

Srovnání různých metod pro stanovení množství tuku v těle u žen s nadváhou a obezitou

R. Větrovská¹, Z. Lačňák², D. Haluzíková², P. Fábín¹, P. Hájek³, L. Horák³, M. Haluzík¹, Š. Svačina¹, M. Matoulek¹

¹ III. interní klinika 1. lékařské fakulty UK a VFN Praha, přednosta prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc., MBA

² Ústav tělovýchovného lékařství 1. lékařské fakulty UK a VFN Praha, přednosta doc. MUDr. Zdeněk Vilík, CSc.

³ VŠ TJ MEDICINA Praha, vedoucí lékař MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.

Souhrn: Úvod: Zjištění tělesného složení, resp. stanovení množství a rozložení tělesného tuku patří do základního klinického vyšetření obézního pacienta. Neexistují doporučené metody pro stanovení množství tuku u obézní populace. Cílem naší studie bylo srovnání nejčastěji užívaných metod v klinické praxi (metody multifrekvenční bioimpedanční analýzy – BIA pomocí přístrojů Bodystat, Omron a Tanita, metoda kaliperace) pro stanovení množství tělesného tuku u žen s nadváhou a obezitou s metodou referenční (DEXA). Dalším cílem pak bylo sestavení predikčních rovnic pro výpočet % tělesného tuku za použití dostupných metod. Metody: Studie se zúčastnilo 61 žen s nadváhou a obezitou (průměrný věk 48,6 let $\pm$ 13,9 let). Pro stanovení množství tuku v těle byly využity 4 terénní metody – bioimpedanční metoda s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat), bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod (přístroj Tanita), bioimpedanční metoda s využitím úchopu rukama (přístroj Omron) a antropometrické měření – metoda kaliperace. Tyto metody byly srovnány s metodou, která je považována za referenční – metoda celotělové denzitometrie (DEXA). Výsledky: Porovnání výsledků jednotlivých metod ukazuje, že naměřené hodnoty tělesného tuku se od sebe významně liší v závislosti na použité metodice. Na základě výsledků korelace bylo zjištěno, že s referenční metodou DEXA vykazuje nejvyšší vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ($r = 0,9096$, $p < 0,001$). Pro přesnější předpověď hodnot množství tělesného tuku pomocí zkoumaných metod byly vytvořeny predikční rovnice. Závěr: S využitím výše popsaných nově vytvořených predikčních rovnic se výsledky měření všemi metodami výrazně přiblíží referenční metodě DEXA. Zvláště pak metody BIA se ukázaly být relativně velmi přesné. Bylo by tedy vhodné další ověření těchto metod pro využití kontroly účinnosti redukčního programu u pacientek s nadváhou a obezitou.

Klíčová slova: obezita – nadváha – tělesné složení – DEXA – bioimpedance – predikční rovnice

Comparison of various methods of body fat analysis in overweight and obese women

Summary: Introduction: Body composition assessment and determination of the amount and distribution of body fat, respectively, form an essential part of the basic clinical assessment of an obese patient. However, there are no recommended methods to determine the amount of fat in obese population. The aim of our study was to compare the methods most frequently used to determine the amount of body fat in overweight and obese women in clinical practice (multi-frequency bio-electrical impedance analysis – BIA using the Bodystat, Omron and Tanita machines and the skinfold test using a calliper) with a reference method (DEXA). The study further aimed to compile prediction formulae enabling clinicians to calculate the percentage of body fat when using the available body fat measurement techniques. Methods: The study included 61 overweight and obese women (mean age 48.6 years $\pm$ 13.9 years). Four practice-based body fat assessment methods were used – bioimpedance technique with tetra-polar electrode arrangement (Bodystat machine), bioimpedance technique with bi-pedal electrode arrangement (Tanita machine), hand-held bioimpedance technique (Omron machine) and the anthropometry assessment – the skinfold calliper technique. These methods were compared to the method considered as the reference – the whole body densitometry (DEXA). Results: The results obtained using the listed body fat assessment methods suggest that the resulting body fat measurements differ importantly depending on the method used. The highest correlation with DEXA was found for the Bodystat BIA ($r = 0.9096$, $p < 0.001$). Prediction formulae were constructed for a more accurate calculation of body fat content when using the techniques evaluated in the present study. Conclusion: When the newly compiled formulae are employed, the body fat assessment obtained with any of the methods applied in the present study will approximate DEXA. The BIA techniques were found to be particularly precise. Therefore, further evaluation of these techniques is recommendable to support their use as methods for monitoring the efficacy of weight reduction programmes in overweight and obese patients.

Key words: obesity – overweight – body composition – DEXA – bioimpedance – prediction equations

Úvod

Obezita se stává nejčastější metabolickou chorobou posledních desetiletí. Řadí se mezi závažná civilizační onemocnění, která vznikají v důsledku kombinace vrozené dispozice a relativní převahy energetického příjmu nad

energetickým výdejem. Prevalence a incidence obezity nabývá v posledních letech charakteru celosvětové epidemie [1,2].

