

# Bioimpedanční analýza tělesné kompozice

„ Aplikace přístrojů BCM Fresenius a Multiscan 5000 Bodystat v bioimpedanční analýze tělesné kompozice“

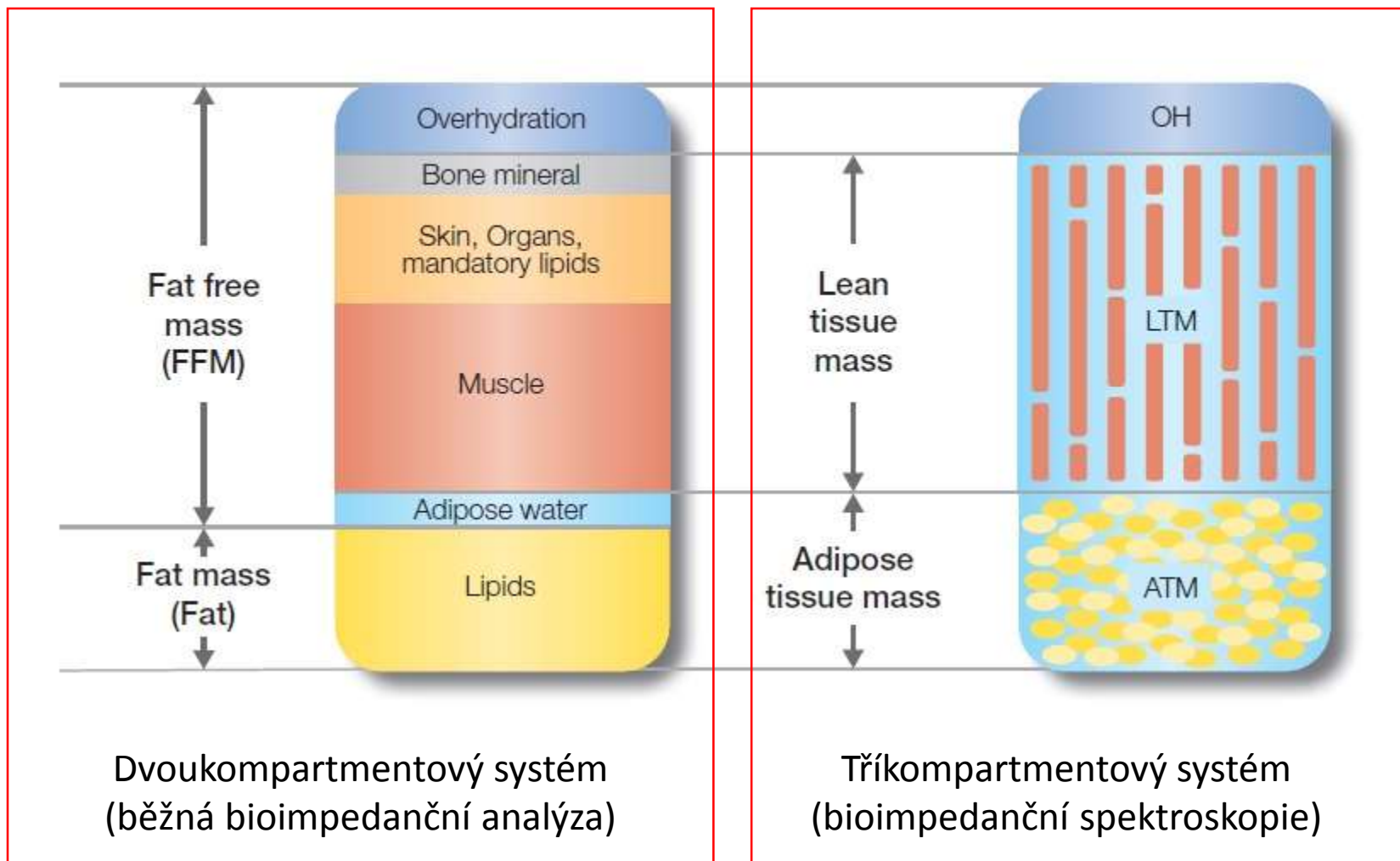
Miloslav Hronek

# Obsah

- Tělesná kompozice
- Základy bioimpedanční analýzy těla
- Bioimpedanční spektroskopie
- Faktory ovlivňující přesnost BIA vyšetření
- BIA markery v klinické praxi
- Studie s PGK 1 a 2

