, G.N. *et al.* (2008) 'Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab)', *Diabetes Care*, 31(2), 369–371. <https://doi.org/10.2337/dc07-1795>
- Hedley, A.A. *et al.* (2004) 'Prevalence of overweight and obesity among US children, adolescents, and adults, 1999-2002', *JAMA*, 291(23), 2847–2850. <https://doi.org/10.1001/jama.291.23.2847>
- Hemmingsson, E. *et al.* (2021) 'Prevalence and time trends of overweight, obesity and severe obesity in 447,925 Swedish adults, 1995–2017', *Scandinavian Journal of Public Health*, 49(4), 377–383. <https://doi.org/10.1177/1403494820914802>
- Hill, J.O. *et al.* (1999) 'Racial differences in amounts of visceral adipose tissue in young adults: the CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults) study', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(3), 381–387. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.3.381>
- Ho, S.-Y. *et al.* (2003) 'Waist to stature ratio is more strongly associated with cardiovascular risk factors than other simple anthropometric indices', *Annals of Epidemiology*, 13(10), 683–691. [https://doi.org/10.1016/s1047-2797\(03\)00067-x](https://doi.org/10.1016/s1047-2797(03)00067-x)
- Hotamisligil, G.S. *et al.* (1995) 'Increased adipose tissue expression of tumor necrosis factor- α in human obesity and insulin resistance', *The Journal of Clinical Investigation*, 95(5), 2409–2415. <https://doi.org/10.1172/JCI117936>
- Hotamisligil, G.S., Shargill, N.S. and Spiegelman, B.M. (1993) 'Adipose Expression of Tumor Necrosis Factor- α : Direct Role in Obesity-Linked Insulin Resistance', *Science*, 259(5091), 87–91. <https://doi.org/10.1126/science.7678183>
- Hsieh, S.D., Yoshinaga, H., Muto, T. and Sakurai, Y. (2000) 'Anthropometric obesity indices in relation to age and gender in Japanese adults', *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 191(2), 79–84. <https://doi.org/10.1620/tjem.191.79>
- Hsieh, S.D., Yoshinaga, H., Muto, T., Sakurai, Y., *et al.* (2000) 'Health risks among Japanese men with moderate body mass index', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(3), 358–362. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801157>
- Hsieh, S.D. and Muto, T. (2005) 'The superiority of waist-to-height ratio as an anthropometric index to evaluate clustering of coronary risk factors among non-obese men and women', *Preventive Medicine*, 40(2), 216–220. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.05.025>
- Hsieh, S.D. and Yoshinaga, H. (1995a) 'Abdominal fat distribution and coronary heart disease risk factors in men-waist/height ratio as a simple and useful predictor', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 19(8), 585–589. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7489031/>
- Hsieh, S.D. and Yoshinaga, H. (1995b) 'Waist/height ratio as a simple and useful predictor of coronary heart disease risk factors in women', *Internal Medicine (Tokyo, Japan)*, 34(12), 1147–1152. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.34.1147>
- Hsieh, S.D., Yoshinaga, H. and Muto, T. (2003) 'Waist-to-height ratio, a simple and practical index for assessing central fat distribution and metabolic risk in Japanese men and women', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 27(5), 610–616. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802259>
- Huang, K.-C. *et al.* (2002) 'Four anthropometric indices and cardiovascular risk factors in Taiwan', *International Journal of Obesity*, 26(8), 1060–1068. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802047>