Obezita zvyšuje riziko výskytu metabolických, kardiovaskulárních a některých nádorových onemocnění. Dalšími

komplikacemi souvisejícími s obezitou jsou degenerativní onemocnění pohybového aparátu i psychické poruchy. Světová zdravotnická organizace vyzývá k zavedení opatření vedoucích k prevenci, kontrole a zvrácení negativního trendu v obezitě [3].

Tab. 1. Charakteristika vybraného souboru.

	Průměr hodnota	Směrodatná odchylka
věk (roky)	48,6	13,9
výška (cm)	163,6	5,8
hmotnost (kg)	87,2	14,9
BMI (kg/m ²)	32,6	5,6
obvod pasu (cm)	96,8	12,7
obvod boků (cm)	116,3	10,9
% tělesného tuku (DEXA)	39,6	5,9

V současné době se v klinické praxi k diagnostice nadváhy a obezity využívá především klasifikace pomocí indexu tělesné hmotnosti (BMI – body mass index). BMI (v kg/m²) však neodráží přesný podíl tuku a tukuprosté hmoty. Právě celkové množství tuku a jeho rozložení v těle hraje, dle epidemiologických studií, významnější úlohu ve výskytu přidružených metabolických komplikací [4].

Ve srovnání s klasifikací dle BMI má množství tělesného tuku větší vypovídací schopnost a je těsněji spjato se zdravotními riziky provázejícími obezitou. V současné době je také velký zájem o sledování změn v tělesném složení a v distribuci tuku během různých redukčních režimů v rámci léčby obezity [3–5].

Stanovení tělesného složení, resp. stanovení množství a rozložení tělesného tuku, patří do základního klinického vyšetření obézního pacienta. Byla proto vyvinuta řada metod, které se od sebe liší jak přístrojovou a personální náročností, tak i přesností stanovení sledovaných dat a jejich interpretací [4,6,7]. Jako zlatý standard je dnes uznávána metoda celotělové denzitometrie – DEXA (duální rentgenová absorpciometrie) [12,13]. Heyvard uvádí metodiku DEXA jako jednu ze tří referenčních metod (vedle podvodního vážení a měření tělesné vody izotopy uhlíku) [6,8]. Tato i ostatní metody, které jsou považovány za referenční, jsou však v našich podmínkách omezeně dostupné a pro pacienta zatěžující. Je proto snaha využívat metody, které mají sice sníženou přesnost, ale jsou použitelné i v terénu [3,9].

Cílem naší studie bylo porovnat čtyři metody v klinické praxi dostupnější (metoda antropometrická – kaliperace a metody založené na vodivosti těla – bioimpedanční analýza pomocí přístrojů Omron, Tanita a Bodystat) s metodou DEXA a najít metodu, která se co nejvíce blíží metodě DEXA a zároveň je využitelná v terénu pro měření osob s nadváhou a obezitou. Na základě výsledků jsme se pak pokusili sestavit vhodné predikční rovnice pro tuto kategorii osob.

Měření množství tukové tkáně může sloužit pro stanovení kardiovaskulárních a metabolických rizik při jednorázovém vyšetření pacienta, tak i ke kontrole účinnosti redukčního programu při opakovaném měření [4,10]. Stanovení množství tělesného tuku je také, jak usuzujeme z dosavadních zkušeností a praxe v Rekondičním centru VŠ TJ MEDICINA Praha pro osoby s nadváhou a obezitou, významným motivačním prvkem pro adherenci pacientů v léčebném programu. Tato motivace může být zvláště důležitá v prvních týdnech redukčního pohybového programu, kdy ještě mnohdy nelze pozorovat váhový úbytek, ale již může docházet ke změnám v tělesném složení ve smyslu úbytku tukové tkáně a mírnému přírůstku tukuprosté tělesné hmoty. I proto se jeví nalezení co nejdostupnější, ale přesto co nejpřesnější metody pro hodnocení složení těla jako významné pro možnost ovlivnění compliance pacientů s nadváhou a obezitou.

Soubor vyšetřených a metodika

Zkoumaný soubor tvořilo 61 žen s nadváhou a obezitou. Probandi byli dob-

rovolníci z řad klientů, kteří navštěvují Rekondiční centrum VŠ TJ MEDICINA Praha a kteří souhlasili s absolvováním uvedených vyšetřovacích metod.

Průměrný věk žen ze souboru byl $48,6 \pm 13,9$ let. Průměrná hodnota BMI účastnic byla $32,6 \pm 5,6$ kg·m⁻² a dle klasifikace obezity podle BMI bylo 31 % žen s nadváhou, zbytek tvořily ženy obézní. Zkoumaným osobám byla měřena výška, hmotnost, obvod pasu a boků, vypočteno BMI a stanoveno procento tělesného tuku pomocí následujících metod: bioimpedanční metoda s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat QuadScan 4000), bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod (přístroj Tanita TBF 410), bioimpedanční metoda s využitím úchopu rukama (přístroj Omron BF 306), antropometrické měření kaliperem typu Besta a metoda celotělové denzitometrie (DEXA – HOLOGIC, model QDR 4500A S/N 45125).