# Složení lidského těla

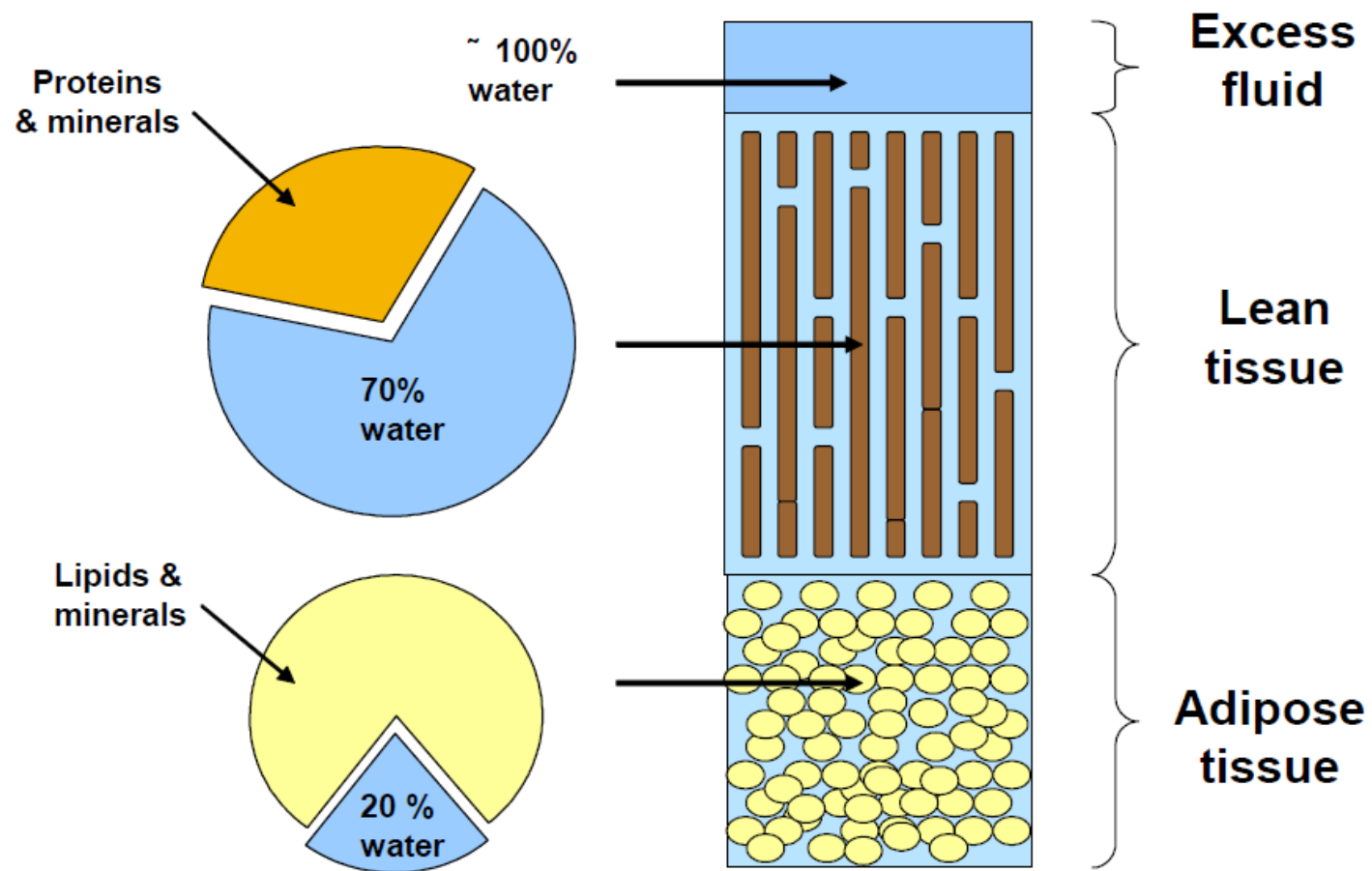
FFM, LTM, FM, ATM



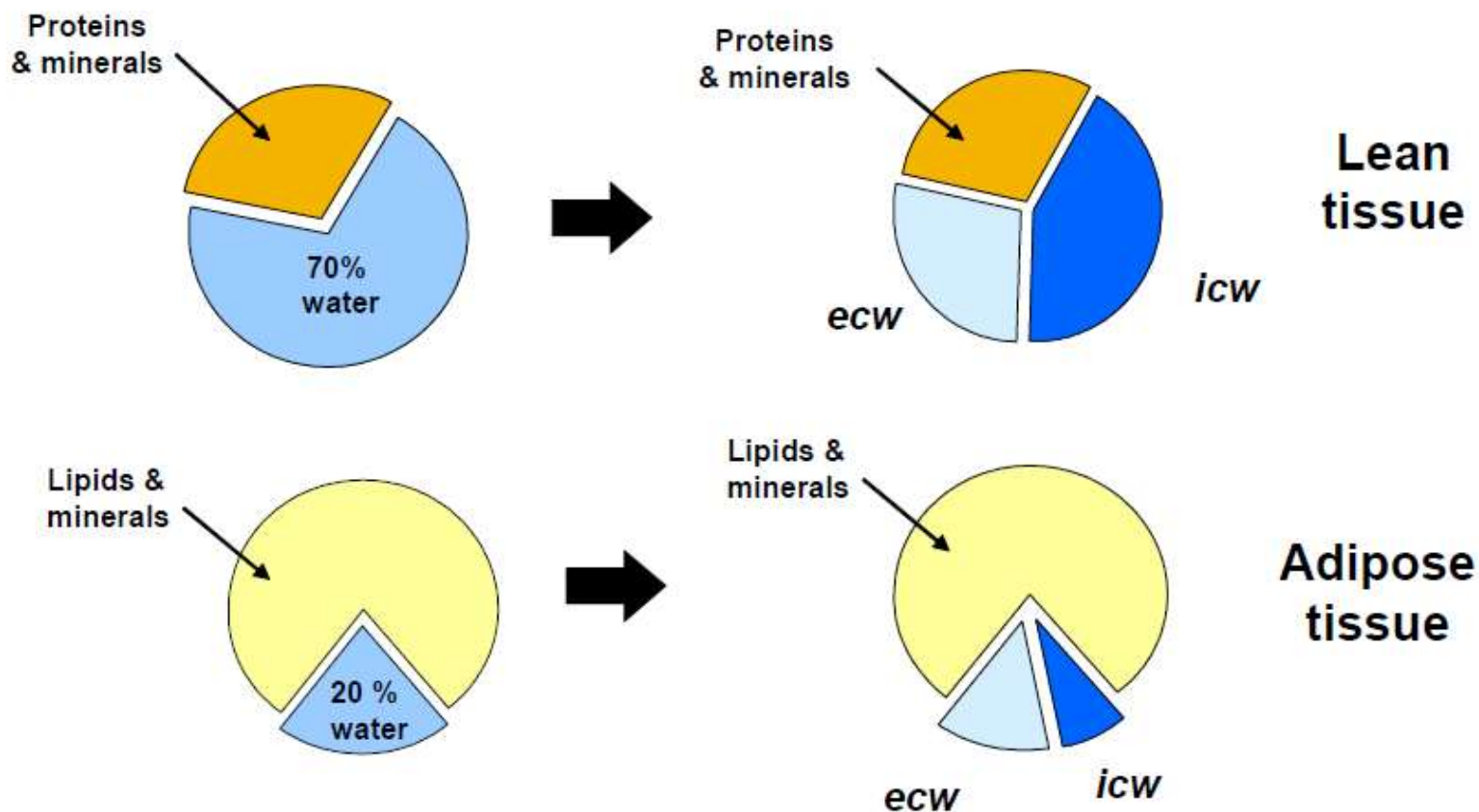
# Složení tělesných tekutin

- Celková tělesná tekutina (**TBW**) – v průměru tvoří 60 % tělesné hmotnosti u „zdravého jedince“
  - 40 % intracelulární tekutina (**ICW**)
  - 20 % extracelulární tekutina (**ECW**)

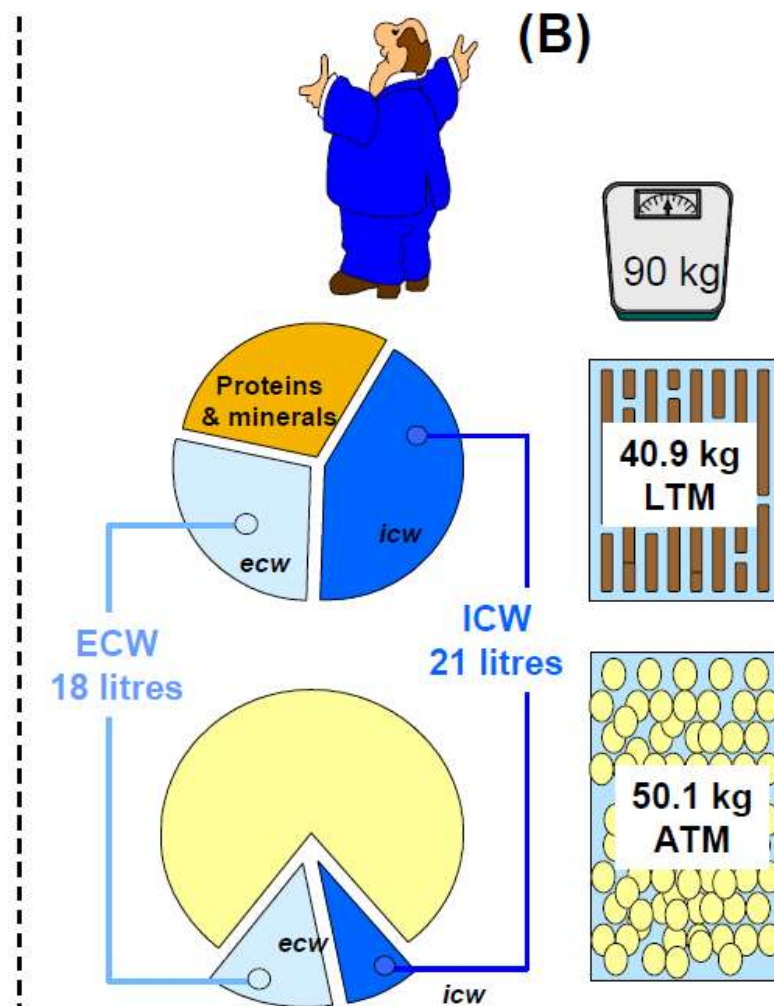
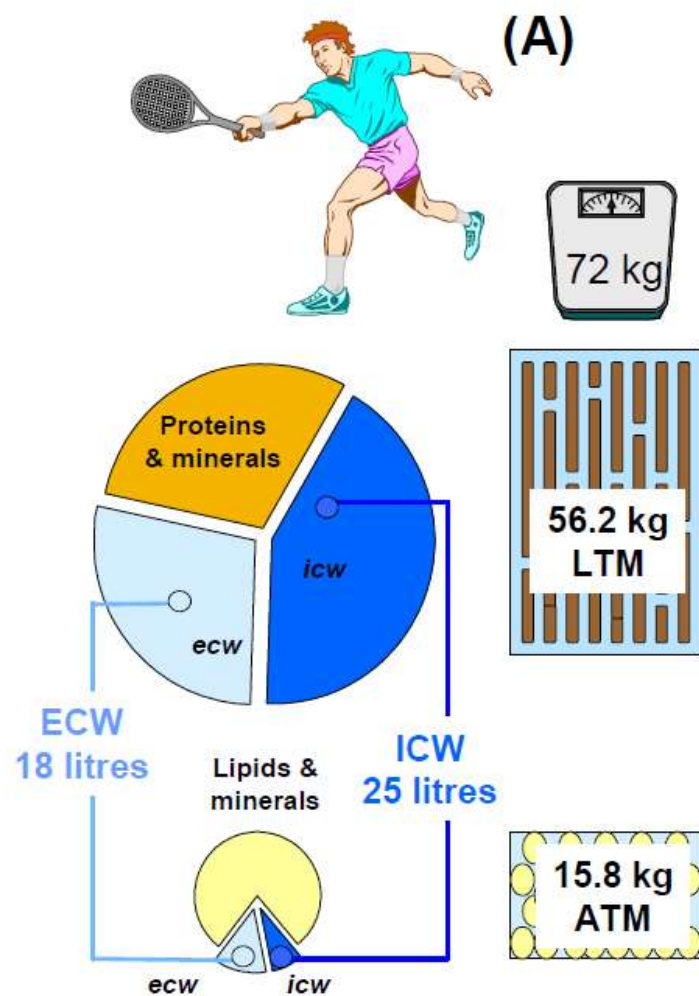
# Složení FFM a FM



# Složení LTM a ATM s podílem ECW a ICW



# Složení těla u dvou osob s rozdílnou konstitucí



# Bioimpedanční analýza

## Princip:

- Využití střídavého proudu nízké intenzity cca 700  $\mu\text{A}$  (pro polarizaci buněk)
- Průchod proudu je daný odporem tkání, resp. obsahem vody
- Čím vyšší obsah vody – menší odpor tkáně -vyšší průchod proudu – menší podíl tukové tkáně (obsah pouhých 20 % vody)
- Neměříme odpor, ale impedanci (vzhledem k použitému střídavému proudu)
  - BIA - běžná bioimedanční analýza měří impedanci pouze při jedné frekvenci 50 KHz (proud projde ICW a ECW)
  - BIS – bioimpedanční spektroskopie měří u 50 frekvencí (od 5 do 1000 kHz)



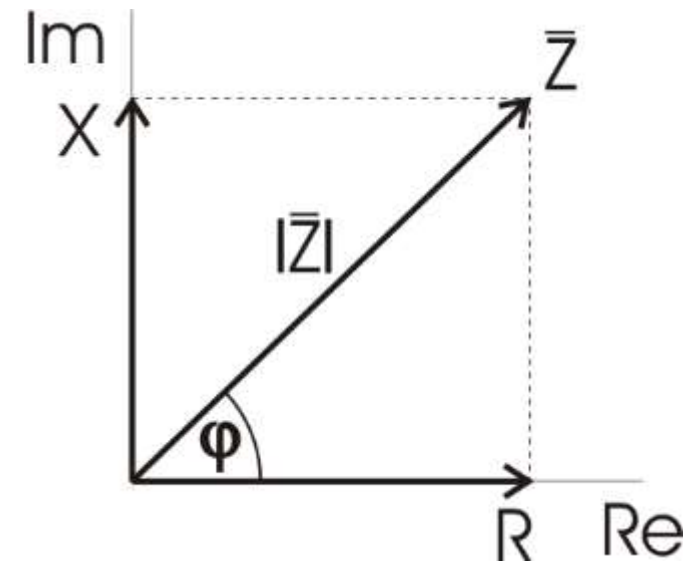
**Impedance (Z)** je vyjádřena dvěma parametry → měří BS

- **Rezistence (Ri)**

- tělesný odpor vzhledem k toku měnících se elektrických proudů,
- čím vyšší obsah vody a elektrolytů v těle – tím nižší rezistence

