

Metody měření tělesného složení – BIA, DXA

Mgr. Vladislava Zavadilová
Ústav fyziologie a patofyziologie
Lékařská fakulta OU

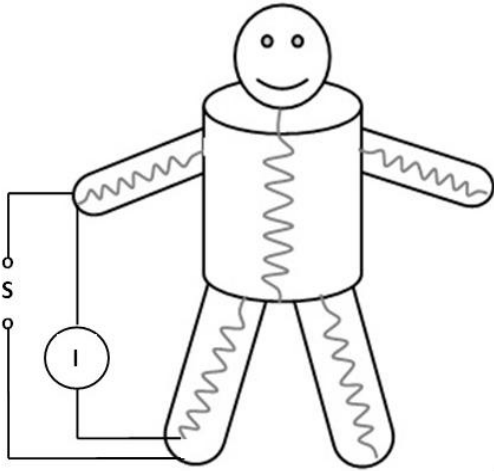
Bioelektrická impedance – BIA



BIA

- ▶ odpor těla vůči průchodu elektrického proudu
- ▶ střídavý elektrický proud o nízké intenzitě (400 až 800 μA) a frekvenci 1 až 1000 kHz
- ▶ lidské tělo rozděleno do 5 válců (2 horní končetiny, trup a 2 dolní končetiny), které jsou elektricky zapojeny do série

Impedance (Z)



$$Z = L/A$$

Objem válce:

$$V = A \times L$$

$$A = L/Z$$

Z = impedance – celkový tělesný odpor

L = délka vodiče (cm)

A = plocha příčného průřezu (cm²)

TBW = celková tělesná voda

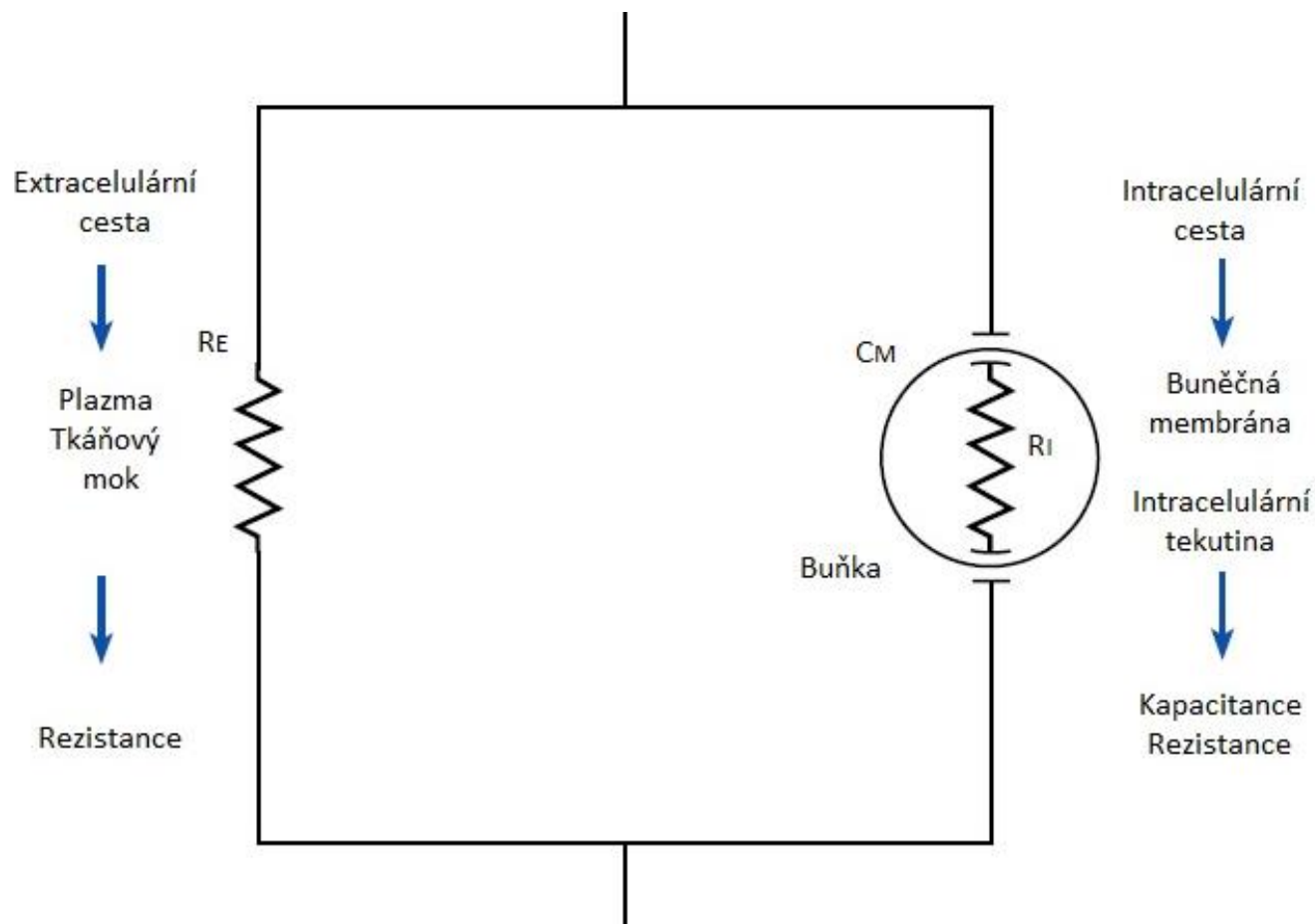
Ht = tělesná výška (cm)

LBM = ATH = tukuprostá tělesná hmota

$$\mathbf{TBW = Ht^2 / Z}$$

$$\mathbf{LBM = TBW/0,73}$$

$$\mathbf{Tuk = Hmotnost - LBM}$$

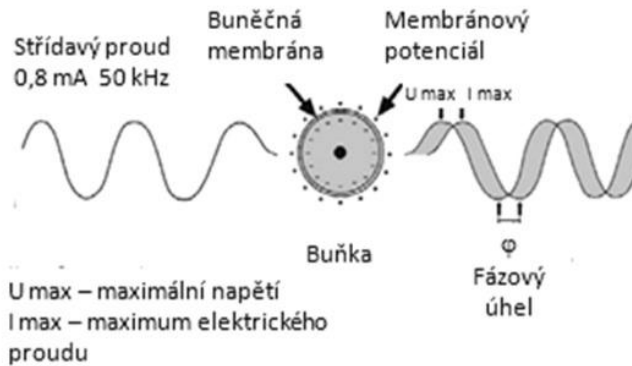


R_E – extracelulární rezistance v mezibuněčném prostoru

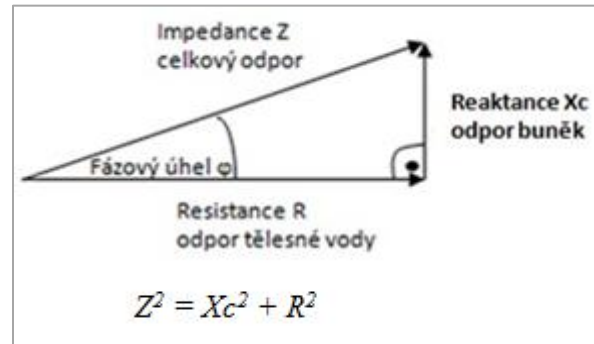
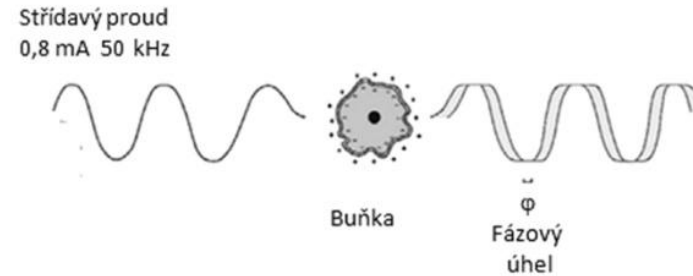
C_M – odpor buněčné membrány