Všichni probandi byli vyšetřováni v laboratořích Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF UK a VFN Praha. Testování metodou DEXA probíhalo v Osteocentru III. interní kliniky 1. LF UK a VFN Praha. Měření probíhalo v odpoledních hodinách a dané metody zajišťovala vždy stejná osoba. Všechna měření probíhala v krátkém časovém sledu, abychom zabránili možným změnám v hydrataci organismu, které by se odrazily zvláště při měření BIA metodami. Probandi byli poučeni o tom, že 24 hod před testováním nesmí pít alkohol a silnou černou kávu, 12 hod před testováním nesmí vykonávat žádnou náročnou pohybovou aktivitu a 2 hod před testováním a během testování nesmí jíst ani pít větší množství tekutin [3].

Statistická analýza byla provedena pomocí programu Microsoft Office Excel XP Professional a statistického programu EvIEWS 4.1.

Pro porovnání výsledků měření jednotlivými metodami byla použita korelační analýza, stanoven koeficient korelace (R).

Tab. 2. Korelační matice.

	věk	výška	hmotnost	pas	boky	BMI	Bodystat	Omron	Kaliper	Tanita	DEXA
věk	1	-0,3166	0,2286	0,4985	0,3064	0,3596	0,6732	0,7028	0,4084	0,5643	0,4975
výška	-0,3166	1	0,2085	-0,0865	-0,0306	-0,2178	-0,2869	-0,2784	-0,1595	-0,0598	-0,2066
hmotnost	0,2286	0,2085	1	0,8454	0,9017	0,9073	0,7422	0,7513	0,8320	0,8162	0,7640
pas	0,4985	-0,0865	0,8454	1	0,8211	0,8799	0,8654	0,8527	0,8558	0,8774	0,7634
boky	0,3064	-0,0306	0,9017	0,8211	1	0,9114	0,7894	0,7760	0,8333	0,8048	0,8072
BMI	0,3596	-0,2178	0,9073	0,8799	0,9114	1	0,8615	0,8658	0,8962	0,8448	0,8484
Bodystat	0,6732	-0,2869	0,7422	0,8654	0,7894	0,8615	1	0,9629	0,8671	0,9154	0,9096
Omron	0,7028	-0,2784	0,7513	0,8527	0,7760	0,8658	0,9629	1	0,8661	0,9085	0,8988
Kaliper	0,4084	-0,1595	0,8320	0,8558	0,8333	0,8962	0,8671	0,8661	1	0,8291	0,8942
Tanita	0,5643	-0,0598	0,8162	0,8774	0,8048	0,8448	0,9154	0,9085	0,8291	1	0,8578
DEXA	0,4975	-0,2066	0,7640	0,7634	0,8072	0,8484	0,9096	0,8988	0,8942	0,8578	1

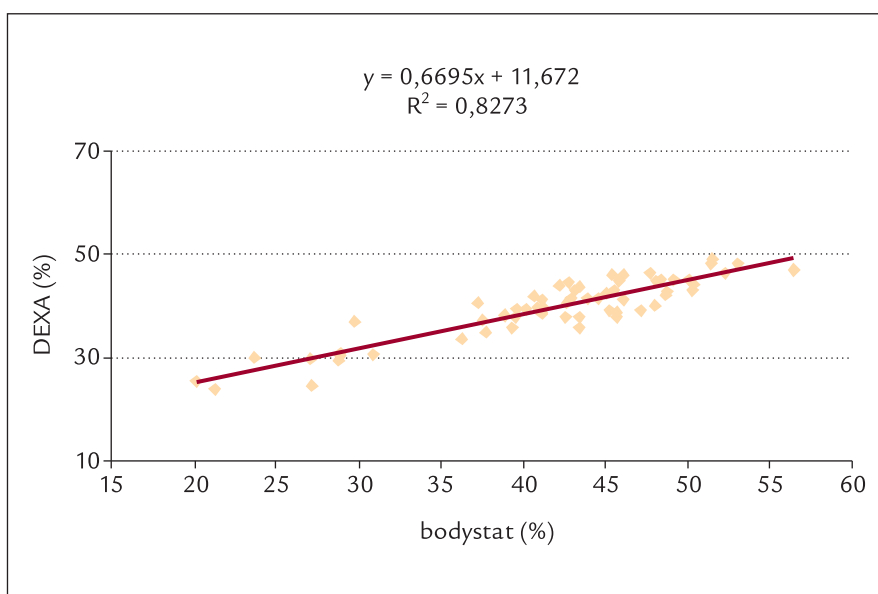
Predikční rovnice pro stanovení procenta tělesného tuku pro kategorii žen s nadváhou a obezitou byla sestavena pomocí mnohonásobné regrese s využitím referenční DEXA metody. Jako prediktory byly použity antropometrické parametry, věk a naměřené hodnoty jednotlivých metod. Jako kritérium statistické významnosti byl použit koeficient determinace (R^2) a hladina spolehlivosti (p - value) [17].