- Innocent, D.C. *et al.* (2024) ‘Correlative Study on Body Mass Index and Blood Pressure in the United Kingdom: A Systematic Review’, *Cardiology & Vascular Research*, 2(1), 1–11. <https://www.wecmelive.com/peer-review/correlative-study-on-body-mass-index-and-blood-pressure-in-the-united-kingdom-a-systematic-review-149.html>
- Itani, L. and El Ghoch, M. (2024) ‘Waist-to-Height Ratio Cut-Off Points for Central Obesity in Individuals with Overweight Across Different Ethnic Groups in NHANES 2011-2018’, *Nutrients*, 16(22), 3838. <https://doi.org/10.3390/nu16223838>
- Jackson, A.S. *et al.* (2002) ‘The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study’, *International Journal of Obesity*, 26(6), 789–796. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802006>
- Jahanlou, A.S. and Kouzekanani, K. (2017) ‘A Comparison of Waist-to-Hip Ratio Cutoff Points in a Large Sample of Southern Iranian Adults with Two Standard Procedures and Asian Studies’, *Shiraz E-Medical Journal*, 18(6). <https://doi.org/10.5812/semj.13796>
- *James, W.P.T. (2008) ‘WHO recognition of the global obesity epidemic’, *International Journal of Obesity*, 32(7), S120–S126. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.247>
- Jayawardana, R. *et al.* (2013) ‘Waist to height ratio: a better anthropometric marker of diabetes and cardio-metabolic risks in South Asian adults’, *Diabetes Research and Clinical Practice*, 99(3), 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.12.013>
- Jayedi, A. *et al.* (2020) ‘Central fatness and risk of all cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of 72 prospective cohort studies’, *BMJ*, 370, m3324. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3324>
- Jazet, I.M. *et al.* (2008) ‘Loss of 50% of excess weight using a very low energy diet improves insulin-stimulated glucose disposal and skeletal muscle insulin signalling in obese insulin-treated type 2 diabetic patients’, *Diabetologia*, 51(2), 309–319. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0862-2>
- Kagawa, M., Binns, C.B. and Hills, A.P. (2007) ‘Body composition and anthropometry in Japanese and Australian Caucasian males and Japanese females’, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16 Suppl 1. 31–36. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17392073>
- Kagawa, M., Byrne, N.M. and Hills, A.P. (2008) ‘Comparison of body fat estimation using waist:height ratio using different “waist” measurements in Australian adults’, *The British Journal of Nutrition*, 100(5), 1135–1141. <https://doi.org/10.1017/S0007114508966095>
- Kannel, W.B. *et al.* (1967) ‘The relation of adiposity to blood pressure and development of hypertension. The Framingham study’, *Annals of Internal Medicine*, 67(1), 48–59. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-67-1-48>
- Karelis, A.D. *et al.* (2013) ‘Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition’, *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 38(1), 27–32. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0129>
- Kaul, S. *et al.* (2012) ‘Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat’, *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 20(6), 1313–1318. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.393>
- Keirns, B.H. *et al.* (2023) ‘Whole-body bone mineral density and markers of bone homeostasis in adults with normal-weight obesity’, *Obesity Pillars*, 7, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.obpill.2023.100073>
- Kenchaiiah, S. *et al.* (2002) ‘Obesity and the risk of heart failure’, *The New England Journal of Medicine*, 347(5), 305–313. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa020245>
- Keys, A. *et al.* (1972) ‘Indices of relative weight and obesity’, *Journal of Chronic Diseases*, 25(6), 329–343. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(72\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0021-9681(72)90027-6)
- Khader, Y.S. *et al.* (2010) ‘Anthropometric cutoff values for detecting metabolic abnormalities in Jordanian adults’, *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 3, 395–402. <https://doi.org/10.2147/DMSOTT.S15154>

Khan, I. *et al.* (2023) 'Surrogate Adiposity Markers and Mortality', *JAMA network open*, 6(9), e2334836. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.34836>

*Khawaja, T. *et al.* (2024) 'Impact of Visceral and Hepatic Fat on Cardiometabolic Health', *Current Cardiology Reports*, 26(11), 1297–1307. <https://doi.org/10.1007/s11886-024-02127-1>

Khosla, T. and Lowe, C.R. (1967) 'Indices of obesity derived from body weight and height', *British Journal of Preventive & Social Medicine*, 21(3), 122–128. <https://doi.org/10.1136/jech.21.3.122>

Kim, J., Kang, S. and Kang, H. (2023) 'Normal-Weight Obesity and Metabolic Syndrome in Korean Adults: A Population-Based Cross-Sectional Study', *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(16), 2303. <https://doi.org/10.3390/healthcare11162303>

Kissebah, A.H. *et al.* (1982) 'Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity', *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 54(2), 254–260. <https://doi.org/10.1210/jcem-54-2-254>

*Klein, S. *et al.* (2007) 'Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from shaping America's health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, the Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association', *Diabetes care*, 30(6). <https://doi.org/10.2337/dc07-9921>.

Klopfenstein, B.J. *et al.* (2012) 'Comparison of 3 T MRI and CT for the measurement of visceral and subcutaneous adipose tissue in humans', *The British Journal of Radiology*, 85(1018), e826-830. <https://doi.org/10.1259/bjr/57987644>

Ko, G.T. *et al.* (1999) 'Prediction of hypertension, diabetes, dyslipidaemia or albuminuria using simple anthropometric indexes in Hong Kong Chinese', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(11), 1136–1142. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801043>

Ko, G.T.C. *et al.* (2001) 'Lower BMI cut-off value to define obesity in Hong Kong Chinese: an analysis based on body fat assessment by bioelectrical impedance', *British Journal of Nutrition*, 85(2), 239–242. <https://doi.org/10.1079/BJN2000251>

*Komaroff, M. (2017) 'Historical review of developing body weight indices: meaning and purpose', *Advances in Obesity, Weight Management & Control*, Volume 6(Issue 6). <https://doi.org/10.15406/aowmc.2017.06.00177>