R_I – intracelulární rezistance

Nepoškozená buňka – vysoký fázový úhel



Poškozená buňka nebo nízká buněčná denzita – nízký fázový úhel



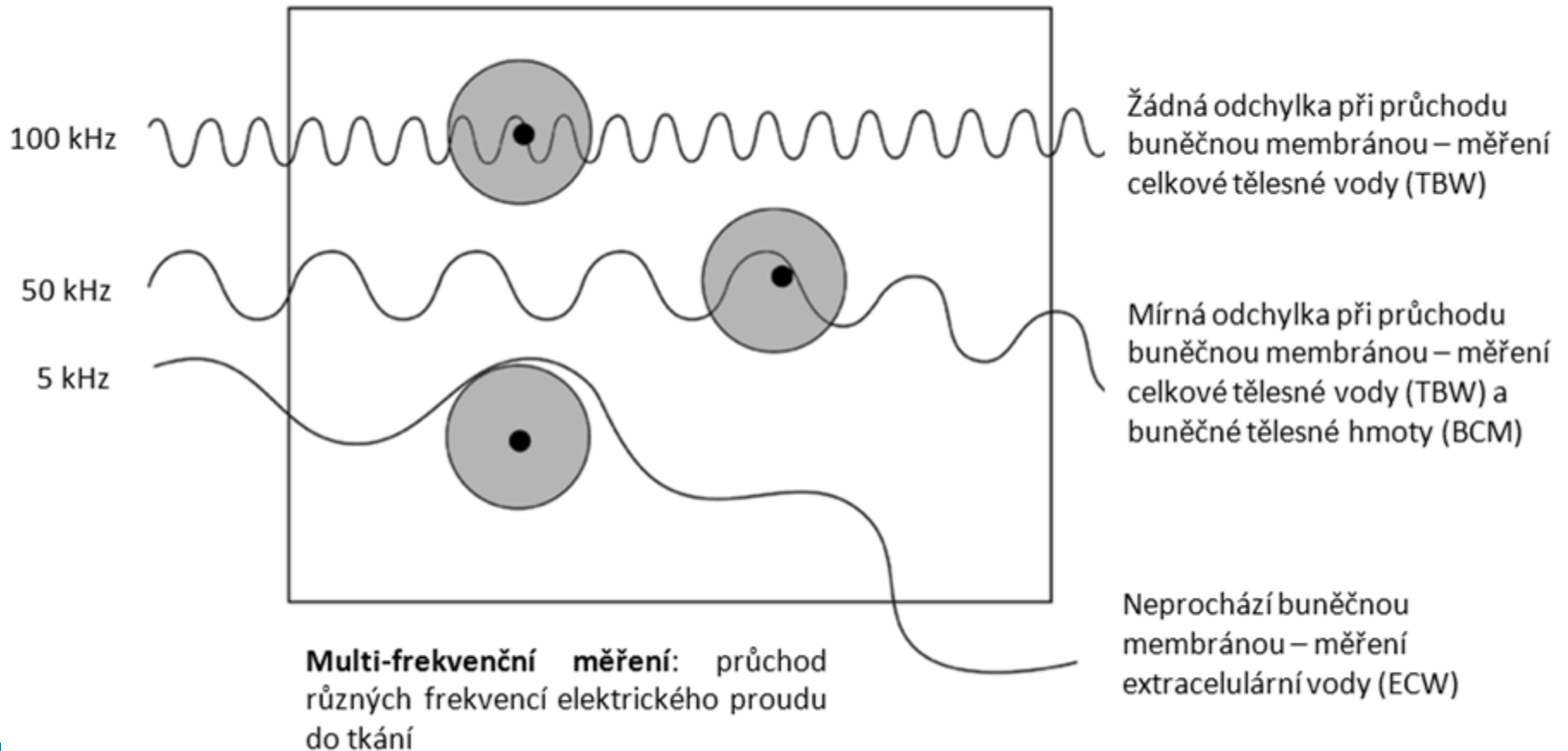
Velikost fázového úhlu je přímoúměrná velikosti buněčné tělesné hmoty

Buněčná membrána – fázový úhel 90°

Voda – fázový úhel 0°

Fázový úhel (°)		Hodnocení fázového úhlu
Ženy	Muži	
> 7,5	> 7,9	Takto extrémně vysoké hodnoty – sportovci a kulturisté.
6,5–7,5	7,0–7,9	Velmi dobrý. Výborný nutriční stav a fyzická zdatnost.
6,0–6,4	6,5–6,9	Dobrý. Ukazatel pravidelného tréninku. Dostatečná výživa.
5,5–5,9	6,0–6,4	Uspokojivý. Tyto hodnoty se vyskytují u většiny populace. Ukazují na přiměřenou tělesnou aktivitu.
5,0–5,4	5,5–5,9	Dostatečný. Špatný výživový stav a tělesná zdatnost.
4,0–4,9	4,5–5,4	Nedostatečný. Tyto hodnoty jsou ukazatelem nedostatečného výživového stavu. Nedostatečného příjmu stravy a omezené pohyblivosti.
< 4,0	< 4,5	Špatný. Tyto hodnoty svědčí pro extrémně špatný výživový stav.
< 2,0	< 2,5	Pouze v případech atrofie svalů vzniklé v důsledku inaktivity.