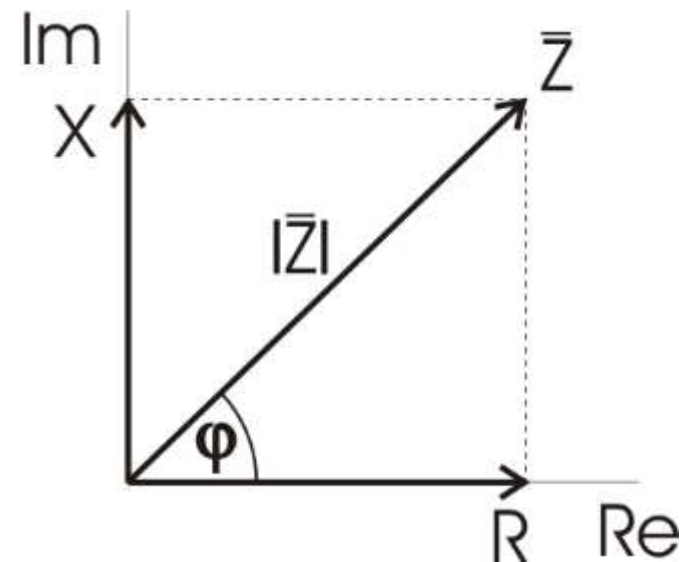
- **Reaktance (Xc)**

- odpovídá kapacitním vlastnostem buněčné membrány,
- závisí na integritě, funkci a složení buňky



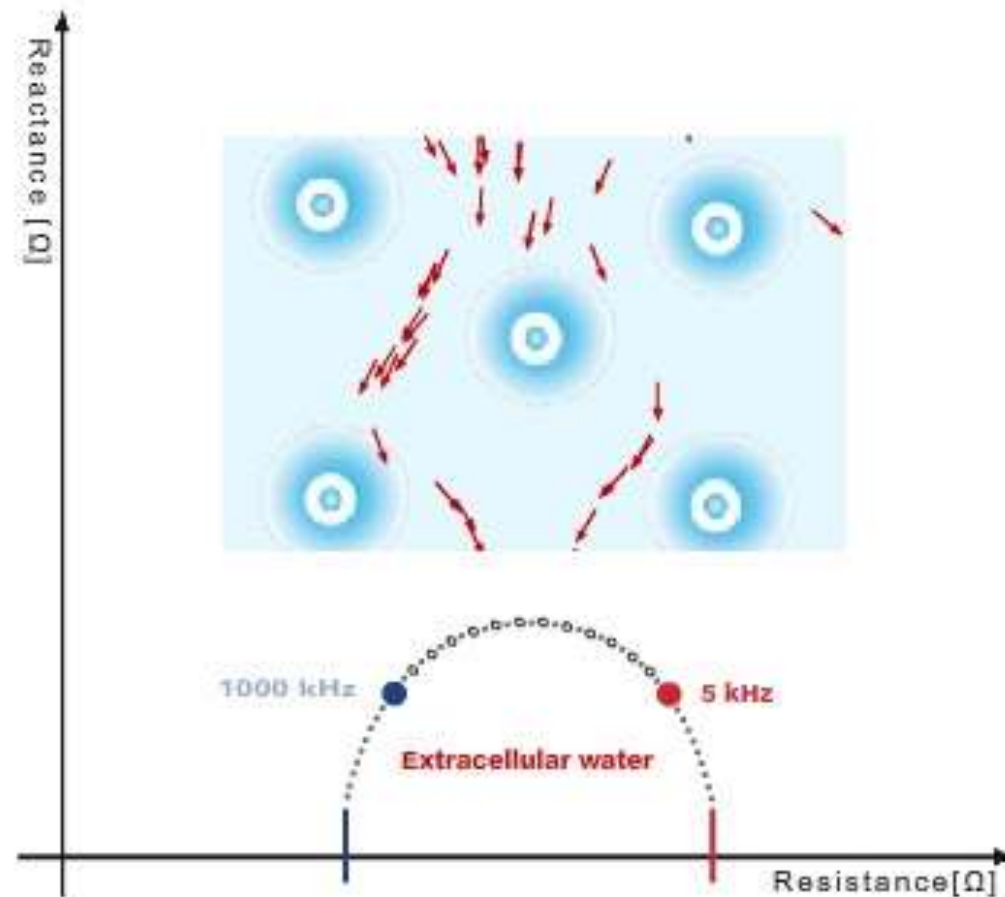
# Jak vypočítat impedanci?

- $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$  (Pythagorova věta)
- $X_c = Z \cdot \sin\varphi$ 
  - Pro výpočet  $X_c$  u BCM (nezobrazuje tuto hodnotu)



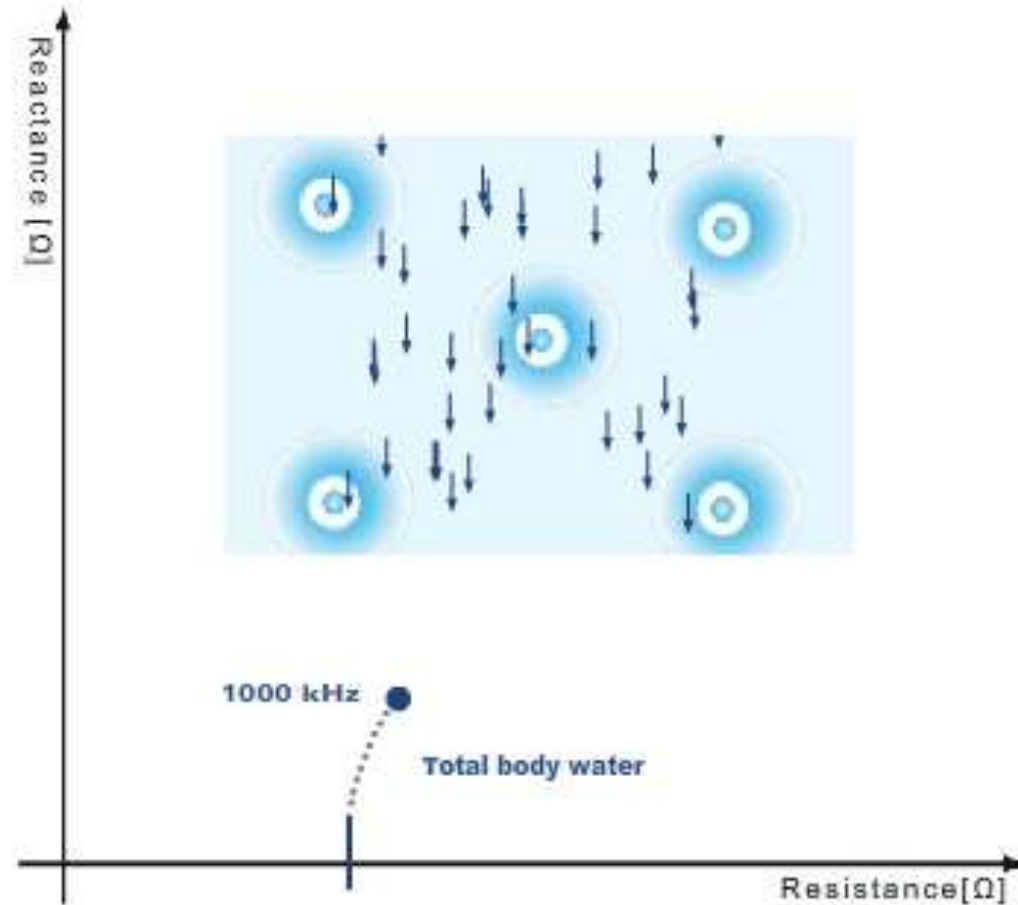
# Měření množství extracelulární tekutiny (ECW)

nízké frekvence proudu procházejí pouze ECW, neprojdou buněčnou membránou



# Měření celkového obsahu vody (TBW)

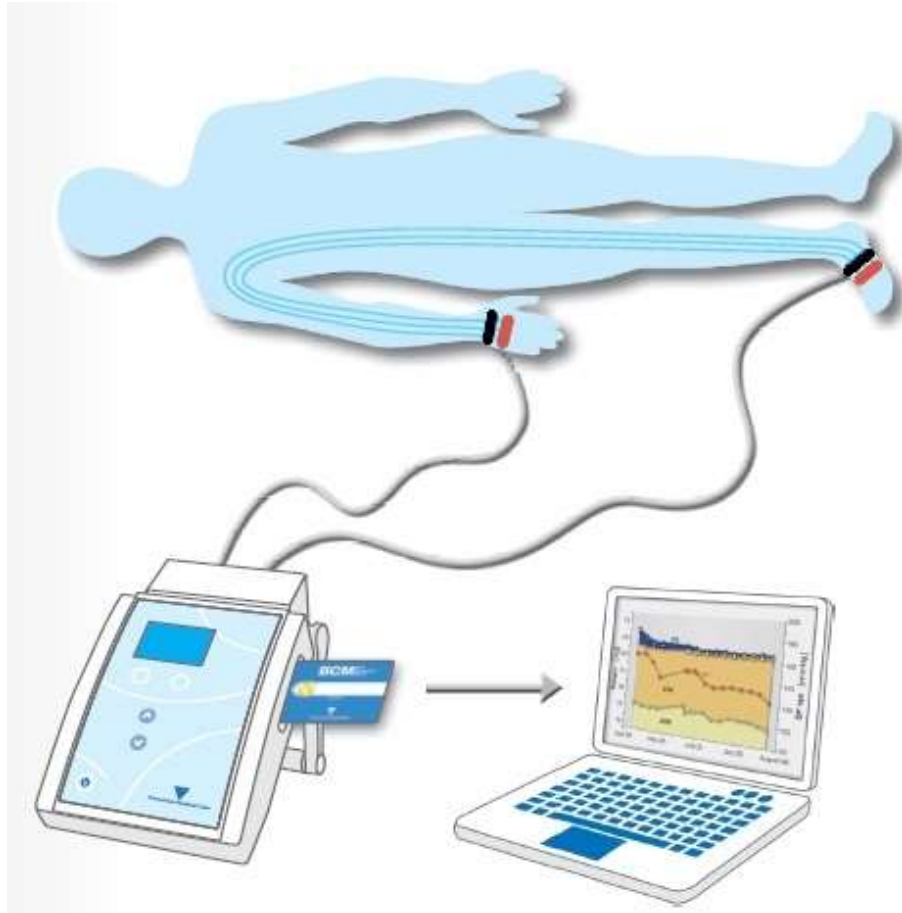
vysoké frekvence pronikají i buněčnými membránami