Kooy, K.V.D. *et al.* (1993) 'Waist-hip ratio is a poor predictor of changes in visceral fat', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 327–333. <https://doi.org/10.1093/ajcn/57.3.327>

*Kyle, U.G. *et al.* (2004a) 'Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods', *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>

*Kyle, U.G. *et al.* (2004b) 'Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice', *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(6), 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>

Lapidus, L. *et al.* (1984) 'Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: a 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden.', *Br Med J (Clin Res Ed)*, 289(6454), 1257–1261. <https://doi.org/10.1136/bmj.289.6454.1257>

Larsson, B. *et al.* (1984) 'Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913.', *Br Med J (Clin Res Ed)*, 288(6428), 1401–1404. <https://doi.org/10.1136/bmj.288.6428.1401>

Laskey, M.A. (1996) 'Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition', *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 12(1), 45–51. [https://doi.org/10.1016/0899-9007\(95\)00017-8](https://doi.org/10.1016/0899-9007(95)00017-8)

Lean, M.E., Han, T.S. and Morrison, C.E. (1995) 'Waist circumference as a measure for indicating need for weight management', *BMJ (Clinical research ed.)*, 311(6998), 158–161. <https://doi.org/10.1136/bmj.311.6998.158>

Lean, M.E.J. *et al.* (2019) 'Durability of a primary care-led weight-management intervention for remission of type 2 diabetes: 2-year results of the DiRECT open-label, cluster-randomised trial', *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*, 7(5), 344–355. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30068-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30068-3)

- Lear, S.A. *et al.* (2007) 'Visceral adipose tissue accumulation differs according to ethnic background: results of the Multicultural Community Health Assessment Trial (M-CHAT)', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(2), 353–359. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.353>
- Lee, G., Choi, S. and Park, S.M. (2021) 'Association of waist circumference with muscle and fat mass in adults with a normal body mass index', *Nutrition Research and Practice*, 15(5), 604–612. <https://doi.org/10.4162/nrp.2021.15.5.604>
- Lemieux, S. *et al.* (1996) 'A single threshold value of waist girth identifies normal-weight and overweight subjects with excess visceral adipose tissue', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(5), 685–693. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.5.685>
- Li, W.-C. *et al.* (2013) 'Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 Taiwanese adults', *European Journal of Nutrition*, 52(1), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0286-0>
- Lin, W.-Y. *et al.* (2002) 'Optimal cut-off values for obesity: using simple anthropometric indices to predict cardiovascular risk factors in Taiwan', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 26(9), 1232–1238. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802040>
- Lukaski, H.C. *et al.* (1985) 'Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 41(4), 810–817. <https://doi.org/10.1093/ajcn/41.4.810>
- Luke, A. *et al.* (1997) 'Relation between body mass index and body fat in black population samples from Nigeria, Jamaica, and the United States', *American Journal of Epidemiology*, 145(7), 620–628. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009159>
- Luppino, F.S. *et al.* (2010) 'Overweight, obesity, and depression: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies', *Archives of General Psychiatry*, 67(3), 220–229. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2010.2>
- Magkos, F. *et al.* (2016) 'Effects of Moderate and Subsequent Progressive Weight Loss on Metabolic Function and Adipose Tissue Biology in Humans with Obesity', *Cell Metabolism*, 23(4), 591–601. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.02.005>
- Malavolti, M. *et al.* (2003) 'Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21–82 years', *Annals of Human Biology*, 30(4), 380–391. <https://doi.org/10.1080/0301446031000095211>
- Malik, V.S. *et al.* (2013) 'Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(4), 1084–1102. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.058362>
- Mansour, A.A. and Al-Jazairi, M.I. (2007) 'Cut-off values for anthropometric variables that confer increased risk of type 2 diabetes mellitus and hypertension in Iraq', *Archives of Medical Research*, 38(2), 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2006.09.014>
- Marques-Vidal, P. *et al.* (2008) 'Prevalence of normal weight obesity in Switzerland: effect of various definitions', *European Journal of Nutrition*, 47(5), 251–257. <https://doi.org/10.1007/s00394-008-0719-6>
- Masuzaki, H. *et al.* (1995) 'Human obese gene expression. Adipocyte-specific expression and regional differences in the adipose tissue', *Diabetes*, 44(7), 855–858. <https://doi.org/10.2337/diab.44.7.855>
- Mazic, S. *et al.* (2009) 'Overweight in trained subjects - are we looking at wrong numbers? (Body mass index compared with body fat percentage in estimating overweight in athletes.)', *General Physiology and Biophysics*, 28 Spec No, 200–204. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19893101>
- McLester, C.N. *et al.* (2020) 'Reliability and Agreement of Various InBody Body Composition Analyzers as Compared to Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Healthy Men and Women', *Journal of Clinical Densitometry: The Official Journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 23(3), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.10.008>