Výsledky

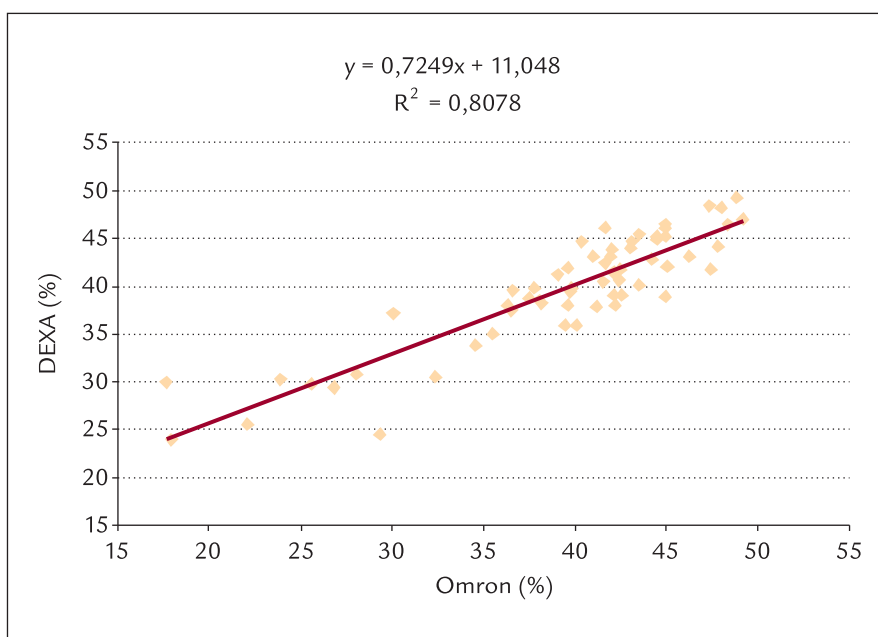
Tab. 1 udává podrobnější charakteristiku souboru žen, které se účastnily studie.

Zjistili jsme, že výsledky jednotlivých metod se výrazně liší od výsledků metody DEXA a zároveň, že jsou poměrně značné rozdíly mezi jednotlivými metodami. Mezi měřením metodou DEXA a přístrojem Bodystat byl rozdíl v rozmezí od -9,6 do 7,4%, mezi DEXA a Omron od -6,1 do 12,3%, mezi DEXA a Tanita od -6,5 do 12,8% a mezi DEXA a kaliperací od -1,5 do 8,8% tělesného tuku.

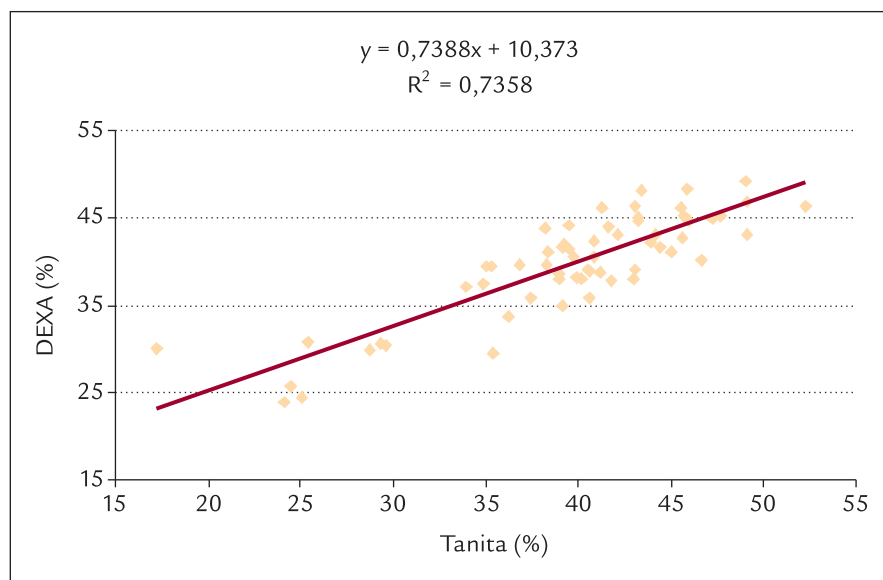
Pro zjištění míry lineární závislosti naměřených hodnot použitými metodami jsme využili korelační analýzu (tab. 2). Čím více se koeficient korelace (Pearsonův korelační koeficient) v absolutní hodnotě blíží jedničce, tím více jsou jednotlivé parametry vzájemně v korelaci, a tedy lineárně závislé. Pro náš výzkum je důležitá lineární závislost jednotlivých parametrů na korelačním koeficientu metody DEXA. Dle