Multifrekvenční BIA



Bioelektrická impedance – BIA



Přístroj Omron – bimanuální
- monofrekvenční



Váha tanita –
bipedální -
monofrekvenční



Přístroj Nutrigaurd – M
Tetrapolární - multifrekvenční



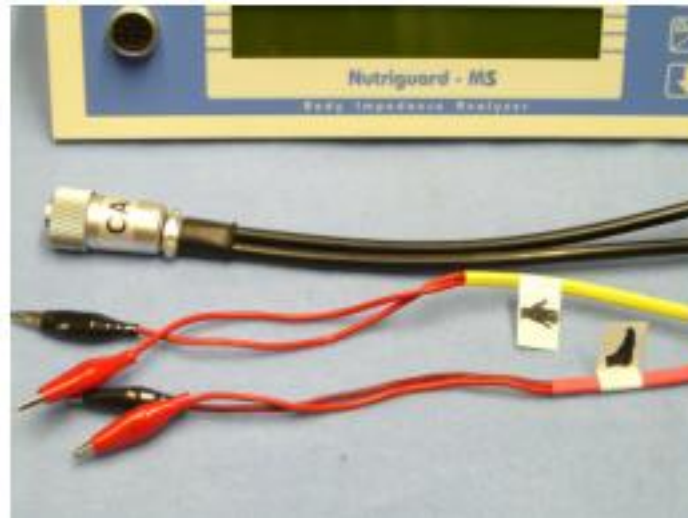
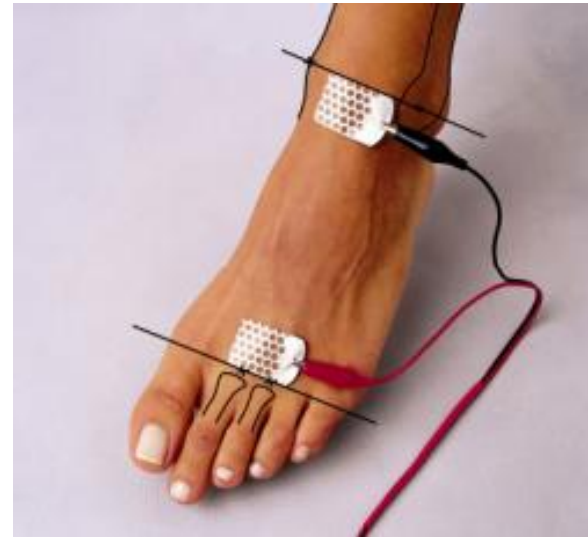
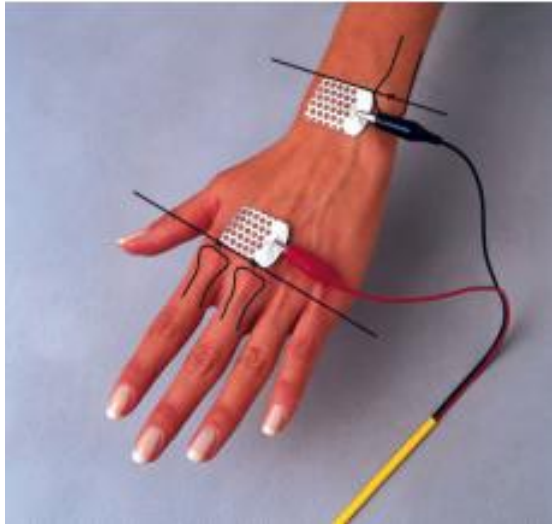
Přístroj Tanita BC 418 –
tetrapolární - monofrekvenční

Měření pomocí BIA



Přístroj Nutriguard M (Data Input, Německo)

Umístění elektrod

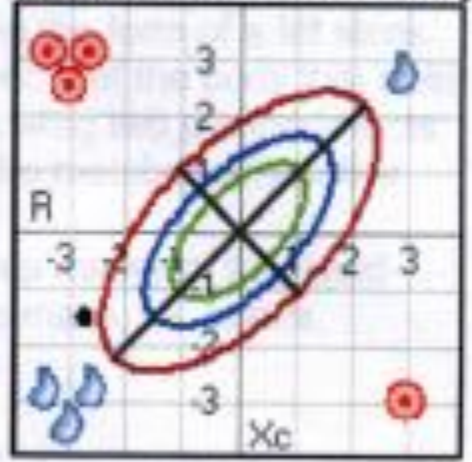


Výsledky – BIA – přístroj Nutriguard-M

	Calculated values		Ideal values	
Weight	150,0	kg		
Body Mass Index BMI	42,4		19,0 - 25,0	
Basal Metabolic Rate	2360	kcal		
Phase Angle (quality of Lean Body Mass)	7,1	°	5,0 - 9,0	°
Total Body Water	71,4	Litre	38,2 - 56,6	Litre
Lean Body Mass LBM (BCM plus ECM)	97,5	kg	52,2 - 77,3	kg
ECM (interstitial space, connecting tissue)	42,2	kg	22,9 - 34,0	kg
BCM (muscle and organ cell mass)	55,3	kg	29,2 - 43,3	kg
ECM/BCM-Index (ratio extra-/intracellular)	0,76		< 1	
% Cell Proportion (prop. of BCM in the LBM)	56,7	%	53,0 - 59,0	%
abdominal girth	0,0	cm	< 94	cm
Body Fat	52,5	kg	7,5 - 15,0	kg
Body Fat %	35	%	5,0 - 10,0	%
Body Fat (c)	52,5	kg	7,5 - 15,0	kg
Intra Cellular Water ICW (water in the BCM)	37,7	Litre	24,3 - 29,5	Litre
Extra Cellular Water ECW (water in the ECM)	33,7	Litre	14,8 - 21,5	Litre

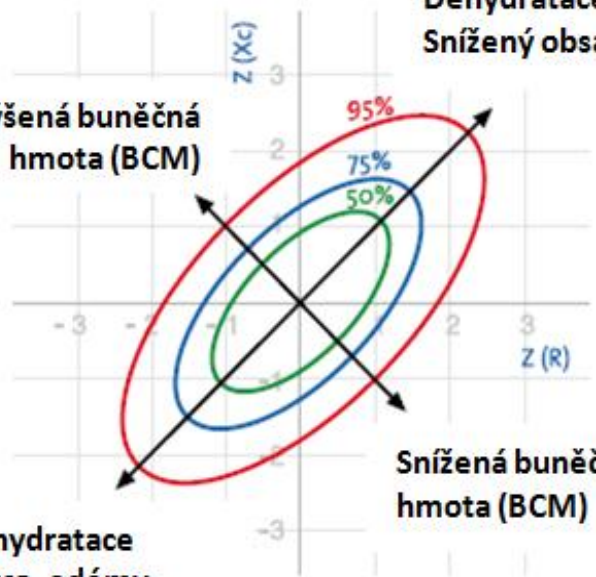
Muž , 37 let
 Hmotnost = 150 kg
 BMI = 42,4 kg/m²
 Tuk = 35 %

[Body water and BCM - w/o fat]



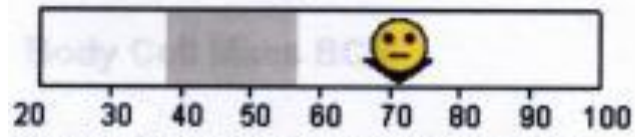
Dehydratace
Snížený obsah vody

Zvýšená buněčná
hmota (BCM)



Hyperhydratace
Anasarca, edémy

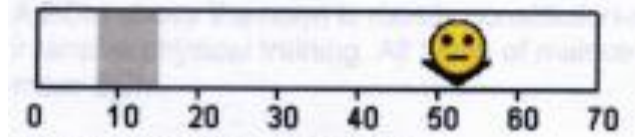
Total Body Water (l)



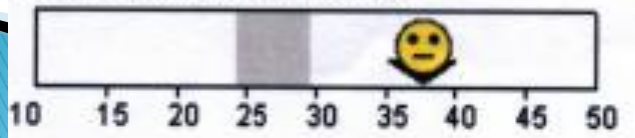
% Cell Proportion (% of BCM in LBM tissue)



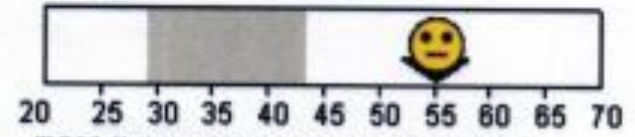
Body Fat (c)



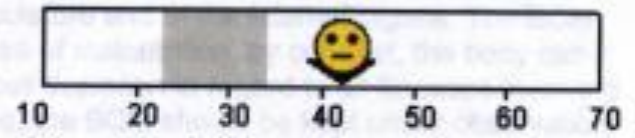
Intra Cellular Water ICW (l)



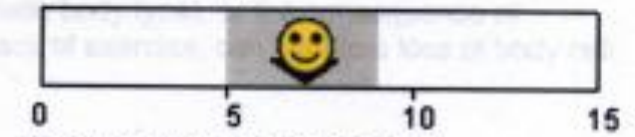
Body Cell Mass BCM



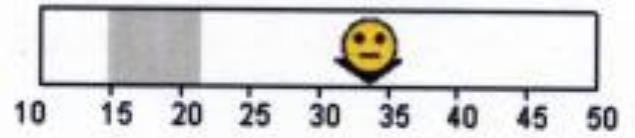
ECM (interstitial space, connecting



Phase Angle (°)