- Meseri, R., Ucku, R. and Unal, B. (2014) ‘Waist:height ratio: a superior index in estimating cardiovascular risks in Turkish adults’, *Public Health Nutrition*, 17(10), 2246–2252. <https://doi.org/10.1017/S136898001300267X>
- *Messina, C. *et al.* (2020) ‘Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools’, *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(8), 1687–1698. <https://doi.org/10.21037/qims.2020.03.02>
- Misra, A. *et al.* (2006) ‘Waist circumference cutoff points and action levels for Asian Indians for identification of abdominal obesity’, *International Journal of Obesity (2005)*, 30(1), 106–111. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803111>
- *Mohajan, D. and Mohajan, H.K. (2023a) ‘Body Mass Index (BMI) is a Popular Anthropometric Tool to Measure Obesity Among Adults’, *Journal of Innovations in Medical Research*, 2(4), 25–33. <https://www.paradigmpress.org/jimr/article/view/578>
- *Mohajan, D. and Mohajan, H.K. (2023b) ‘Ponderal Index: An Important Anthropometric Indicator for Physical Growth’, *Journal of Innovations in Medical Research*, 2(6), 15–19. <https://www.paradigmpress.org/jimr/article/view/630>
- Mohammadian Khonsari, N. *et al.* (2022) ‘Normal Weight Obesity and Cardiometabolic Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis’, *Frontiers in Endocrinology*, 13, 857930. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.857930>
- Montague, C.T. *et al.* (1997) ‘Congenital leptin deficiency is associated with severe early-onset obesity in humans’, *Nature*, 387(6636), 903–908. <https://doi.org/10.1038/43185>
- Monteiro, C.A. *et al.* (2011) ‘Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil’, *Public Health Nutrition*, 14(1), 5–13. <https://doi.org/10.1017/S1368980010003241>
- Moubarac, J.-C. *et al.* (2013) ‘Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada’, *Public Health Nutrition*, 16(12), 2240–2248. <https://doi.org/10.1017/S1368980012005009>
- Nakamura, K. *et al.* (2007) ‘Medical costs of obese Japanese: a 10-year follow-up study of National Health Insurance in Shiga, Japan’, *European Journal of Public Health*, 17(5), 424–429. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckl271>
- Nevill, A.M. *et al.* (2023) ‘“At risk” waist-to-height ratio cut-off points recently adopted by NICE and US Department of Defense will unfairly penalize shorter adults. What is the solution?’, *Obesity Research & Clinical Practice*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2023.01.002>
- Nevill, A.M. and Metsios, G.S. (2015) ‘The need to redefine age- and gender-specific overweight and obese body mass index cutoff points’, *Nutrition & Diabetes*, 5(11), e186–e186. <https://doi.org/10.1038/nutd.2015.36>
- *NIBIB (2022a) *Computed Tomography (CT)*, National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/computed-tomography-ct> (Accessed: 15 April 2025)
- *NIBIB (2022b) *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*, National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri> (Accessed: 15 April 2025)
- Nielsen, S.J., Siega-Riz, A.M. and Popkin, B.M. (2002) ‘Trends in energy intake in U.S. between 1977 and 1996: similar shifts seen across age groups’, *Obesity Research*, 10(5), 370–378. <https://doi.org/10.1038/oby.2002.51>
- Ohlson, L.O. *et al.* (1985) ‘The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus. 13.5 years of follow-up of the participants in the study of men born in 1913’, *Diabetes*, 34(10), 1055–1058. <https://doi.org/10.2337/diab.34.10.1055>
- Okunogbe, A. *et al.* (2022) ‘Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 countries’, *BMJ global health*, 7(9), e009773. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-009773>
- Ouyang, Y. *et al.* (2015) ‘Use of quantile regression to investigate changes in the body mass index distribution of Chinese adults aged 18–60 years: A longitudinal study Biostatistics and methods’, *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1606-8>