# Bioimpedanční spektroskopie – měření

přístroje:

Fresenius Medical Care AG & Co., Německo  
Multiscan 5000 Bodystat, VB



## Elektrody

- 2 na horní končetině
- 2 na dolní končetině

### - proximální elektroda

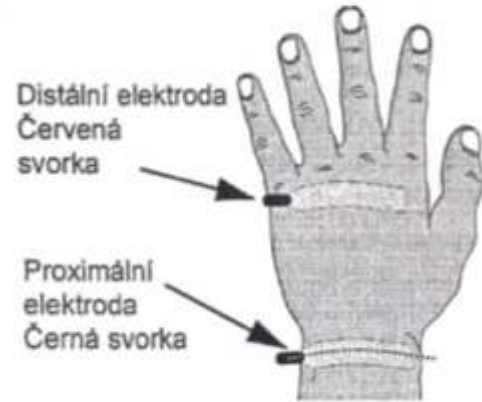
v ohybu kloubu (černá svorka, měřicí,  
velmi důležité je správné umístění)

### - distální elektroda

směrem k prstům (červená svorka,  
tudy vstupuje proud do těla)

# Umístění elektrod

## Umístění elektrod



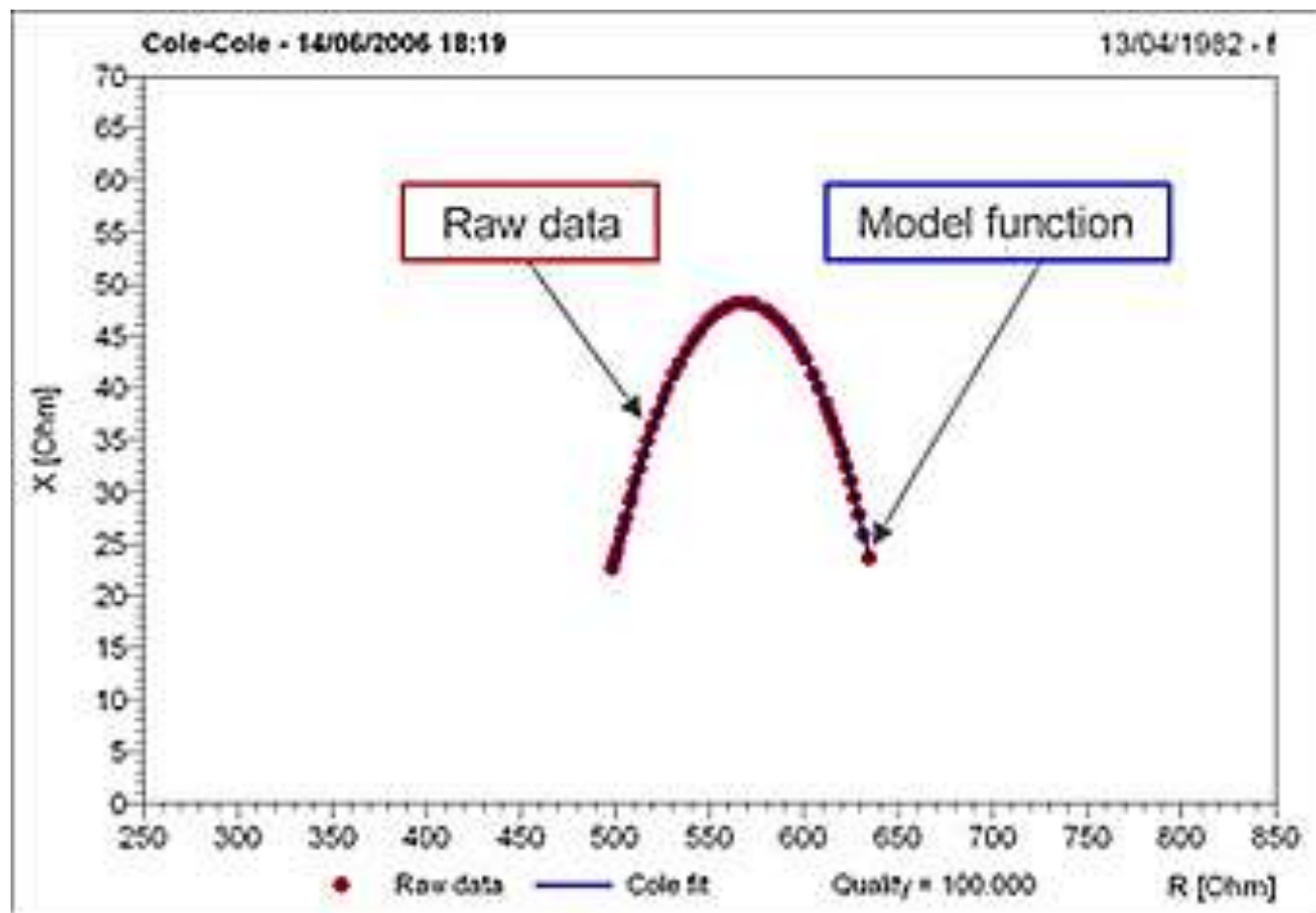
- Elektrodu (distální) umístíte na hřbetu ruky nad kotník ruky, jinou elektrodu (proximální), **pokud možno přesně** podél imaginární linky, protínající kloub zápěstí.



- Elektrodu (distální) umístíte na hřbetu nohy nad kotník nohy, jinou elektrodu (proximální), **pokud možno přesně** podél imaginární linky, protínající kotník nohy.

# Bioimpedanční spektroskopie – měření

## aplikace Cole-Cole diagramu při vyšetření a Hanai modelu



### Cole-Cole diagram

- Ideální model
- Zobrazuje optimální křivku závislosti resistance na reaktanci vždy při specifické frekvenci
- Modře zobrazeny ideální hodnoty
- Červeně = naměřené hodnoty
- Přístroj vyhodnocuje míru shody naměřeného s ideální hodnotou – vyjadřuje jako Quality (100 % je max. shoda)

# Bioimpedanční spektroskopie – měření

aplikace Cole-Cole diagramu při vyšetření a Hanai modelu

## Hanai model

The equation for the ECW is

$$ECW = k_{ecf} F_{ecf}$$

where

$$F_{ecf} = (Wt^{1/2}Ht^2/R_{ecf})^{2/3}$$

and  $Wt$  is weight,  $Ht$  is height,  $R_{ecf}$  is zero-frequency resistance from the Cole-Cole model, and  $k_{ecf}$  is a constant obtained by regressing the ECW measured by bromide dilution against  $F_{ecf}$ .



# Bioimpedanční spektroskopie – měření

aplikace Cole-Cole diagramu při vyšetření a Hanai modelu

## Hanai model

The equation for ICW is

$$\text{ICW} = r_{\text{IE}} \text{ECW}$$

where ECW is predicted as above and  $r_{\text{IE}}$  (the ratio of ICW to ECW measured by dilution) is calculated by iteration with use of the following equation from Hanai

$$(1 + r_{\text{IE}})^{5/2} = r_{\text{LH}}[1 + (r_{\text{IE}} k_p)]$$

where  $r_{\text{LH}}$  is the ratio of the resistance at zero to that at infinite frequency estimated from the Cole-Cole model and  $k_p$  is a constant. This constant is determined by regressing  $[(1 + r_{\text{IE}})^{5/2}/r_{\text{LH}} - 1]$  against  $r_{\text{IE}}$ .

# Měřené parametry pomocí BIS

## OH (overhydration) [l]

- Nadbytečná extracelulární tekutina (zpravidla voda)
- Může se podílet na tvorbě edémů v těle
- Norm. hodnota -1 až +1 l
- Využíváno na dialýze pacientů při renálních insuficiencích

## OH class

- +1 (nadbytek OH)
- 0 (normální hodnota)
- -1 (deficit, dehydratace)

## TBW (total body water) [l]

## ECW (extracelular water) [l]

## ICW (intracelular water) [l]

## E/I (poměr ECW/ICW)

## E/I class

- +1 (nadbytek ECW)
- 0 (fyziologická hodnota)
- -1 (nadbytek ICW)

# Měřené parametry pomocí BIS

LTM (lean tissue mass, netučná hmota – svalovina, orgány) [kg]

LTMI (lean tissue mass index) =  $LTM/výška^2$  [kg/m<sup>2</sup>]

ATM (adipose tissue mass, tuková hmota – tuk + voda + pojivová tkáň) [kg]

Fat (fat – pouze samotný tuk) [kg]

FTI (fat tissue index) =  $Fat/výška^2$  [kg/m<sup>2</sup>]

BCM (body cell mass, metabolicky aktivní buněčná hmota) [kg]

Re (rezistence při 0 kHz) [Ohm]

Ri (rezistence intracelulární) [Ohm]

Cm [nF] elektrická kapacitance intracelulární membrány (důl. pro Cole-Cole model),

- vysoká charakterizuje velké zásoby mobilizovatelné energie,
- nízká hodnota znakem malnutrice (problém buněk skladovat energii).