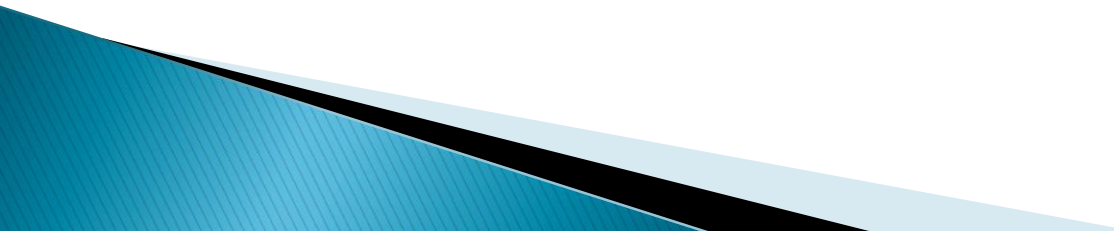


Extra Cellular Water ECW (l)



ECM/BCM	Hodnocení ECM/BCM indexu
< 0,70	Takto extrémně nízké hodnoty jsou zjišťovány pouze u závodních sportovců a kulturistů.
0,89–0,70	Velmi dobrý. Tyto hodnoty jsou ukazatelem výborného nutričního stavu a fyzické zdatnosti.
0,90–0,99	Dobrý. Tyto hodnoty jsou obvykle ukazatelem pravidelného tréninku. Můžeme předpokládat dostatečný příjem důležitých makronutrientů.
1,00–1,09	Uspokojivý. Tyto hodnoty se vyskytují u většiny populace. Ukazují na přiměřenou tělesnou aktivitu.
1,10–1,19	Dostatečný. Tyto hodnoty svědčí pro špatný výživový stav a tělesnou zdatnost. Jsou často spojeny s nevyváženou stravou a nedostatečnou pohybovou aktivitou.
1,20–1,29	Nedostatečný. Tyto hodnoty jsou ukazatelem nedostatečného výživového stavu, nedostatečného příjmu stravy a omezené pohyblivosti.
1,30–1,39	Špatný. Tyto hodnoty svědčí pro extrémně špatný výživový stav.
> 1,4	Takové hodnoty jsou převážně ukazatelem hromadění vody v organismu a/nebo katabolismu nebo se mohou vyskytovat v případech vážné poruchy vodní rovnováhy v organismu.

Výhody metody BIA

- ▶ Poměrně levná
 - ▶ Rychlá
 - ▶ Přenosná
 - ▶ Nenáročná na obsluhu
 - ▶ Vhodná pro opakovaná měření – sledování změn tělesného složení
 - ▶ Nutné dodržet podmínky měření
- 

Přesnost měření závisí na:

- ▶ Uspořádání elektrod
- ▶ Kontaktu elektrod s příslušnou částí těla (např. plošky nohou)
- ▶ Stavů hydratace organismu
- ▶ Nastavení rovnic v přístroji pro výpočet tělesného složení
 - Počítá se zadanou výškou, věkem a hmotností

- ▶ Použitých frekvencích el. proudu
- ▶ Délce jednotlivých částí těla
- ▶ K nepřesnostem dochází také kvůli předpokladu válcového modelu lidského těla

Podmínky měření BIA

- ▶ Přiměřená hydratace organismu
 - Den před měřením bez velké fyzické námahy
 - Měření nejlépe na lačno, případně minimálně 2 hodiny od posledního jídla a pití
 - Vymočení před měřením
 - Nepít alkohol 1 den před měřením
- ▶ Nepít kávu ani jiné kofeinové nápoje a alkohol před měřením

Duální-emisní rentgenová absorpciometrie – DXA nebo DEXA



Přístroj DXA

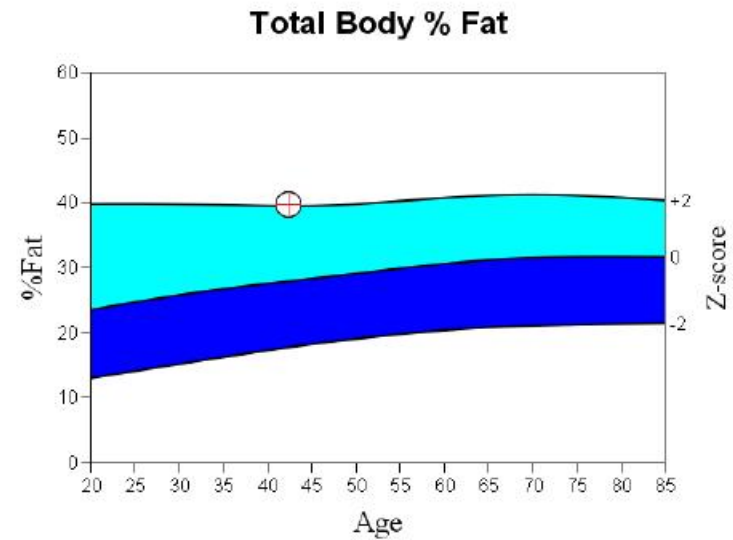


přístroj Discovery A, Hologic, USA

Výsledky DXA

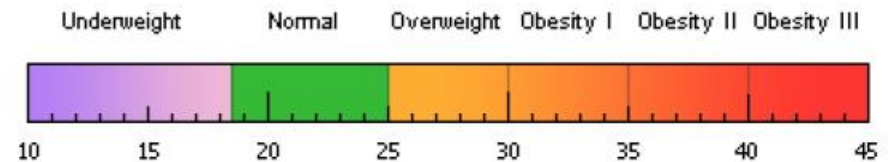


Muž, 42 let, 183 cm, 156 kg



Source: 2008 NHANES White Male

World Health Organization Body Mass Index Classification
BMI = 46.6 WHO Classification



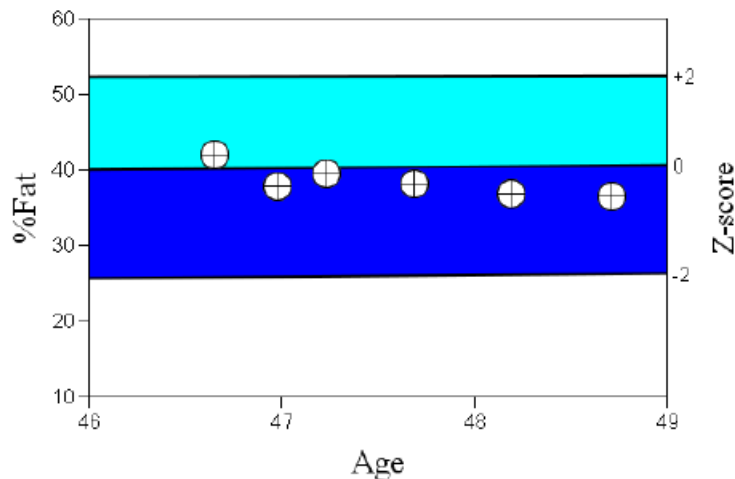
Výsledky DXA

DXA Results Summary:

Region	BMC (g)	Fat Mass (g)	Lean Mass (g)	Lean+ BMC (g)	Total Mass Mass (g)	% Fat
L Arm	224.98	3050.1	5175.6	5400.6	8450.7	36.1
R Arm	218.96	3160.6	5310.0	5528.9	8689.6	36.4
Trunk	958.26	36755.5	47514.5	48472.8	85228.2	43.1
L Leg	595.01	10115.0	16027.3	16622.3	26737.3	37.8
R Leg	615.92	10097.8	16686.3	17302.2	27400.0	36.9
Subtotal	2613.13	63179.0	90713.7	93326.8	156505.8	40.4
Head	639.60	1610.2	4149.6	4789.2	6399.5	25.2
Total	3252.74	64789.2	94863.3	98116.1	162905.3	39.8

Sledování změn – DXA

Total Body % Fat



Total Body % Fat Results

Scan Date	Age	%Fat	Percentile		Change vs	
			YN	AM	Baseline	Previous
24.04.2014	48	36.5	53	28	-5.4	-0.3
15.10.2013	48	36.8	54	30	-5.1	-1.4
15.04.2013	47	38.2	61	38	-3.7	-1.3
29.10.2012	47	39.5	68	46	-2.5	1.6
30.07.2012	46	37.8	60	36	-4.1	-4.1
02.04.2012	46	41.9	78	61		

Total Lean+BMC Mass Results

Scan Date	Age	Lean+BMC (g)	Change/Month vs		Change vs	
			Baseline	Previous	Baseline	Previous
24.04.2014	48	56074	-378	-163	-9326	-1025
15.10.2013	48	57099	-451	167	-8301	998
15.04.2013	47	56101	-751	-608	-9298	-3335
29.10.2012	47	59437	-868	-866	-5963	-2590
30.07.2012	46	62027	-870	-870	-3373	-3373
02.04.2012	46	65400				

Total Mass Results

Scan Date	Age	Mass (g)	Change/Month vs		Change vs	
			Baseline	Previous	Baseline	Previous
24.04.2014	48	88354	-983	-321	-24256	-2013
15.10.2013	48	90368	-1209	-63	-22242	-379
15.04.2013	47	90746	-1765	-1353	-21864	-7423
29.10.2012	47	98169	-2103	-523	-14440	-1564
30.07.2012	46	99734	-3321	-3321	-12876	-12876
02.04.2012	46	112610				

YN = Young Normal

AM = Age Matched

Source: 2008 NHANES White Female

Sledování změn DXA



02.04.2012



30.07.2012



29.10.2012



15.04.2013



15.10.2013

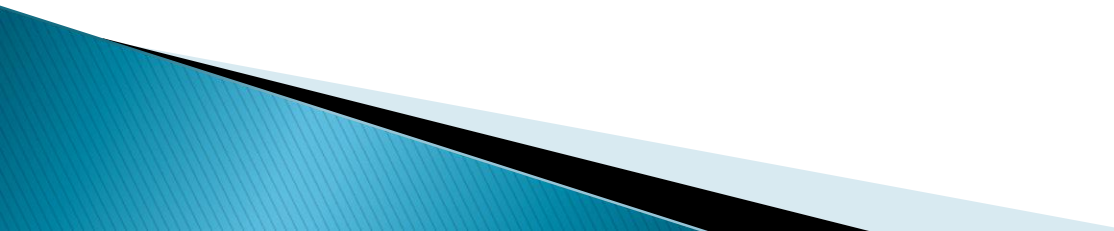


24.04.2014

Výhody metody DXA

- ▶ Přesná metoda – referenční
- ▶ Jednoduché provedení
- ▶ Rychlá
- ▶ Není nutná zvláštní příprava měřeného
 - Nutné je odstranit kovové součásti – oděv bez kovu, šperky apod.

Nevýhody metody DXA

- ▶ Cena přístroje
 - ▶ Náročnost na prostor
 - ▶ Omezené skenovací pole
 - ▶ Váhové omezení přístroje
- 

Denzita kostí

BMD – bone mineral density (g/cm²)

- ▶ Celé tělo
- ▶ Femur (trochanter, krček, celkem)
- ▶ Páteř (L1 – L4)
- ▶ **T – skóre**
 - Počet směrodatných odchylek od průměrné hodnoty kostní minerální denzity mladých zdravých jedinců stejného pohlaví
- ▶ **Z – skóre**
 - Počet směrodatných odchylek od průměrné hodnoty osob stejného věku a pohlaví

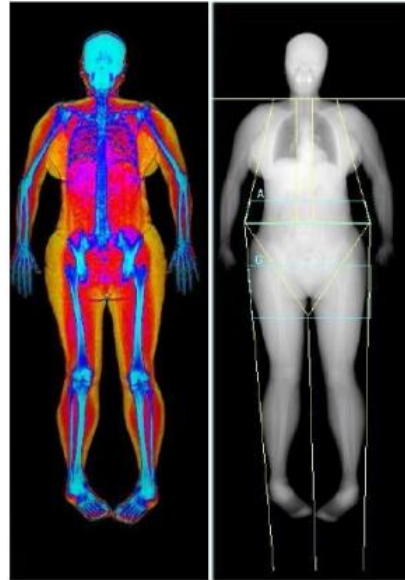
Hodnocení denzity kostí

- ▶ T – skóre (Z – skóre u žen po menopauze):
 - **do -1** → optimální (nejlépe 0 a vyšší)
 - **-1 až -2,5** → osteopenie
 - **nižší než -2,5** → **osteoporóza**
- ▶ **A další faktory:** kouření, výskyt v rodině, zlomeniny, laboratorní hodnoty (Ca v krvi, vit. D)

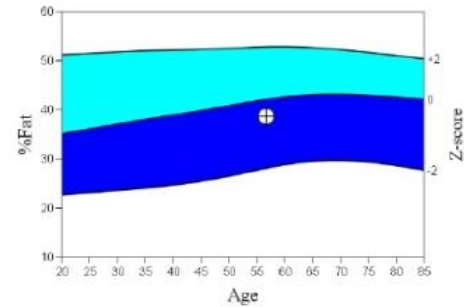
Name:
Patient
DOB: 1

Sex: Female
Ethnicity: White

Height: 156.0 cm
Weight: 60.9 kg
Age: 56

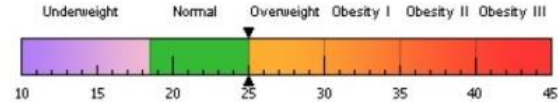


Total Body % Fat



Source: 2008 NHANES White Female

World Health Organization Body Mass Index Classification
BMI = 25.0 WHO Classification Overweight



BMI has some limitations and an actual diagnosis of overweight or obesity should be made by a health professional. Obesity is associated with heart disease, certain types of cancer, type 2 diabetes, and other health risks. The higher a person's BMI is above 25, the greater their weight-related risks.