- Park, S.-H. *et al.* (2009) 'Waist circumference and waist-to-height ratio as predictors of cardiovascular disease risk in Korean adults', *Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society*, 73(9), 1643–1650. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-09-0161>
- Paz-Filho, G. *et al.* (2010) 'Congenital leptin deficiency: diagnosis and effects of leptin replacement therapy', *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 54, 690–697. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302010000800005>
- Peeters, A. *et al.* (2003) 'Obesity in adulthood and its consequences for life expectancy: a life-table analysis', *Annals of Internal Medicine*, 138(1), 24–32. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-138-1-200301070-00008>
- Penny, P. *et al.* (2024) 'Evaluation of body mass index, ponderal index, visceral cross-sectional area, subcutaneous fat cross-sectional area, and liver volume as predictive factors for obesity-related comorbidities: a retrospective cohort study', *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 28(9), 1420–1423. <https://doi.org/10.1016/j.gassur.2024.06.002>
- Pereira, M.A. *et al.* (2005) 'Fast-food habits, weight gain, and insulin resistance (the CARDIA study): 15-year prospective analysis', *Lancet (London, England)*, 365(9453), 36–42. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)17663-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)17663-0)
- Pescatori, L.C. *et al.* (2019) 'Quantification of visceral adipose tissue by computed tomography and magnetic resonance imaging: reproducibility and accuracy', *Radiologia Brasileira*, 52(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2017.0211>
- Peterson, C.M. *et al.* (2017) 'Tri-Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence', *JAMA Pediatrics*, 171(7), 629–636. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.0460>
- Piers, L.S. *et al.* (2003) 'Relation of adiposity and body fat distribution to body mass index in Australians of Aboriginal and European ancestry', *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(8), 956–963. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601630>
- Pischon, T. *et al.* (2008) 'General and abdominal adiposity and risk of death in Europe', *The New England Journal of Medicine*, 359(20), 2105–2120. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0801891>
- *Pi-Sunyer, F.X. (2000) 'Obesity: criteria and classification', *Proceedings of the Nutrition Society*, 59(4), 505–509. <https://doi.org/10.1017/S0029665100000732>
- *Popkin, B.M., Adair, L.S. and Ng, S.W. (2012) 'Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries', *Nutrition Reviews*, 70(1), 3–21. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
- Porto, L.G.G. *et al.* (2016) 'Agreement between BMI and body fat obesity definitions in a physically active population', *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 60, 515–525. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000220>
- Posner, R.A. and Philipson, T. (1999) 'The Long-Run Growth in Obesity as a Function of Technological Change'. Rochester, NY: Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.167008>
- Pouliot, M.C. *et al.* (1994) 'Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women', *The American Journal of Cardiology*, 73(7), 460–468. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(94\)90676-9](https://doi.org/10.1016/0002-9149(94)90676-9)
- Prentice, A.M. and Jebb, S.A. (1995) 'Obesity in Britain: gluttony or sloth?', *BMJ (Clinical research ed.)*, 311(7002), 437–439. <https://doi.org/10.1136/bmj.311.7002.437>
- *Prentice, A.M. and Jebb, S.A. (2001) 'Beyond body mass index', *Obesity Reviews*, 2(3), 141–147. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x>
- Provencher, M.T. *et al.* (2018) 'Body Mass Index Versus Body Fat Percentage in Prospective National Football League Athletes: Overestimation of Obesity Rate in Athletes at the National Football League Scouting Combine', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 1013–1019. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002449>
- *Puhl, R.M. and Brownell, K.D. (2003) 'Psychosocial origins of obesity stigma: toward changing a powerful and pervasive bias', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 4(4), 213–227. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2003.00122.x>