Alpha - centrum semicirkulární křivky CC modelu, hodnota vytváří posun nahoru CC křivky

Td [ns] nežádoucí rozptyl kapacitance,

- nastává u vyšších frekvencí, čas potřebný k odstranění deformity vyvolané body mimo CC model

Quality (shoda naměřených hodnot s modelovými z Cole-Cole modelu)

# Podmínky reprodukovatelných bioimpedančních měření

## Vážení a měření výšky

- správné změření výšky je důležité
  - přesnost na 0,5 cm, změna v 1 cm znamená změnu v množství tukové tkáně od 0,5 do 1 % - závislé na obvodu
  - měřit výšku u vzpřímené osoby bez bot
- vážit přesně bez oděvů (přesnost na 0,1 kg)
- Před BIA vyprázdnit moč. měchýř

Zdroj chyb	$\Delta$ ECW [litr]	$\Delta$ ICW [litr]	$\Delta$ OH [litr]	$\Delta$ LTM [kg]	$\Delta$ Tuk [kg]
Výška (1 cm)	0.13	0.18	0.13	0.50	0.54
Hmotnost (200g)	0.02	0.03	0.03	0.05	0.19
Hmotnost (1.1 Kg)	0.09	0.12	0.10	0.28	1.06

Chyba v zadaných údajích ovlivní především obsah **Tuků**

## Elektrody

- Zahájit měření až po 2 min po nalepení elektrod (vzhledem k hydrogelu na elektrodách)
- Správné umístění elektrod na ruce a noze – nutné černou elektrodu dát na imaginární linii
  - umístění o 1 cm mimo znamená zkreslení % tuku,
  - vzdálenost mezi dvěma elektrodami min. 3 cm, lepší 5 cm
- Použití elektrody pouze jednou
- Odmastit pokožku, pokožka nesmí být popraskaná

# Faktory ovlivňující přesnost měření

## Konzumace jídla a nápojů

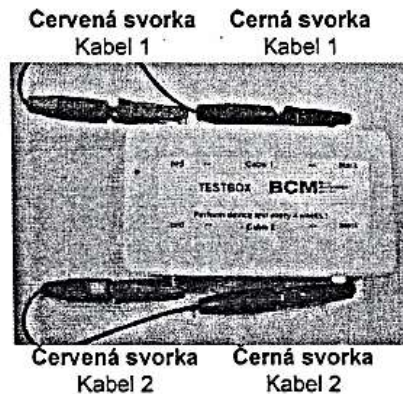
- Po 2 hod po konzumaci – snížení impedance o 4 – 12  $\Omega$  (chyba cca 3 %)
- Rozdílné výsledky v období lačnění a normální výživy
- Nejlépe 8 hod před vyšetřením nejíst, nepít, bez alkoholu

## Při měření vždy ležet na zádech

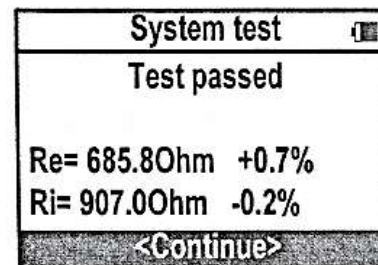
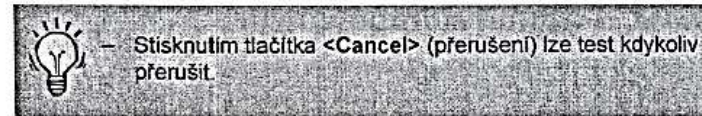
- ležet min. 3 – 4 min před měřením (stabilizují se tělesné tekutiny v těle)
- pacient v klidu
- bezprostředně po cvičení – nižší R o 3 %, impedance o 8 % v porovnání 1 hod po cvičení nárůst o 3 % (R o 17  $\Omega$ )
- osoba ležící v posteli několik hod až dní – chyba cca 1 – 1,5 l v TBW v porovnání s osobou, která leží pouze 5 min (větší chyba v ECT díky gravitaci)
- pozice končetin – abdukce – paže 30°, DK 45°
  - ! vnitřní část stehen se nesmí dotýkat (běžný problém, když jsou lůžka úzká, v takovém případě vložit mezi stehna ručník)
  - u obézních vložit izolač. mat. mezi paži a mezi stehny
- neměřit u žen před a v průběhu menstruace
- vyšší příjem tekutin před vyšetřením (bude-li v žaludku, bude obsažena v hmotnosti, ale nikoliv v měřených tekutinách)
- změny prokrvení končetin (horečka, pohyb před vyšetřením...)
- zvýšená teplota těla (každý °C chyba o 1-2 % v měřených parametrech)
- BIA může ovlivnit činnost pacemarkeru a defibrilátoru
- po dialýze – BIA za 20 – 30 min
- léčiva ovlivňující BIA – steroidy, růst. hormon, diuretika

# Systemový test u BCM Fresenius

- Provést 1x za měsíc
- Kontrola správnosti měření bioimpedance



- Po vyzvání připojte připojovací kabel elektrod tak, jak je zobrazeno na testovacím boxu.
- Tlačítkem <Continue> (dále) potvrďte.
- Tlačítkem <Start> (start) systémový test spusťte.



## System test (Systémový test)

Měření probíhá. Během výpočtu dat naměřených údajů se zobrazí optimalizační obrazovka.

**Test passed (obstání při testu)** se zobrazí, obstál-li systém při testu.

Naměřené odpory  $R_e$  a  $R_i$  se zobrazí společně s procentuální odchylkou od předepsané hodnoty.

Je-li odchylka < 2%, obstál systém při systémovém testu.

- Stiskněte tlačítko <Continue> (dále), abyste se dostali do systémové nabídky.

# Systemový test u Multiscan

- Provézt 1x za měsíc
- Kontrola správnosti měření bioimpedance

3. Pokud nebyla zadána žádná vstupní data, na zařízení se po měření zobrazí pouze surová data. Výsledky všech 50 hodnot impedancí by měly být mezi **496** a **503**. To znamená, že je povolena přibližně 0,5 % odchylka na každou stranu od 500 ohmů u kalibrátoru **BODYSTAT**. Pokud byly zadány vstupní data, zvolte ikonu tabulky Raw data na panelu nástrojů, abyste zobrazili hodnoty impedance.

4. Jestliže hodnoty nespadá do uvedeného rozsahu, měli byste zkontrolovat, jestli:

- jsou kabely správně připojeny podle výše uvedeného návodu?

5. Jestliže jsou výsledky stále špatné, prosím zajistěte, aby byla baterie plně dobita.



Kalibrátor Bodystat      Červený a černý krokodýlek  
*Hodnoty Impedance musí být mezi 496 a 503*

# KONTROLA KVALITY PŘESNOSTI MĚŘENÍ (Multiscan)

- Dvě metody:
  - 1. Rychlá kontrola - Illness Prediction Marker/ Index Dehydratace - hodnota musí být  $< 1,00$ . Nicméně, to nemusí být přesvědčivý důkaz.
  - 2. Zkontrolujte ihned po měření všechny čtyři hodnoty impedance.

Při pohledu na hodnoty impedance to znamená, že při každé následné frekvenci MUSÍ být hodnota impedance nižší, než je předchozí hodnota impedance.

Frekvence Khz	5	50	100	200
Impedance (Hodnota (Ohmů))	588	505	475	454



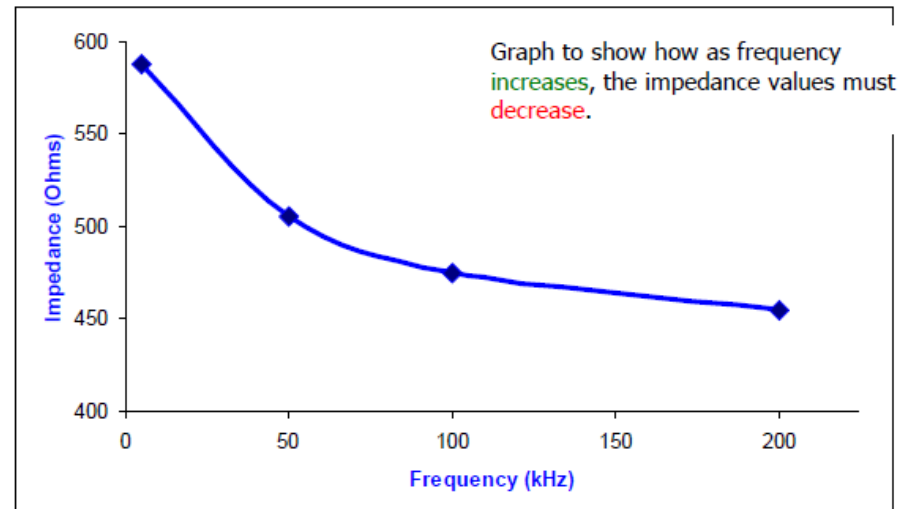
# KONTROLA KVALITY PŘESNOSTI MĚŘENÍ (Multiscan)

- Dvě metody:
  - 1. Rychlá kontrola - Illness Prediction Marker/ Index Dehydratace - hodnota musí být  $< 1,00$ . Nicméně, to nemusí být přesvědčivý důkaz.
  - 2. Zkontrolujte ihned po měření všechny čtyři hodnoty impedance.

Pokud se všechny hodnoty zanesou do grafu, výsledná křivka by měla být hladká s minimálními nebo žádnými "hrboly". Datové body a křivka by měly ležet na nebo velmi blízko u sebe. Tabulka a graf to znázorňují.

Grafické zobrazení surových dat je znázorněno výše:

**Zdravá žena, Illness Prediction Marker 0.772, Phase Angle 6.3°**



# Přesnost měření u Multiscan

- Přesnost 5 kHz Impedance : +/- 2  $\Omega$  (ohm)
- 50 kHz Impedance : +/- 2  $\Omega$
- 50 kHz Resistance : +/- 2  $\Omega$
- 50 kHz Reactance : +/- 1  $\Omega$
- 50 kHz Phase Angle : +/- 0.2°
- 100 kHz Impedance : +/- 3  $\Omega$
- 200 kHz Impedance : +/- 3  $\Omega$
- >200 kHz Impedance : +/- 3  $\Omega$

# Přesnost měření u BCM

ECW	±1 l referenční metoda natrium Bromid diluce
ICW	±1 l referenční metoda celé tělo kalium
TBW	±1.5 l referenční metoda deuterium diluce
BCM	1 kg celé tělo kalium 4 C model a DEXA
Tuk	±1,5 kg referenční metoda DEXA a4C model

Reprodukovatelnost u vícenásobných měření při přihlédnutí k standardní odchylce činí 1% Coefficient of variation (variační koeficient) (ECW, ICW, TBW) a 4% coefficient of variation (tuk BCM, LTM).