Body Composition Results

Region	Fat Mass (g)	Lean+ BMC (g)	Total Mass (g)	% Fat	%Fat Percentile YN	AM
L Arm	1666	1769	3434	48.5		
R Arm	1679	2065	3745	44.8		
Trunk	11610	19147	30757	37.7		
L Leg	3976	5932	9908	40.1		
R Leg	4002	5789	9791	40.9		
Subtotal	22933	34702	57635	39.8		
Head	1061	3326	4387	24.2		
Total	23994	38028	62023	38.7	64	30
Android (A)	1522	2933	4456	34.2		
Gynoid (G)	3818	5923	9741	39.2		

Scan Date: 27 June 2014 ID: A06271409
 Scan Type: a Whole Body
 Analysis: 27 June 2014 08:39 Version 13.3.0.1
 Auto Whole Body Fan Beam
 Operator: AC
 Model: Discovery A (S/N 85697)
 Comment:

Adipose Indices

Measure	Result	Percentile YN	AM
Total Body % Fat	38.7	64	30
Fat Mass/Height ² (kg/m ²)	9.86	59	31
Android/Gynoid Ratio	0.87		
% Fat Trunk/% Fat Legs	0.93	81	59
Trunk/Limb Fat Mass Ratio	1.03	84	56

Lean + BMC Indices

Measure	Result	Percentile YN	AM
(Lean + BMC)/Height ² (kg/m ²)	15.6	46	39
Appen. (Lean + BMC)/Height ² (kg/m ²)	6.39	32	35

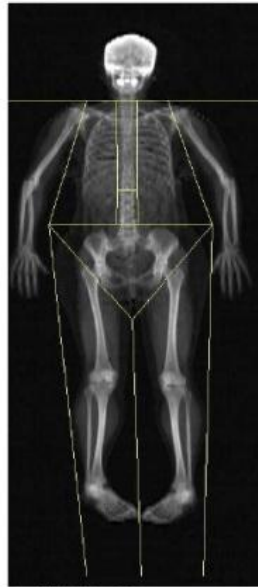
YN = Young Normal
AM = Age Matched

Name:
Patient
DOB:

Sex: Female
Ethnicity: White

Height: 156.0 cm
Weight: 60.9 kg
Age: 56

Referring Physician: Zavdilova



k = 1.149, d0 = 50.1
327 x 150
DAP: 13.1 cGy*cm²

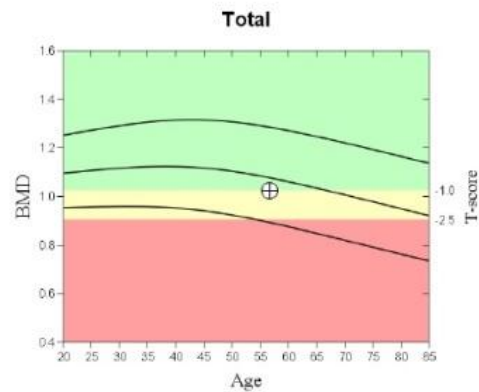
Scan Information:

Scan Date: 27 June 2014 ID: A06271409
Scan Type: a Whole Body
Analysis: 27 June 2014 08:39 Version 13.3.0.1:3
Auto Whole Body Fan Beam
Operator: AC
Model: Discovery A (S/N 85697)
Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ³)	T-score	PR (%)	Z-score	AM (%)
L Arm	180.36	118.99	0.660				
R Arm	187.99	130.99	0.697				
L Ribs	102.03	59.29	0.581				
R Ribs	148.22	89.39	0.603				
T Spine	136.17	92.35	0.678				
L Spine	45.39	44.50	0.980				
Pelvis	179.15	190.88	1.065				
L Leg	314.12	297.48	0.947				
R Leg	311.71	279.22	0.896				
Subtotal	1605.14	1303.10	0.812				
Head	231.77	577.62	2.492				
Total	1836.91	1880.72	1.024	-1.0	93	-0.5	95

Total BMD CV 1.0%, ACF = 1.032, BCF = 1.004



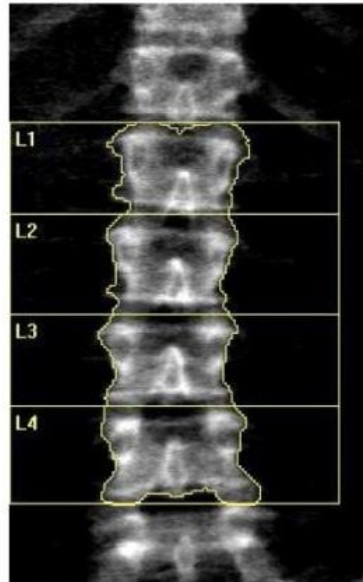
Comment:

Name:
Patient
DOB:

Sex: Female
Ethnicity: White

Height: 156.0 cm
Weight: 60.9 kg
Age: 56

Referring Physician: Zavdilova



k = 1.138, d0 = 45.0
116 x 134
DAP: 4.6 cGy*cm²

Scan Information:

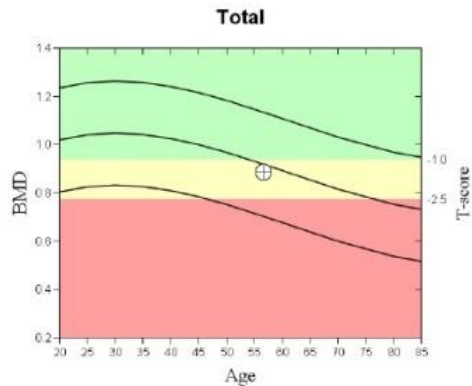
Scan Date: 27 June 2014 ID: A06271406
Scan Type: a Lumbar Spine
Analysis: 27 June 2014 08:28 Version 13.3.0.1:3
Spine
Operator: AC
Model: Discovery A (S/N 85697)
Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T - score	PR (%)	Z - score	AM (%)
L1	13.35	11.78	0.883	-1.0	89	0.1	101
L2	14.52	12.65	0.871	-1.4	85	-0.3	97
L3	13.86	12.54	0.905	-1.6	83	-0.4	95
L4	16.25	14.42	0.888	-1.6	84	-0.3	96
Total	57.98	51.40	0.886	-1.5	85	-0.3	97

Total BMD CV 1.0%, ACF = 1.032, BCF = 1.004, TH = 7.008

WHO Classification: Osteopenia
Fracture Risk: Increased



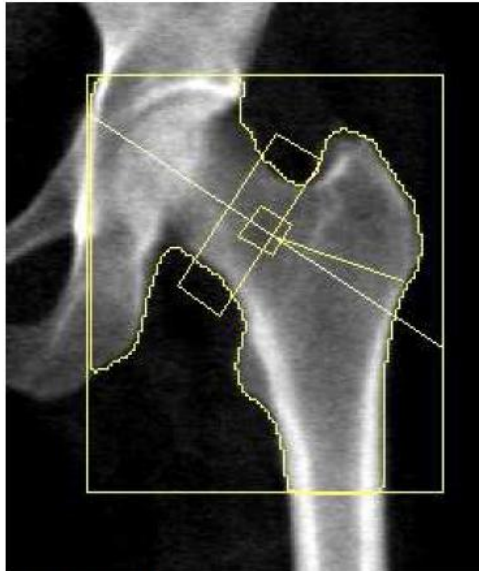
Comment:

Name:
Patient:
DOB:

Sex: Female
Ethnicity: White

Height: 156.0 cm
Weight: 60.9 kg
Age: 56

Referring Physician: Zavadilova



k = 1.137, d0 = 49.9
95 x 111
NECK: 49 x 15
HAL: 96 mm
DAP: 3.5 cGy*cm²

Scan Information:

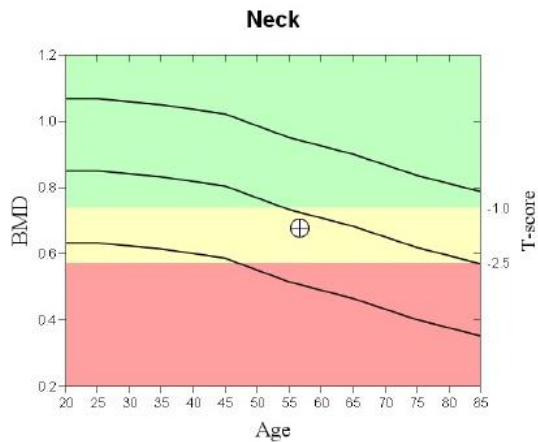
Scan Date: 27 June 2014 ID: A06271407
Scan Type: a Left Hip
Analysis: 27 June 2014 08:31 Version 13.3.0.1:3
Hip
Operator: AC
Model: Discovery A (S/N 85697)
Comment:

DXA Results Summary:

Region	Area (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)	T - score	PR (%)	Z - score	AM (%)
Neck	4.77	3.23	0.677	-1.6	80	-0.4	93
Total	36.91	33.56	0.909	-0.3	97	0.5	107

Total BMD CV 1.0%, ACF = 1.032, BCF = 1.004, TH = 5.632

WHO Classification: Osteopenia



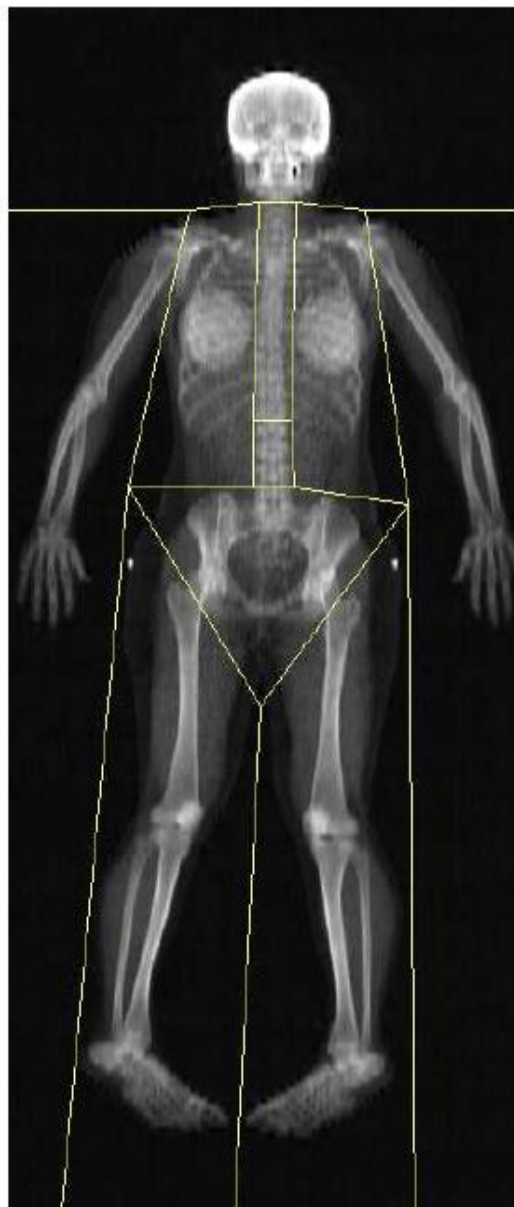
10-year Fracture Risk¹

Major Osteoporotic Fracture 8.0%
Hip Fracture 1.4%

Reported Risk Factors:
Czech, T-score(WHO)=-1.5, BMI=25.0, previous fracture

¹ FRAX® Version 3.05. Fracture probability calculated for an untreated patient. Fracture probability may be lower if the patient has received treatment.

Comment:



Žena, 30 let, 157,8 cm,
58,7 kg, BMI = 23,6 kg/m²

Body Composition Results

Region	Fat Mass (g)	Lean+ BMC (g)	Total Mass (g)	% Fat
L Arm	822	2048	2870	28.6
R Arm	952	2161	3113	30.6
Trunk	6799	22328	29128	23.3
L Leg	3183	6920	10103	31.5
R Leg	3159	7055	10214	30.9
Subtotal	14914	40513	55427	26.9
Head	1038	3313	4351	23.9
Total	15952	43826	59778	26.7
Android (A)	939	2777	3716	25.3
Gynoid (G)	3331	6675	10006	33.3

Porovnání výsledků DXA a BIA



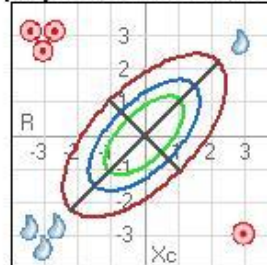
Porovnání DXA a BIA

	5 KHz	50 KHz	100 KHz
R	308	252	238
Xc	39	37	31

Meas. date: 31.7.2013
 Name:
 First name:
 Sex: male
 Meas. No.:

Time: 09:05
 Date of birth: 1.3.1971
 Age: 42 Years
 Height: 1.83 m

[Body water and BCM - w/b fat]



	Calculated values
Weight	160,9 kg
Body Mass Index BMI	48,0
Basal Metabolic Rate	2950 kcal

Phase Angle (quality of Lean Body Mass)	8,4 °
Total Body Water	88,0 Litre
Lean Body Mass LBM (BCM plus ECM)	120,2 kg
ECM (interstitial space, connecting tissue)	46,2 kg
BCM (muscle and organ cell mass)	74,0 kg
ECM/BCM Index (ratio extra-/intracellular)	0,62
% Cell Proportion (prop. of BCM in the LBM)	61,6 %
abdominal girth	0,0 cm
Body Fat	40,7 kg
Body Fat %	25,3 %
Body Fat (c)	51,1 kg
Intra Cellular Water ICW (water in the BCM)	45,2 Litre
Extra Cellular Water ECW (water in the ECM)	42,8 Litre