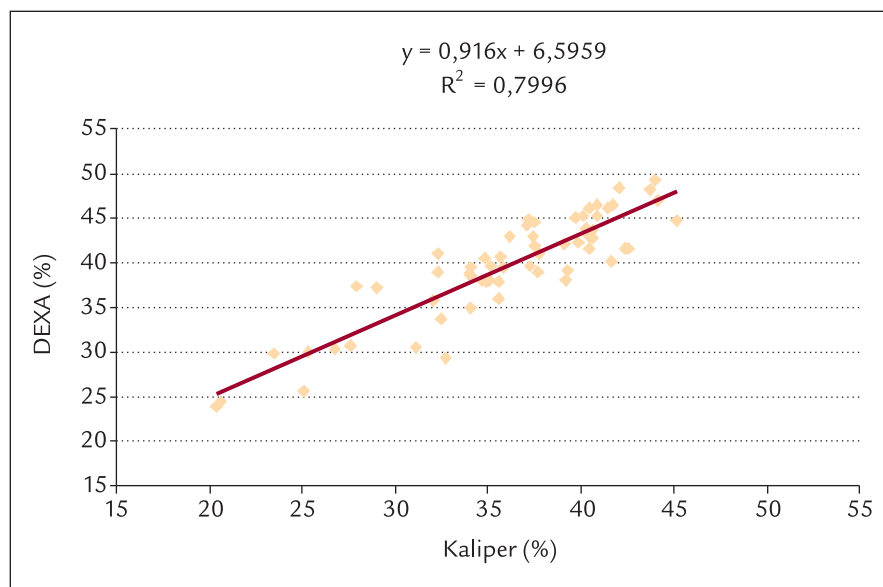
Graf 1. Lineární závislost DEXA na Bodystatu.



Graf 2. Lineární závislost DEXA na Omronu.



Graf 3. Lineární závislost DEXA na Tanitě.



Graf 4. Lineární závislost DEXA na kaliperaci.

korelační matice vykazuje s touto referenční metodou nejvyšší vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ($r = 0,9096$, $p < 0,001$). Pro

porovnání lineárních závislostí jednotlivých parametrů jsme do korelační matice zahrnuli všechna vstupní data.

U každé z použitých metod měření množství tuku se sledovala lineární závislost na referenční metodě DEXA. Byly vytvořeny grafy lineární závislosti (graf 1–4). Prověřovali jsme také ostatní závislosti, tj. exponenciální, logaritmické a mocninné. Zjistili jsme však, že koeficient determinace se od lineární závislosti výrazně neliší, proto jsme se rozhodli v našem výzkumu využít lineární závislost, která je pro výpočet a interpretaci nejjednodušší a k našim účelům dostačující.

Pro každou použitou metodu/přístroj byla vytvořena pomocí mnohonásobné regrese predikční rovnice. Naším cílem bylo dosáhnout co nejvyššího koeficientu determinace pro co nejpřesnější odhad metody DEXA. Po zadání všech dostupných parametrů byly vyřazeny parametry s hodnotou spolehlivosti vyšší než 0,05. Ze zbylých parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace R^2 .

Graf 1 ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Bodystat a referenční metody DEXA.

Graf 2 ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Omron a referenční metody DEXA.

Graf 3 ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Tanita a referenční metody DEXA.

Graf 4 ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí kaliperace a referenční metody DEXA.

Tab. 3 shrnuje predikční rovnice s již dosazenými koeficienty pro použité metodiky. V tab. 3 jsou uvedeny koe-

Tab. 3. Predikční rovnice pro jednotlivé metodiky.

Metoda	Predikční rovnice: % tuku =	R	R^2	S.E. of reg.
Bodystat	$14,6472 + 0,7181 \times \text{BS (\%)} + 0,1505 \times \text{hmotnost (kg)} - 0,1872 \times \text{pas (cm)}$	0,9330	0,8706	2,6348
Omron	$0,549633 \times \text{Omron (\%)} + 0,154366 \times \text{boky (cm)}$	0,9155	0,8381	2,4026
Tanita	$62,8900 + 0,5696 \times \text{Tanita (\%)} + 0,2166 \times \text{hmotnost (kg)} - 0,1423 \times \text{pas (cm)} - 0,3112 \times \text{výška (cm)}$	0,9029	0,8152	2,6349
Kaliper	$33,82948 + 0,696263 \times \text{kal (\%)} + 0,100504 \times \text{věk (roky)} + 0,184443 \times \text{hmotnost (kg)} - 0,159673 \times \text{pas (cm)} - 0,151710 \times \text{výška (cm)}$	0,9222	0,8505	2,3911

BS – množství tuku naměřené přístrojem Bodystat, boky – obvod boků, kal – množství tuku naměřené pomocí kaliperace, Omron – množství tuku naměřené přístrojem Omron, pas – obvod pasu, Tanita – množství tuku naměřené přístrojem Tanita

ficienty korelace (R), determinace (R^2) a standardní chyba odhadu regrese (S.E. of reg.), pro všechny koeficienty bylo $p < 0,001$.

Největší shody s kontrolní DEXA metodou bylo dosaženo pomocí tetrapolární bioimpedanční metody – přístroj Bodystat za použití nově sestavené predikční rovnice. Po zpětném dosazení hodnot do naší vytvořené rovnice byl u 87% probandů rozdíl od referenční metody DEXA do $\pm 3\%$ tělesného tuku, do $\pm 1\%$ tělesného tuku u 36% probandů ze souboru.

I u ostatních metodik bylo pomocí vytvořených predikčních rovnic dosaženo dobré shody. Rozdíl do $\pm 3\%$ tělesného tuku mezi hodnotou výsledku naměřenou metodou DEXA a hodnotou vypočítanou s využitím predikční rovnice byl u BIA metody pomocí přístroje Tanita u 87% probandů, u kaliperace u 82% probandů a u BIA metody pomocí přístroje Omron u 80% zkoumaných osob.