# Reproduktivita výsledků

## Koeficient variace (intra-personální měření)

- V rámci jednoho dne cca 1 – 2%
- V rámci dnů nebo týdne cca 2 -3,5 %
- Reproductivita/přesnost cca 2,7 – 4 %
- Pro TBW predikční chyba cca 3 – 8 %, pro FFM 3,5 – 6 %

*Kyle et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition 2004; 23:1226-1243*

# Citlivé místo u Multiscan

- Před měřením – dobitá baterie
  - (vybíjecí proud je vyšší než dobíjecí, v případě, že není nabitý, i když ho dáme na nabíjení, neproběhne měření a přístroj zhasne; BCM to změří)
    - **Vyjádření výrobce** „Toto nelze jinak z důvodu zařazení přístroje do skupiny Class IIa Medical Device jako bateriového přístroje.“
  - **Multiscan udržovat stále nabitý a připravený k měření**

- Výdrž baterie přibližně **6 až 8** hodin.
- Životnost baterie se mezi 2 až 4 roky v závislosti na používání.
- Plné dobití ze zcela vybité baterie trvá přibližně **4 hodiny 30 min.**

# BIA a patologické stravy

## možné zkreslení BIA

### Malnutrice a anorexie nervosa

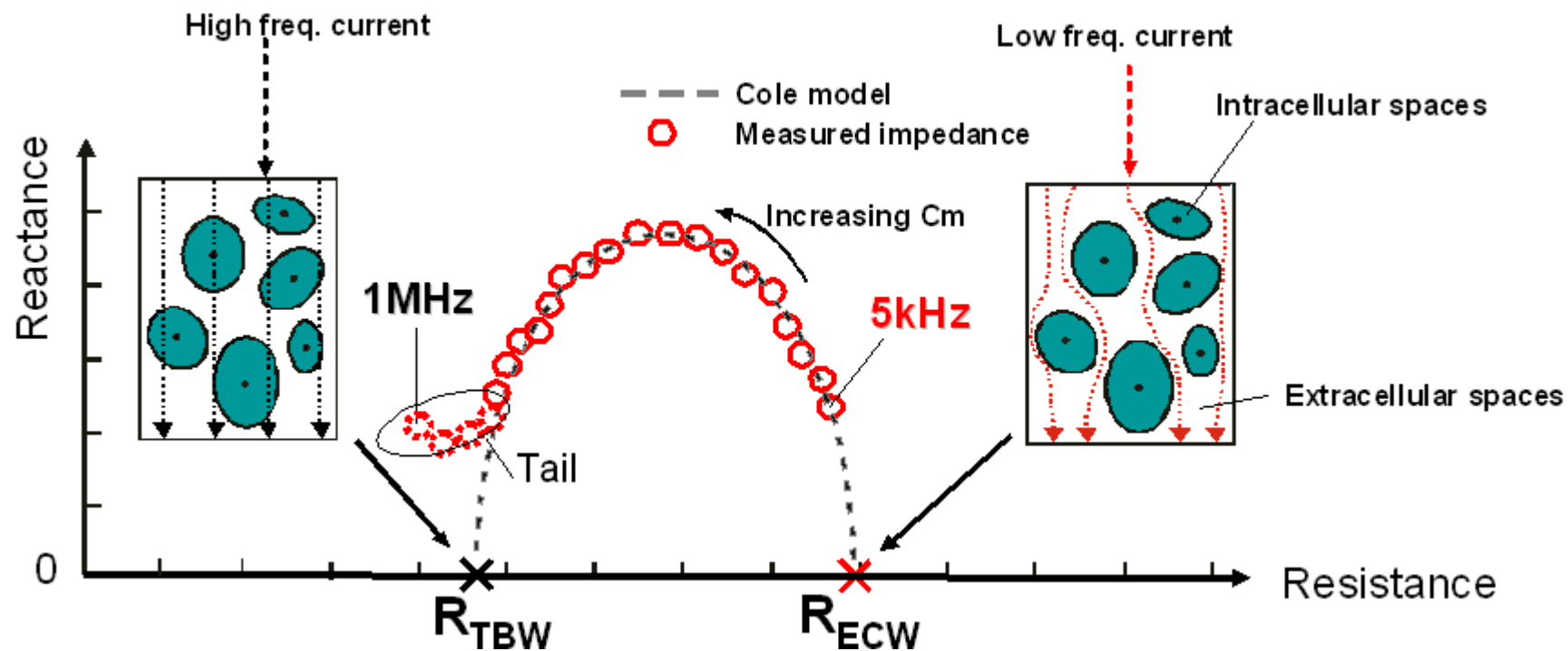
- BMI < 16 kg/m<sup>2</sup> – rozdíl hydratace tkání, ! během refeedingu

### Abnormální hydratace, edém

- ? LTM, ATM, BCM

### Neuromuskulární choroby

- Duchenneova muskulární dystrofie, posttraumatická paraplegie/hemiplegie



Intracelulární resistance  $R_i$  [Ohm] vypočítána z  $R_{tbw} = R_e * R_i / (R_e + R_i)$

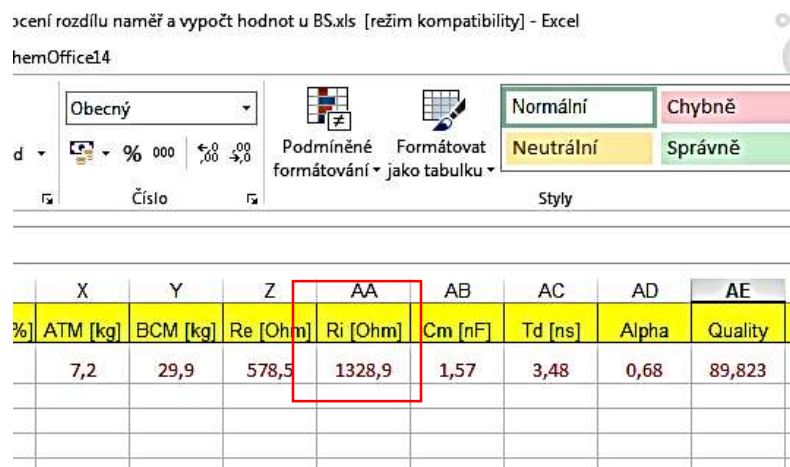
# Výpočet jednotlivých parametrů u BS

Nutnost znát (nezbytná vstupní data):

- Věk
- Hmotnost
- Výška
- BMI
- $R_e$  (rezistence při nulové frekvenci)

BCM  
Fresenius

ocenění rozdílů naměř a vypočet hodnot u BS.xls [režim kompatibility] - Excel  
hemOffice14



X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
%	ATM [kg]	BCM [kg]	Re [Ohm]	Ri [Ohm]	Cm [nF]	Td [ns]	Alpha	Quality
	7,2	29,9	578,5	1328,9	1,57	3,48	0,68	89,823

Multiscan

	BV	BW	BX	BY	BZ	
▼ Kapacita buněčné membrány		R0	Rin	$\alpha$	Charakt. frekv	V
	1011,3	741,2	553,4	0,714	53,8	1
	-2,2	49473	5438	0,694	-1328	1
	2100,7	376,6	266,9	0,612	58,6	1
	1596,6	375,8	270,6	0,664	74,3	1
	2658,1	306,9	234,4	0,775	46,1	1
	3072,2	300,5	224,6	0,695	43,5	1





# Výpočet jednotlivých parametrů u BS

Nutnost znát (nezbytná vstupní data):

- **Ri (intracelulární rezistence při nekonečné frekvenci,**
  - Rin při 1000 kHz u Multiscan
    - Z něho výpočet  $R_i = R_{in} * R_e / (R_e - R_{in})$

	BV	BW	BX	BY	BZ	
▼ Kapacita buněčné membrány ▼	R0	Rin	α	Charakt. frekv	V	
	1011,3	741,2	553,4	0,714	53,8	1
	-2,2	49473	5438	0,694	-1328	1
	2100,7	376,6	266,9	0,612	58,6	1
	1596,6	375,8	270,6	0,664	74,3	1
	2658,1	306,9	234,4	0,775	46,1	1
	3072,2	300,5	224,6	0,695	43,5	1

BCM  
Fresenius

# Výpočet množství ECW a ICW u BIS

- Predikce tekutin dle BMI

ECW (dle korelace s NaBr)

- $ECW = (a/BMI + b) * (H^2 * W^{0.5} / R_e)^{2/3}$

ICW (dle korelace s celkovým tělesným K)

- $ICW = (c/BMI + d) * (H^2 * W^{0.5} / R_i)^{2/3}$

(H = výška, W = váha, R = resistance extracel a intracel, BMI = body mass index)

*U. Moissl et al., "Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease", Physiol. Meas. 27 (2006)*

## Predikce TBW dle antropometrických parametrů podle Watsona

- (A=age, W=weight, H=height)
- *male:  $2.447 + 0.1074 H + 0.3362 W - 0.09516 A$*
- *female:  $-2.097 + 0.1069 H + 0.2466 W$*

*Watson et al., "Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements", Am J Clin Nutr 33 (1980).*

# TBW – celková tělesná voda

- U normálně hydratované tkáně

TBW (dle korelace s  $D_2O$ )