- Ramírez-Vélez, R. *et al.* (2018) 'Tri-Ponderal Mass Index vs. Fat Mass/Height³ as a Screening Tool for Metabolic Syndrome Prediction in Colombian Children and Young People', *Nutrients*, 10(4), 412. <https://doi.org/10.3390/nu10040412>
- Rangel-Baltazar, E. *et al.* (2023) 'Short Stature Modifies the Waist-to-height Ratio cut-off Points as an Indicator of Cardiovascular Risk in Mexican Adult Women and Men', *Archives of Medical Research*, 54(5), 102839. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2023.06.004>
- Rodgers, A. *et al.* (2018) 'Prevalence trends tell us what did not precipitate the US obesity epidemic', *The Lancet Public Health*, 3(4), e162–e163. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(18\)30021-5](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(18)30021-5)
- Romero-Corral, A. *et al.* (2008) 'Accuracy of Body Mass Index to Diagnose Obesity In the US Adult Population', *International journal of obesity (2005)*, 32(6), 959–966. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.11>
- Romero-Corral, A. *et al.* (2010) 'Normal weight obesity: a risk factor for cardiometabolic dysregulation and cardiovascular mortality', *European Heart Journal*, 31(6), 737–746. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp487>
- Romieu, I. *et al.* (2017) 'Energy balance and obesity: what are the main drivers?', *Cancer causes & control: CCC*, 28(3), 247–258. <https://doi.org/10.1007/s10552-017-0869-z>
- Roriz, A.K.C. *et al.* (2014) 'Evaluation of the accuracy of anthropometric clinical indicators of visceral fat in adults and elderly', *PLoS One*, 9(7), e103499. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103499>
- Ross, R. *et al.* (2008) 'Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference?', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 9(4), 312–325. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00411.x>
- *Ross, R. *et al.* (2020) 'Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity', *Nature Reviews. Endocrinology*, 16(3), 177–189. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0310-7>
- Roth, J.V. (2018) 'Taller people should have Higher BMI's and Blood Pressure Measurements as their Normal', *ResearchGate*. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2018.06.001381>
- Rush, E. *et al.* (2004) 'Body size, body composition, and fat distribution: a comparison of young New Zealand men of European, Pacific Island, and Asian Indian ethnicities', *The New Zealand Medical Journal*, 117(1207), U1203. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15608799>
- Rush, E.C. *et al.* (2007) 'BMI, fat and muscle differences in urban women of five ethnicities from two countries', *International Journal of Obesity (2005)*, 31(8), 1232–1239. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803576>
- Rush, E.C., Freitas, I. and Plank, L.D. (2009) 'Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults', *The British Journal of Nutrition*, 102(4), 632–641. <https://doi.org/10.1017/S0007114508207221>
- Sahakyan, K.R. *et al.* (2015) 'Normal-Weight Central Obesity: Implications for Total and Cardiovascular Mortality', *Annals of Internal Medicine*, 163(11), 827–835. <https://doi.org/10.7326/M14-2525>
- *Sanyal, A.J. (2019) 'Past, present and future perspectives in nonalcoholic fatty liver disease', *Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology*, 16(6), 377–386. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0144-8>
- Savva, S.C., Lamnisos, D. and Kafatos, A.G. (2013) 'Predicting cardiometabolic risk: waist-to-height ratio or BMI. A meta-analysis', *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 6, 403–419. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S34220>
- Scherrer, U. *et al.* (1994) 'Body fat and sympathetic nerve activity in healthy subjects', *Circulation*, 89(6), 2634–2640. <https://doi.org/10.1161/01.cir.89.6.2634>
- Schneider, H.J. *et al.* (2011) 'Measuring abdominal obesity: effects of height on distribution of cardiometabolic risk factors risk using waist circumference and waist-to-height ratio', *Diabetes Care*, 34(1), e7. <https://doi.org/10.2337/dc10-1794>.

- Schröder, H. *et al.* (2007) 'Association of fast food consumption with energy intake, diet quality, body mass index and the risk of obesity in a representative Mediterranean population', *The British Journal of Nutrition*, 98(6), 1274–1280. <https://doi.org/10.1017/S0007114507781436>
- Schwartz, A.R. *et al.* (2008) 'Obesity and obstructive sleep apnea: pathogenic mechanisms and therapeutic approaches', *Proceedings of the American Thoracic Society*, 5(2), 185–192. <https://doi.org/10.1513/pats.200708-137MG>
- Senn, J.J. *et al.* (2003) 'Suppressor of cytokine signaling-3 (SOCS-3), a potential mediator of interleukin-6-dependent insulin resistance in hepatocytes', *The Journal of Biological Chemistry*, 278(16), 13740–13746. <https://doi.org/10.1074/jbc.M210689200>
- Shafer, K.J. *et al.* (2009) 'Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes', *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 25(1), 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.07.004>
- Shah, N.R. and Braverman, E.R. (2012) 'Measuring Adiposity in Patients: The Utility of Body Mass Index (BMI), Percent Body Fat, and Leptin', *PLOS ONE*, 7(4), e33308. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033308>
- Shen, W. *et al.* (2006) 'Waist circumference correlates with metabolic syndrome indicators better than percentage fat', *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 14(4), 727–736. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.83>
- Shimokata, H. *et al.* (1989) 'Studies in the distribution of body fat: I. Effects of age, sex, and obesity', *Journal of Gerontology*, 44(2), M66-73. <https://doi.org/10.1093/geronj/44.2.m66>
- Silver, H.J. *et al.* (2010) 'Imaging body composition in obesity and weight loss: challenges and opportunities', *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 3, 337–347. <https://doi.org/10.2147/DMSOTT.S9454>
- Sinha, M.K. *et al.* (1996) 'Evidence of free and bound leptin in human circulation. Studies in lean and obese subjects and during short-term fasting', *Journal of Clinical Investigation*, 98(6), 1277–1282
- Smalley, K. *et al.* (1990) 'Reassessment of body mass indices', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 52(3), 405–408. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.3.405>
- Söderberg, S. *et al.* (1999) 'Leptin is a risk marker for first-ever hemorrhagic stroke in a population-based cohort', *Stroke*, 30(2), 328–337. <https://doi.org/10.1161/01.str.30.2.328>
- Song, X. *et al.* (2013) 'Comparison of various surrogate obesity indicators as predictors of cardiovascular mortality in four European populations', *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(12), 1298–1302. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.203>
- *Stevens, J., Katz, E.G. and Huxley, R.R. (2010) 'Associations between gender, age and waist circumference', *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 6–15. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.101>
- Strazzullo, P. *et al.* (2010) 'Excess body weight and incidence of stroke: meta-analysis of prospective studies with 2 million participants', *Stroke*, 41(5), e418-426. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.576967>
- Suter, P.M. *et al.* (1998) 'Is there a role for the ob gene product leptin in essential hypertension?', *American Journal of Hypertension*, 11(11 Pt 1), 1305–1311. [https://doi.org/10.1016/s0895-7061\(98\)00162-9](https://doi.org/10.1016/s0895-7061(98)00162-9)
- Swainson, M.G. *et al.* (2017) 'Prediction of whole-body fat percentage and visceral adipose tissue mass from five anthropometric variables', *PloS One*, 12(5), e0177175. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177175>
- Taaffe, D.R., Lewis, B. and Marcus, R. (1994) 'Regional fat distribution by dual-energy X-ray absorptiometry: comparison with anthropometry and application in a clinical trial of growth hormone and exercise', *Clinical Science (London, England: 1979)*, 87(5), 581–586. <https://doi.org/10.1042/cs0870581>
- Tabák, A.G. *et al.* (2009) 'Trajectories of glycaemia, insulin sensitivity, and insulin secretion before diagnosis of type 2 diabetes: an analysis from the Whitehall II study', *Lancet (London, England)*, 373(9682), 2215–2221. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60619-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60619-X)