Diskuze

Cílem naší studie bylo srovnat v klinické praxi nejčastěji užívané metody pro stanovení množství tělesného tuku u žen s nadváhou a obezitou s metodou referenční (DEXA). Srovnáním jednotlivých metod se již v minulosti zabývala řada studií, většinou postavených na posouzení metody přístrojové a kaliperáčnické [6,9,11–13].

V naší práci jsme usilovali především o to, najít co nej přesnější metodu, kterou by bylo vzhledem k její dostupnosti, spolehlivosti, ceně a míře zátěže pro pacienta možné použít v rámci kontroly redukčních programů pro osoby s nadváhou a obezitou.

Jako referenční metodu jsme použili metodu celotělové denzitometrie (DEXA). Dle dostupné literatury můžeme považovat metodu DEXA za dostatečně přesnou techniku pro stanovení tělesného tuku. Chyba měření pro stanovení tukové tkáně se uvádí menší než 3%, chyba individuální (způsobená osobou provádějící měření) je zde minimální.

Nevýhodou většiny referenčních metod je však vysoká technická a finančně provozní náročnost. V případě metody DEXA je nezanedbatelná i radiační zátěž vyšetřované osoby. Proto je nutné hledat postupy, které by byly dostupnější, ale co se týče přesnosti schopné nahradit metody referenční.

Mezi metody, které jsou u nás v klinické praxi nejdostupnější a nejrozšířenější, patří především metody založené na vodivosti těla – bioimpedanční analýza a dále metoda antropometrická. V naší práci jsme s metodou DEXA porovnávali právě tyto dostupné metody (metoda antropometrická – kaliperace a BIA metody pomocí přístrojů Omron, Tanita a Bodystat).

Při měření těmito metodami je potřeba brát v úvahu možné zdroje chyb, které má každá fyzikální měřicí metoda. Je to jednak tzv. chyba individuální, tj. chyba způsobená obsluhou zařízení, jednak chyba vlastní metody. Chyby vlastní metody mohou být pak spojené se softwarem, tedy s použitím predikčních rovnic, nebo s hardwarem, což může být chyba vlastního měřicího zařízení, chybná měřicí místa či uspořádání elektrod atd. Celková chyba, která je součtem jednotlivých dílčích chyb, se u antropometrie a u BIA metody pohybuje okolo ± 3 –6% celkového tělesného tuku [3,14].

Měření dané metody zajišťovala vždy stejná osoba, abychom minimalizovali riziko případné chyby při měření. Měření jednotlivými metodami probíhalo v krátkém časovém sledu, abychom zabránili možným změnám v hydrataci organismu, které by se odrazily zvláště při měření BIA metodami. Stav hydratace organismu může způsobit chybu o velikosti 2–4%, proto byla snaha o zajištění standardní hydratace měřených probandů [3].

Základem úspěšného využití zmínovaných metod je výpočet predikčních rovnic, které budou kromě věku, pohlaví, úrovně fyzické aktivity respektovat i tělesné složení jedince, resp. jeho úroveň obsahu tuku v těle [10]. Neexistuje a nelze vytvořit univerzální pre-

dikční rovnici, která by byla použitelná u všech skupin populace (muži, ženy, děti, různý BMI apod.) a respektovala by celý rozsah hodnot tělesného tuku. Předpokládáme, že pro různé skupiny stratifikované např. dle BMI budou nutné i různé predikční rovnice.

Podle mnohých zahraničních studií byly u BIA metod zjištěny významné nepřesnosti při použití obecné predikční rovnice pro zdravou populaci při měření množství tělesného tuku u obézních mužů a žen [3,10]. Dle Deurenberga, který se pokusil shrnout hlavní příčiny těchto nepřesností, je důvodem odlišná tělesná stavba obézních – relativně větší množství tělesné vody obsažené v oblasti trupu (zejména u abdominální obezity) snižuje impedanci, a tím dochází k nadhodnocení % tělesného tuku (BF). Deurenberg dále konstatuje, že podíl vody na tukuprosté hmotě obézních je zřejmě vyšší než u zdravé populace. Tím dochází použitím obecné predikční rovnice k nadhodnocení tukuprosté hmoty a v důsledku toho k podhodnocení % BF u obézních. A také zde podle Deurenberga hraje roli efekt odlišné distribuce tekutin – vyšší podíl extracelulární tekutiny na celkové tělesné vodě u obézních způsobuje při frekvenci měřicího proudu 50 kHz snížení impedance a v důsledku podhodnocení % BF. Výsledným efektem uvedených příčin je celkové podhodnocení % BF obézních [15]. Nicméně při použití vhodné predikční rovnice je BIA akceptovatelnou metodou pro měření % BF obézní populace [10]. Metoda kaliperáčnická je výrazně zatížená chybou biologickou, tzn. významnou roli hraje lidský faktor. Je tedy velmi důležité, aby osoba provádějící měření měla již zkušenosti, speciálně to platí u měření osob s nadváhou a obezitou, kde správné nahmatání kožní řasy může být opravdu problematické.