- $TBW = ECW + ICW$
- $TBW = OH + 70\% \text{ vody z LTM} + 20\% \text{ vody z FM}$

# Výpočet celkového množství vody u těhotných žen

## Nezbytná vstupní data:

- Hmotnost
- Výška
- BMI
- $R_e$  (rezistence při nulové frekvenci)
- $R_i$  (intracelulární rezistence při nekonečné frekvenci,
- Obvod pasu
- Hematokrit
- Reaktance (jenom Multiscan zobrazuje)

# Výpočet celkového množství vody u těhotných žen

$$\begin{aligned} \text{Total body water adjusted for pregnancy} &= 0.7 (\text{height}^2 / \text{resistance}) \\ &+ 0.051 (\text{abdominal circumference}) \\ &- 0.069 (\text{weight}) - 0.029 (\text{reactance}) \\ &- 0.043 (\text{hematocrit}) + 2.833 \end{aligned}$$

*Lukaski HC, Siders WA, Nielsen EJ, Hall CB. Total body water in pregnancy: assessment by using bioelectrical impedance. Am J Clin Nutr 1994; 59:578–585.*

*Silva et al. Bioimpedance in Pregnant Women with Preeclampsia. Hypertension in Pregnancy 2010; :1–10,*

Nutriční index =  $ECW / ICW$



# Výpočet množství LTM, OH a FTM u BIS

## LTM a FTM (dle korelace s DEXA)

- $LTM$  (norm. hydratovaná) =  $2.725 \times ICW + 0.191 \times OH - 0.191 \times W$
- $LTMI$  (lean tissue mass index) =  $LTM/výška^2$  [kg/m<sup>2</sup>]
  
- $FTM$  (norm. hydratovaná) =  $W - LTM - OH$
- $Fat = 0,753 \times FTM$
- $FTI$  (fat tissue index) =  $Fat/výška^2$  [kg/m<sup>2</sup>]

# Výpočet množství OH u BIS

- Nahromaděná extracelulární tekutina, bílkoviny a minerální látky
- $OH = 1.136 \times ECW - 0.430 \times ICW - 0.114 \times W$

*Chamney PW et al. Am J Clin Nutr 2007;85:80 –9.*

# Výpočet množství skeletálního svalstva (SM)

- Odvozeno pomocí korelace s MRI

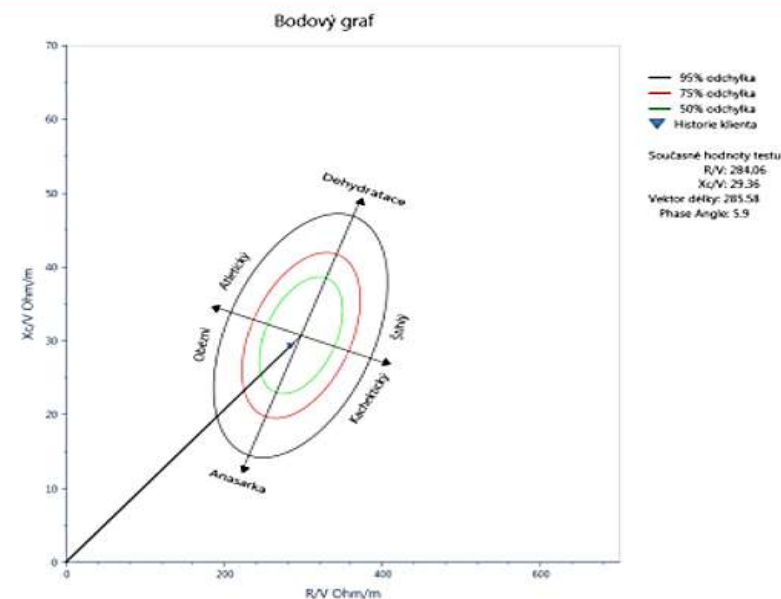
- $SM [kg] = [(H^2 / R \times 0,401) + (G \times 3,825) + (A \times -0,071)] + 5,102$

- (H=height v cm; R=resistence v ohm; G pro M=1, Ž=0; A=age v letech)

*I. Janssen, S. Heymsfield, R. Baumgartner, R. Ross. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. J Appl Physiol 89:465-471, 2000.*

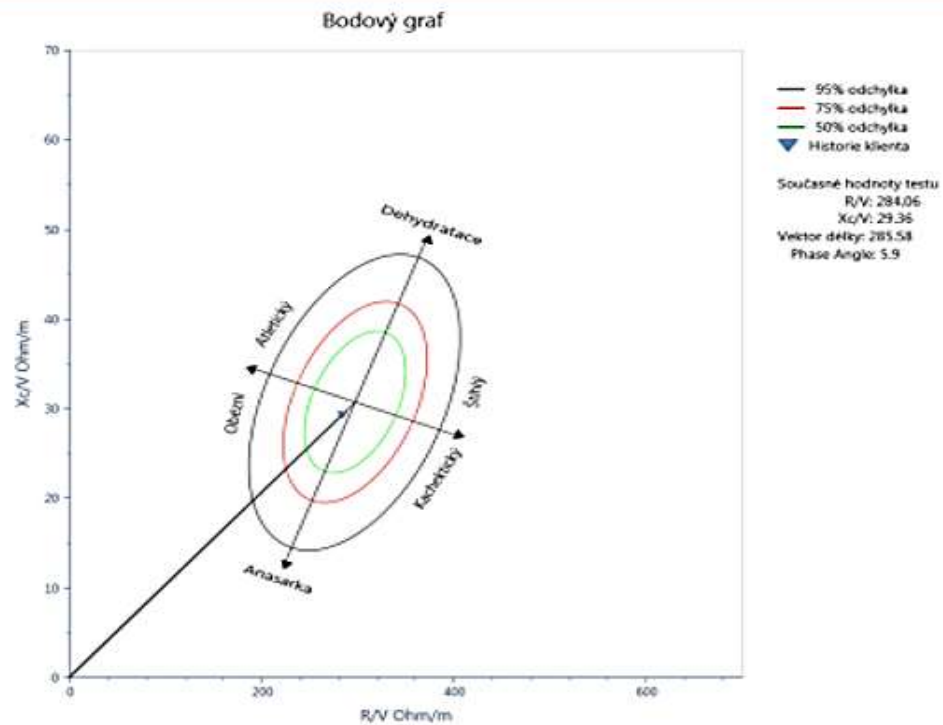
# BIVA – bioelectrical impedance vector analysis

- Vyvinul Piccoli et al 2002
- Vyjádření impedanční chyby měření x biologická variabilita
- Vektorová analýza – srovnání s referencí 50%, 75% a 95% toleranční percentily zdravé populace
  - Elipsy se mění s věkem a velikostí těla
  - U kriticky nemocných pac., renálních, obézních – vektory jsou mimo 75% toleranční elipsu – indikují abnormální impedanci
    - Progresivní změny v hydrataci tkání
    - Indikuje méně BCM (LBM)



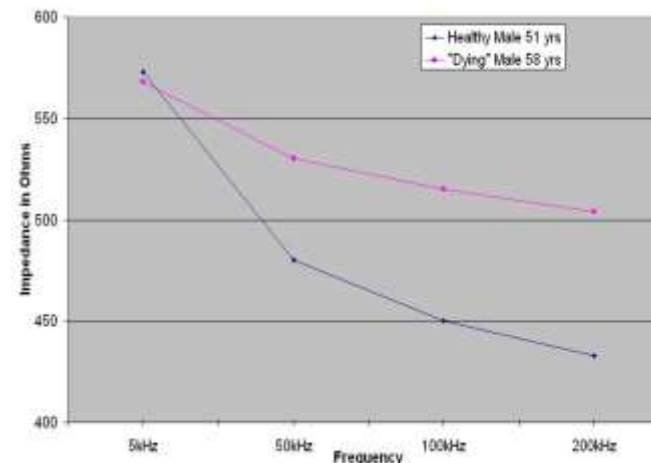
# BIVA parametry

- $R/V$  = Resistance při 50 kHz/výška v m
- $Xc/V$  = Reactance při 50 kHz/výška v m
- Vektor délky = Impedance při 50 kHz/výška v m