Tartaglia, L.A. *et al.* (1995) 'Identification and expression cloning of a leptin receptor, OB-R', *Cell*, 83(7), 1263–1271. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(95\)90151-5](https://doi.org/10.1016/0092-8674(95)90151-5)

Tatsumi, Y. *et al.* (2013) 'BMI percentile curves for Japanese men and women aged 20–79 years who underwent a health check-up in 1980 and 2005', *Obesity Research & Clinical Practice*, 7(5), e401–406. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2012.05.004>

*Thompson, D. and Wolf, A.M. (2001) 'The medical-care cost burden of obesity', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 2(3), 189–197. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00037.x>

Tjeertes, E. *et al.* (2017) 'The new body mass index formula; not validated as a predictor of outcome in a large cohort study of patients undergoing general surgery', *Clinical Nutrition ESPEN*, 22, 24–27. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.09.005>

Toth, M.J. *et al.* (2000) 'Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution', *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(2), 226–231. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801118>

*Trayhurn, P. and Beattie, J.H. (2001) 'Physiological role of adipose tissue: white adipose tissue as an endocrine and secretory organ', *Proceedings of the Nutrition Society*, 60(3), 329–339. <https://doi.org/10.1079/PNS200194>

Trefethen, N. (2013) *New BMI (New Body Mass Index)*. <https://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/bmi.html> (Accessed: 1 October 2024)

Tuglo, L.S. (2022) 'Comparison of adiposity anthropometric indices and their associations with visceral fat levels determined by bioelectrical impedance analysis among diabetic patients', *Scientific Reports*, 12(1), 17824. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22848-z>

Ued, F. *et al.* (2024) 'Triponderal Mass Index rather than Body Mass Index in discriminating high adiposity in Brazilian children and adolescents', *Nutricion Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.05432>

Vague, J. (1956) 'The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 4(1), 20–34. <https://doi.org/10.1093/ajcn/4.1.20>

Verma, M. *et al.* (2016) 'Correlation between the percentage of body fat and surrogate indices of obesity among adult population in rural block of Haryana', *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 5(1), 154–159. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.184642>

Vikram, N.K. *et al.* (2016) 'Waist-to-Height Ratio Compared to Standard Obesity Measures as Predictor of Cardiometabolic Risk Factors in Asian Indians in North India', *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 14(10), 492–499. <https://doi.org/10.1089/met.2016.0041>

Vilar-Gomez, E. *et al.* (2015) 'Weight Loss Through Lifestyle Modification Significantly Reduces Features of Nonalcoholic Steatohepatitis', *Gastroenterology*, 149(2), 367–378.e5; e14–15. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.04.005>

Von Hippel, P. and Lynch, J. (2012) 'A simplified equation for adult BMI growth, and its use to adjust BMI for age', *International Journal of Epidemiology*, 41(3), 888–890. <https://doi.org/10.1093/ije/dys074>

Wallace, A.M. *et al.* (2001) 'Plasma leptin and the risk of cardiovascular disease in the west of Scotland coronary prevention study (WOSCOPS)', *Circulation*, 104(25), 3052–3056. <https://doi.org/10.1161/hc5001.101061>

Wang, H.-H. *et al.* (2014) 'The New Body Mass Index System in Predicting Renal Graft Outcomes', *Transplantation Proceedings*, 46(2), 346–348. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2013.12.029>

Wang, J. *et al.* (1994) 'Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60(1), 23–28. <https://doi.org/10.1093/ajcn/60.1.23>