Metoda kožních řas používá specifické predikční rovnice pro výpočet procenta tělesného tuku, které byly konstruovány před mnoha lety [16]. Bylo by tedy vhodné ověřit možné roz-

díly vzniklé v průběhu času. Předpokládáme však, že většímu či menšímu procentu celkového tuku odpovídá stále obdobně větší či menší hodnota kožních řas, i když došlo obecně k posunu k vyšším hodnotám. Kaliperační metoda navíc umožňuje hodnocení distribuce tuku na více místech povrchu těla a vyhodnocení některých indexů (např. indexu centrality), které korelují s dalšími metabolickými ukazateli.

V této studii jsme hodnotili 61 žen s nadváhou a obezitou navštěvujících Rekondiční centrum VŠ TJ MEDICINA Praha za účelem redukce hmotnosti. Celkově jsme vyšetřili v rámci studie 85 osob, do hodnocení však nebyli zařazeni muži a ženy s diabetes melitus 2. typu, jejichž hodnocení bude předmětem další studie.

Na základě výsledků korelace jednotlivých metod s metodou DEXA jsme zjistili, že s touto referenční metodou vykazuje nejtěsnější vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ($R = 0,9096$). Také významný koeficient determinace ($R^2 = 0,8273$) potvrzuje dobrou shodu měření pomocí přístroje Bodystat s metodou DEXA. Z uvedeného vyplývá, že BIA metoda pomocí přístroje Bodystat vysvětluje metodu DEXA z 82%, což je ve srovnání s ostatními použitými metodami nejvíce (přístroj Omron vysvětluje metodu DEXA z 80%, přístroj Tanita z 74% a kaliperace z 80%). Toto tvrzení je v souladu s výsledky studie Všetulové a Bunce, kteří také udávají dobrou shodu měření pomocí tetrapolární bioimpedanční metody s metodou DEXA.

Ostatní metody BIA nevykazují v naší studii tak těsnou vzájemnou korelaci s DEXA metodou. Kromě jiných chyb, uvedených výše, se na tom podílí fakt, že např. bipedální BIA měří bioimpedanci v dolní polovině těla. Tím může dojít k nadhodnocení % BF, je-li tuk rozložen převážně v dolní polovině těla, a naopak k podhodnocení % BF, je-li tuk obsažen ve větší míře v horní polovině těla. U BIA metody využívající úchopu rukama (elektrody jsou umís-

těny na madlech) – u přístroje Omron je tomu právě naopak. Ovšem na rozdíl od naší studie a studie Všetulové a Bunce došli Hainer et al k závěru, že výsledky bipedální BIA metody dobře korelují s výsledky stanovenými pomocí referenční metody – hydrodenzitometrie jak u obézních žen, tak u žen s normální hmotností [11].

Koeficient korelace hodnot % BF naměřených pomocí jednotlivých přístrojů a referenční DEXA metody se statisticky významně lišil od nuly, byla tedy potvrzena statistická závislost % BF měřeného těmito metodami. Pro spolehlivou předpověď hodnot % BF pomocí zkoumaných metod jsme však potřebovali těsnější korelace s referenční metodou.

U každé z použitých metod měření množství tuku se sledovala lineární závislost na referenční metodě DEXA.

Pro každou metodu/přístroj byla pomocí mnohonásobné regrese za použití výsledků DEXA metody vytvořena predikční rovnice. Naším cílem bylo dosáhnout co nejvyššího koeficientu determinace pro co nejpřesnější odhad metody DEXA. Po zadání všech dostupných parametrů byly vyřazeny parametry s hodnotou spolehlivosti vyšší než 0,05. Ze zbylých parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace R^2 .

Z těchto výsledků můžeme tedy tvrdit, že stanovení množství % BF pomocí nově vytvořené predikční rovnice pro přístroj Bodystat (koeficient korelace $R = 0,9330$, koeficient determinace $R^2 = 0,8706$) může nahradit vyšetření referenční DEXA metodou. Znamená to, že výsledky pomocí vytvořené predikční rovnice vysvětlují metodu DEXA z 87%, standardní chyba odhadu regrese je 2,6% tělesného tuku.

Po zpětném dosazení hodnot do naší vytvořené rovnice jsme zjistili, že pro přístroj Bodystat je u 87% probandů rozdíl od DEXA metody do $\pm 3\%$ tělesného tuku, což je srovnatelné s rozptylem u samotné DEXA metody. Výsledky z predikčních rovnic pro ostatní použité metody také vykazují význam-

nou shodu s výsledky referenční metody DEXA.

Je však samozřejmé, že nalezené vztahy, uváděné výsledky a výstupy nelze zobecňovat na celou populaci, ale mohou být využity pouze pro tento soubor. Pro širší použití těchto rovnic by bylo potřeba výrazně rozšířit soubor o větší počet probandů. Toto by mělo být předmětem našich budoucích studií. Další problém, kterým bychom se měli zabývat, je využití BIA metod pro sledování dynamických změn tělesného tuku v redukčních režimech. Zahraníční studie se v tomto směru – tedy v přesnosti BIA metod po změnách navozených redukčním režimem – příliš neshodují [18,19]. Což může být např. způsobeno, jak již bylo zmíněno, velkým vlivem stavu hydratace na výsledky měření u BIA metod. Bylo by tedy vhodné i toto dále ověřit.