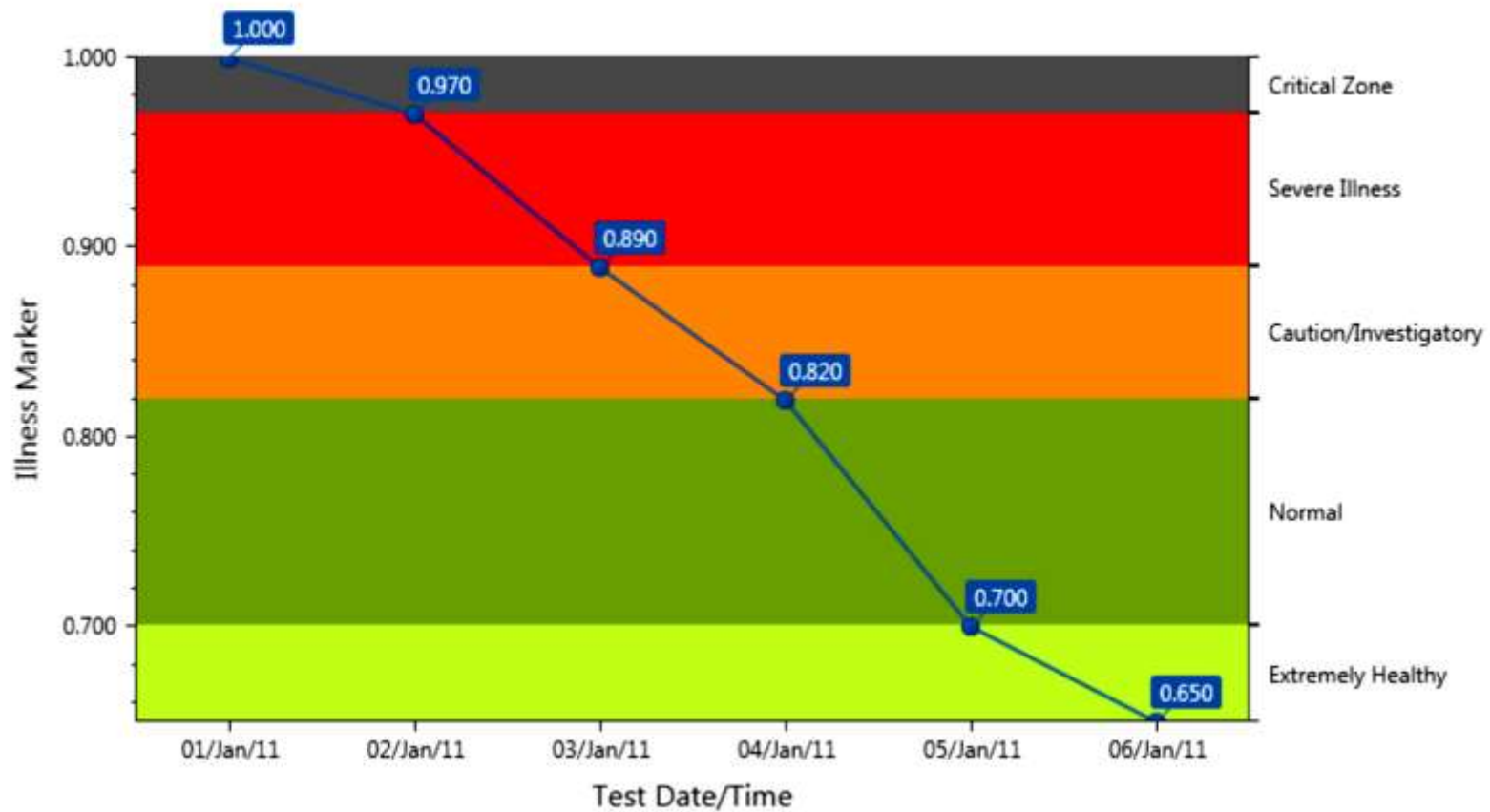


# Illness marker (predikční marker)

- $IM = Z\ 200\ \text{kHz}\ [\text{Ohm}] / Z\ 5\ \text{kHz}\ [\text{Ohm}]$
- $IM = IC / EC$
- Označovaný také jako predikční marker
  - Pro zdravého jedince hodnota okolo **0,75 a méně**,
  - pro kriticky nemocného IM se zvyšuje na okolo **0,86**,
  - pro umírající dokonce okolo **1,00**.
- Expanze ECW a ztráta ICW - typický znak pro systémová onemocnění,
  - Prediction Marker - pomáhá k časnému odhalení lymfedému a pooperačních komplikací, pohybu tekutin a úniku tekutiny z buněk.
  - souvisí s únikem proteinů do extracelulárního prostoru a ztrátou intracelulárních bílkovin.
  - pro chirurgické pacienty přímým prediktorem mortality je *ztráta intracelulárního K<sup>+</sup> a extracelulárního akumulace Na<sup>+</sup> ve vzrůstajícím celotělesném poměru Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>*.
- *Impact of oedema on recovery after major abdominal surgery and potential value of multifrequency bioimpedance measurements. E. Itobi, M. Stroud and M Elia. Br J Surg. 2006 Mar; 93(3):354-61. SO16 6YD, UK.*
- *Body composition analysis in chronically ventilated patients: an additional tool for weaning prediction. P. Singer, et al.. Presented at ESPEN in Florence, Italy September 2008*

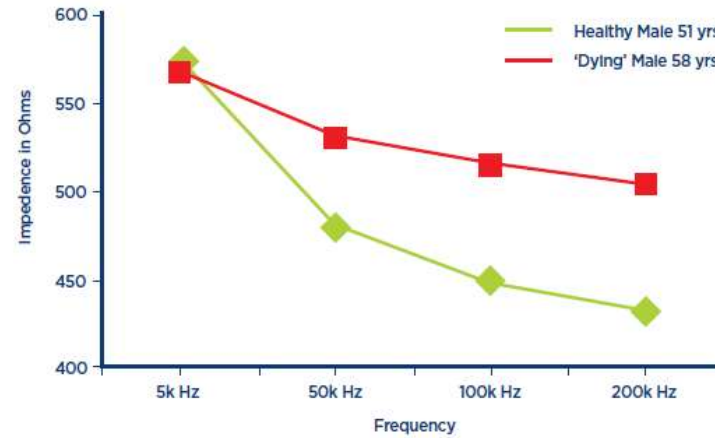


### Illness Marker Trend



## HEALTHY v's DYING MALE

Figure 4



Loss of intra-cellular potassium and extra-cellular accumulation of sodium result in an increased whole-body exchangeable  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ratio, which is a strong predictor of mortality in surgical patients. The resistance of the cell membrane at 5 kHz, is therefore

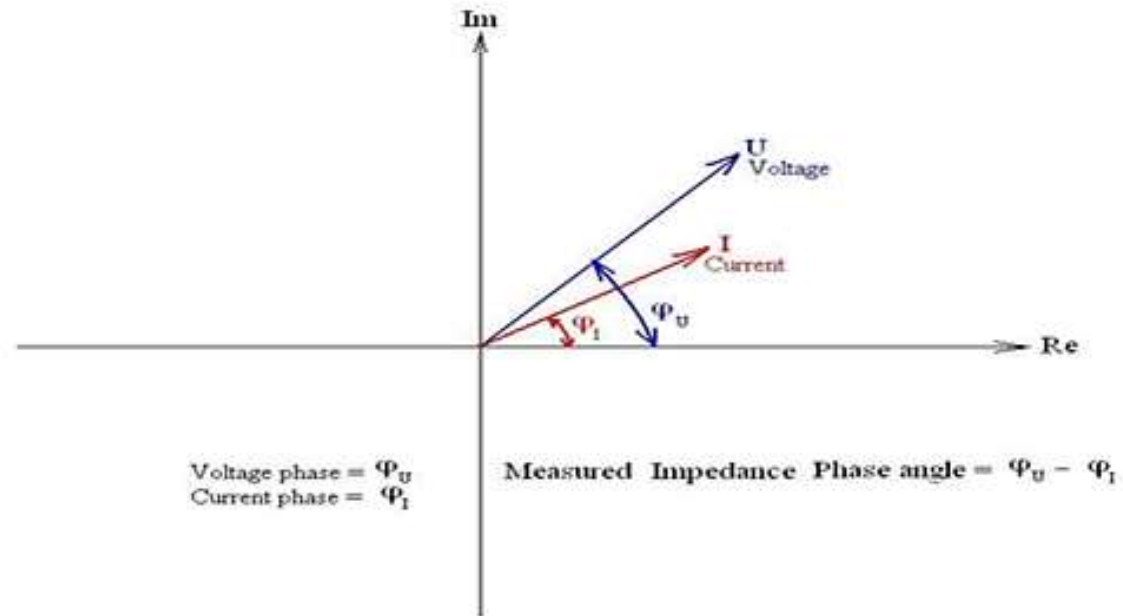
significantly reduced in the case of critical illness and the difference between the Impedance values at 5 kHz and 200 kHz is markedly closer to each other resulting in a higher ratio, indicating cellular deterioration.



# Fázový úhel při 50 kHz = Phi 50 kHz [°]

## Tvořen dvěma parametry

- Rezistencí (tělesný odpor vzhledem k toku měnících se elektrických proudů, čím vyšší obsah vody a elektrolytů v těle – tím nižší rezistence)
- Reaktance (odpovídá kapacitním vlastnostem buněčné membrány, závisí na integritě, funkci a složení buňky)



# Fázový úhel při 50 kHz = Phi 50 kHz [°]

Fázový úhel – vyjadřuje jak množství, tak kvalitu jemných tkání (membránová permeabilita a hydratace tkání).

Závisí na:

- Na reaktanci související s celularitou, velikostí buněk a integritou buněčných membrán
- Na resistenci, závislé na hydrataci tkáně.

Fázový úhel - signifikantně větší u mužů (mají více svaloviny), než u žen ve všech věkových kategoriích.

Fázový úhel - interpretovaný jako indikátor membránové integrity a distribuce vody mezi intra- a extra-celulárním prostorem.

Hodnoty:

- Typické hodnoty mezi 2 a 12 stupni.
- Nízké hodnoty – indikátor poškození membrán a neschopnost buňky skladovat energii
- Vysoké hodnoty – intaktnost buněčných membrán a vysoký obsah buněčné hmoty
- Pro M fyziologická hodnota PA > 5
- Pro Ž PA > 4,6

# Fázový úhel při 50 kHz = Phi 50 kHz [°]

## Patologie:

- PA je indikátorem zdraví buňky, nezávislý na výšce a hmotnosti
- Nezávislý prediktor mortality u srdečního chronického selhání

*Castillo-Martinez, et al., Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure, Nutrition (2012), doi:10.1016/j.nut.2011.11.033*

- Marker rizika nutričního a mortality

*Kyle UG, et al., Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects, Clinical Nutrition (2012), doi:10.1016/j.clnu.2012.04.002*

- Prediktor přežití
  - u žen s nádory prsu (Gupta, 2008), u nádorů (Paiva, 2009)
  - Pro HIV (PA < 5,3) – kratší doba přežití
  - Hemodialýza (u M PA < 4,5, u Ž PA < 4,2) – u 40 % nepřežijí 2 roky
  - Peritoneální dialýza (PA < 6,0) – kratší doba přežití
  - Chronické selhání ledvin (PA < 3 mortalita u 28 %, PA > 3 mortalita pouze u 3 %)
  - Cirrhóza (PA < 5,4) – kratší doba přežití
  - Zánětu (IL-6 korelace) (Beberashvili, 2014)

Děkuji za pozornost.