Body Composition Results

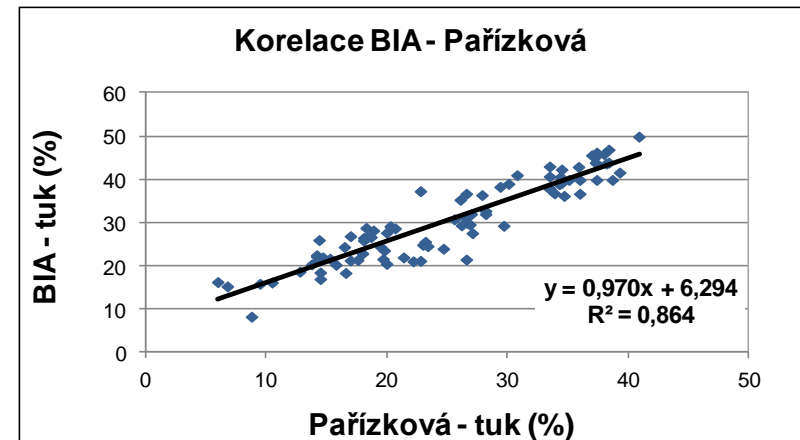
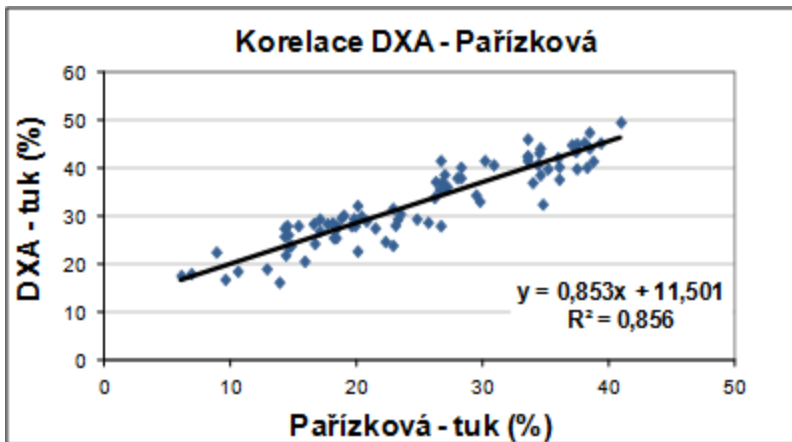
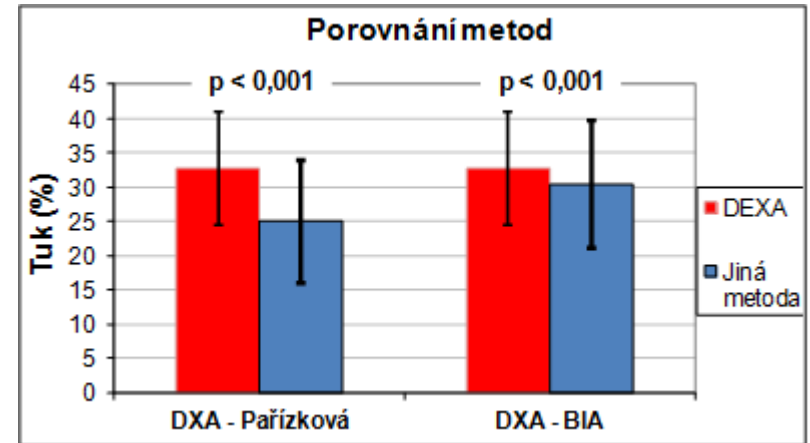
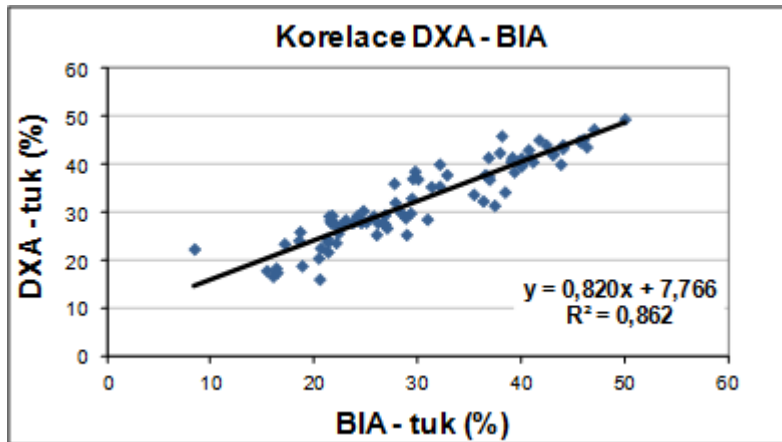
Region	Fat Mass (g)	Lean+ BMC (g)	Total Mass (g)	% Fat
L Arm	3050	5401	8451	36.1
R Arm	3161	5529	8690	36.4
Trunk	36755	48473	85228	43.1
L Leg	10115	16622	26737	37.8
R Leg	10098	17302	27400	36.9
Subtotal	63179	93327	156506	40.4
Head	1610	4789	6399	25.2
Total	64789	98116	162905	39.8

Porovnání metod DXA, BIA a podle Pařízkové

n = 86	X	SD	Min	Max
Věk (roky)	35,5	13,5	21	67
Výška (cm)	165,1	6,0	153,0	180,0
Hmotnost (kg)	70,8	15,9	41,2	108,3
BMI (kg/m²)	26,1	6,2	16,5	45,2
DEXA - tuk (%)	32,8	8,3	16,1	49,5
DEXA - tuk (kg)	24,0	10,9	8,9	52,0
Tělesný tuk BIA (%)	30,5	9,4	8,4	50,0
Tělesný tuk Pařízková (%)	25,9	9,0	6,0	40,9

- Výsledky měření 86 žen
- BIA - Tanita BC 418

Porovnání metod DXA, BIA a podle Pařízkové

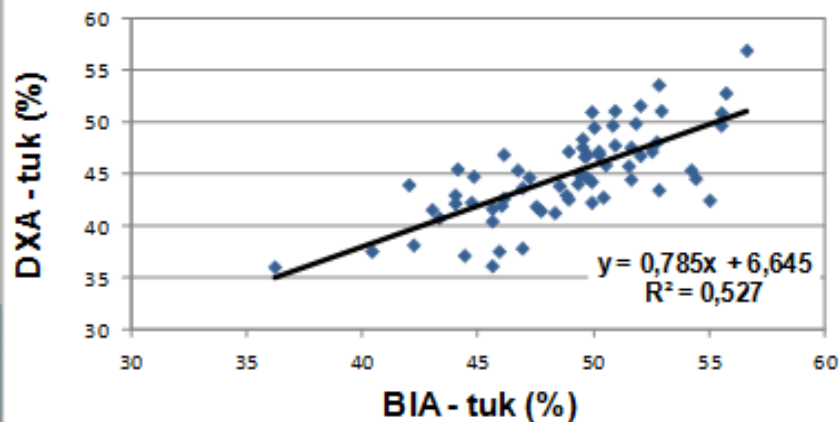


Porovnání různých metod na měření tělesného tuku – obézní ženy (tubulizace žaludku – sleeve gastrektomie)

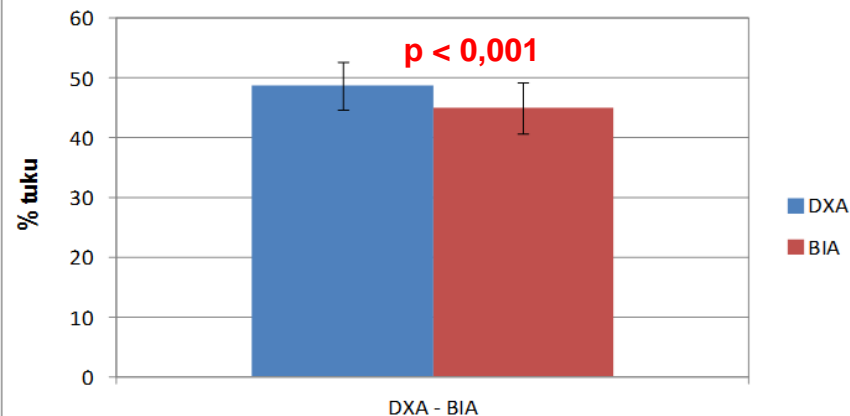
- 67 žen
- BIA – Nutriguard M

Ženy (N = 67)	Průměr	SD	MIN	MAX
Věk (roky)	41,3	8,9	27	68
Výška (m)	166,1	6,9	147,0	180,0
Hmotnost (kg)	116,4	19,7	89,0	186,0
BMI (kg.m ⁻²)	42,3	5,6	32,5	64,4
Obvod pasu (cm)	112,3	11,1	91,0	147,0
Obvod boků (cm)	134,3	12,9	112,0	179,0
Tělesný tuk DXA (%)	48,8	4,0	36,2	56,6
Tělesný tuk DXA (kg)	56,8	12,3	32,9	105,0
Tělesný tuk BIA (%)	45,0	4,3	36,1	56,9
Tělesný tuk BIA (kg)	52,9	13,2	32,8	105,8

Porovnání metod DXA a BIA



Výsledky t-testu DXA a BIA



Predikční rovnice pro stanovení % tělesného tuku

$$\% \text{ tuku DXA} = 39,322 + 0,527 * \% \text{ tuku BIA} - 0,139 * \text{výška (cm)} + 0,131 * \text{obvod boků (cm)} - 0,077 * \text{obvod pasu (cm)}$$

% Tělesného tuku	Průměr	SD	R²	r	SE
% tuku DXA	48,8	4,0	0,625	0,791	2,518
% tuku - korekční rovnice	48,9	3,2			

Děkuji za pozornost