- Wang, J. *et al.* (2003) 'Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(2), 379–384. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.2.379>
- Wang, X. *et al.* (2020) 'Role of tri-ponderal mass index in cardio-metabolic risk assessment in children and adolescents: compared with body mass index', *International Journal of Obesity (2005)*, 44(4), 886–894. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0416-y>
- Ware, L.J. *et al.* (2014) 'Evaluation of waist-to-height ratio to predict 5 year cardiometabolic risk in sub-Saharan African adults', *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 24(8), 900–907. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.02.005>
- Wellens, R.I. *et al.* (1996) 'Relationships Between the Body Mass Index and Body Composition', *Obesity Research*, 4(1), 35–44. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1996.tb00510.x>
- *Wells, J.C.K. (2007) 'Sexual dimorphism of body composition', *Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism*, 21(3), 415–430. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2007.04.007>
- WHO (1995) *Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee, World Health Organization Technical Report Series; 854*. <https://www.who.int/publications/i/item/9241208546> (Accessed: 25 February 2024)
- WHO (1998) *Obesity : preventing and managing the global epidemic : report of a WHO Consultation on Obesity, Geneva, 3-5 June 1997*. <https://iris.who.int/handle/10665/63854> (Accessed: 25 January 2025)
- WHO (2000a) *Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation*. <https://iris.who.int/handle/10665/42330> (Accessed: 23 March 2024)
- WHO (2000b) *The Asia-Pacific perspective : redefining obesity and its treatment*. <https://iris.who.int/handle/10665/206936> (Accessed: 15 December 2024)
- WHO (2008) *Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation*. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241501491> (Accessed: 16 September 2023)
- WHO (2023) *WHO acceleration plan to stop obesity*. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240075634> (Accessed: 23 March 2024)
- WHO (2024) *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Accessed: 23 March 2024)
- WHO expert consultation (2004) 'Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies', *Lancet (London, England)*, 363(9403), 157–163. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)15268-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)15268-3)
- WHO, The Global Health Observatory (2025) *Body mass index (BMI)*. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index> (Accessed: 4 March 2025)
- Wildman, R.P. *et al.* (2004) 'Appropriate body mass index and waist circumference cutoffs for categorization of overweight and central adiposity among Chinese adults', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1129–1136. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1129>
- Woolley, C. *et al.* (2019) 'The Effect of Age upon the Interrelationship of BMI and Inpatient Health Outcomes', *The journal of nutrition, health & aging*, 23(6), 558–563. <https://doi.org/10.1007/s12603-019-1206-x>
- Wu, C.-H. *et al.* (2007) 'Truncal fat in relation to total body fat: influences of age, sex, ethnicity and fatness', *International Journal of Obesity (2005)*, 31(9), 1384–1391. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803624>
- *Wu, Y., Li, D. and Vermund, S.H. (2024) 'Advantages and Limitations of the Body Mass Index (BMI) to Assess Adult Obesity', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(6), 757. <https://doi.org/10.3390/ijerph21060757>

- Yip, C. *et al.* (2015) 'Imaging body composition in cancer patients: visceral obesity, sarcopenia and sarcopenic obesity may impact on clinical outcome', *Insights into Imaging*, 6(4), 489–497. <https://doi.org/10.1007/s13244-015-0414-0>
- Yudkin, J.S. *et al.* (1999) 'C-reactive protein in healthy subjects: associations with obesity, insulin resistance, and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue?', *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 19(4), 972–978. <https://doi.org/10.1161/01.atv.19.4.972>
- Yusuf, S. *et al.* (2005) 'Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries: a case-control study', *Lancet (London, England)*, 366(9497), 1640–1649. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67663-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67663-5)
- Zamboni, M. *et al.* (1992) 'Relation of body fat distribution in men and degree of coronary narrowings in coronary artery disease', *The American Journal of Cardiology*, 70(13), 1135–1138. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(92\)90043-x](https://doi.org/10.1016/0002-9149(92)90043-x)
- Zhang, C. *et al.* (2008) 'Abdominal obesity and the risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: sixteen years of follow-up in US women', *Circulation*, 117(13), 1658–1667. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.739714>
- Zhang, Y. *et al.* (1994) 'Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue', *Nature*, 372(6505), 425–432. <https://doi.org/10.1038/372425a0>
- Zhang, Y. *et al.* (2019) 'Association between anthropometric indicators of obesity and cardiovascular risk factors among adults in Shanghai, China', *BMC public health*, 19(1), 1035. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7366-0>
- Zhao, W. *et al.* (2008) 'Economic burden of obesity-related chronic diseases in Mainland China', *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 9 Suppl 1, 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00440.x>
- Zhu, S. *et al.* (2002) 'Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(4), 743–749. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.4.743>