Závěr

Na základě našeho měření jsme zjistili, že naměřené hodnoty tělesného tuku se od sebe významně liší v závislosti na použité metodice. Nicméně nejtěsnější výsledky s referenční metodou DEXA vykazuje metoda BIA s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat).

S využitím výše popsaných nově vytvořených predikčních rovnic se výsledky měření všemi metodami výrazně přiblíží referenční metodě DEXA. Zvláště pak metody BIA by díky své snadné dostupnosti měření mohly být vhodné k využití kontroly účinnosti redukčního programu u pacientek s nadváhou a obezitou.

V běžné praxi se ukazuje, že měření množství tělesného tuku v rámci redukčního programu se významně podílí na zlepšení compliance pacientů s nadváhou a obezitou. Změna v oblasti zastoupení tuku (v%) předchází změně hmotnosti zvláště u pacientů, kteří adekvátně zvýšili pohybovou aktivitu. Pro další úspěch je tedy důležité nalézt jiný parametr, který zhodnotí stav pacienta a úspěšnost redukčního režimu dříve než našimi pacienty oče-

kávaný pokles hmotnosti. Je samozřejmé, že k tomuto účelu postačí méně přesné hodnoty prováděné na jednom přístroji zatíženém stále stejnou chybou (dostupné BIA metody) či pouze běžné měření obvodu pasu. Na druhou stranu je však nezpochybnitelné, že pro výzkumné účely je nezbytné užití přesných metod, resp. metod srovnatelných s referenční metodou DEXA. Při hodnocení např. kardiovaskulárního rizika u obézních osob je pak důležité nejen hodnocení obsahu tuku, ale i jeho distribuce, což v této práci nebylo předmětem výzkumu.

Práce byla vytvořena za podpory grantu 8384-3 IGA MZČR.

Literatura

1. Hainer V. Základy klinické obezitologie. Praha: Grada Publishing 2004.
2. WHO Consultation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Ženeva: WHO 2000.
3. Všetulová E, Bunc V. Využití bioimpedanční metody pro stanovení procenta tělesného tuku obézních žen. Čas Lék Čes 2004; 143: 528–531.
4. Pařízková J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. Med Sport Boh Slov 1998; 7: 1–6.
5. Vilikus Z, Brandejský P, Novotný V. Tělovýchovné lékařství. Praha: Karolinum 2004.
6. Dlouhá R, Heller J, Bunc V et al. Srovnání rovnic Pařízkové pro zjišťování tělesného tuku sportujících žen. Med Sport Boh Slov 1998; 7: 1–6.
7. Pařízková J. Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu. Praha: Avicenum 1973.
8. Heyward VH, Stolarczyk LM. Applied body composition assessment. Champaign: Human kinetics 1996.
9. Kinkorová I. Využitelnost současných metod pro stanovení tělesného složení v terénních a laboratorních podmínkách. Disertační práce. UK FTVS Praha 2004.
10. Pařízková J, Hainer V, Kunešová M et al. Zkušenosti s vyšetřováním tělesného složení normálních a obézních osob u nás a v zahraničí. Med Sport Boh Slov 1998; 3: 103.
11. Hainer V, Kunešová M, Pařízková J et al. Stanovení tělesného složení: Srovnání bipedální BIA s hydrodenzitometrií a antropometrií. Čes Slov Gastroenterologie 1996; 2: A6–A7.
12. Bláha P, Mottl P, Zamrazilová H. Vhodnost stanovení množství tuku používanými metodami u obézních. [on-line] [cit. 2006-6-18]. Dostupné z: <http://www.obesitas.cz/download/obezitologie2005Luha-covice.pdf>.
13. Bláha P, Brabec M, Šrámková D et al. Porovnání metod klasické antropometrie stanovení tělesného složení obézních dětí s moderní metodou DEXA. [on-line] [cit. 2006-6-18]. Dostupné z: <http://www.obesitas.cz/download/obezitologie2002.pdf>.
14. Maud PJ, Foster C. Physiological Assessment of Human Fitness. Champaign: Human Kinetics 1995.
15. Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. Am J Clin Nutr 1996; 64 (Suppl 3): 449S–452S.
16. Pařízková J. Body fat and physical fitness. The Hague: Martinus Nijhoff 1977.
17. Hendl J. Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál 2006.
18. Minderico CS, Silva AM, Keller K et al. Usefulness of different techniques for measuring body composition changes during weight loss in overweight and obese women. Br J Nutr 2008; 99: 432–441.
19. Thomson R, Brinkworth GD, Buckley JD et al. Good agreement between bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry for estimating changes in body composition during weight loss in overweight young women. Clin Nutr 2007; 26: 771–777.

Mgr. Renata Větrovská

www.vfn.cz

e-mail: renatavetrovska@email.cz

Doručeno do redakce: 28. 1. 2008

Přijato po recenzi: 3. 12. 2008

www.praktickagyneekologie.cz