

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ
KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Hodnocení možnosti predikce energetického výdeje
u polytraumatických pacientů**

Vedoucí diplomové práce: PharmDr.Miloslav Hronek,Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2011

Petra Aimová

OBSAH

OBSAH	2
1.1 Cíl studie	6
TEORETICKÁ ČÁST	7
2 Definice polytraumatu	7
3 Úrazové mechanismy polytraumat	7
4 Hodnocení závažnosti polytraumatu	8
5 Energetický metabolismus	8
5.1 Energetický výdej	8
6 Metabolismus při akutních stavech	18
6.1 Hypometabolická fáze šoku	19
6.2 Hypermetabolická fáze šoku	19
7 Stresová reakce v nemoci	21
7.1 Systémová zánětlivá reakce.....	22
8 Malnutrice v akutních stavech	22
8.1 Stresové hladovění.....	23
8.2 Malnutrice - klinický obraz	24
8.3 Malnutrice- laboratorní nálezy	25
9 Nutriční podpora u polytraumatu	26
10 Umělá výživa při traumatu	27
10.1 Složení umělé výživy při traumatu.....	27
11 Smrt u polytraumatu	28
11.1 Časové rozložení	28
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
12 Použité přístroje	29
13 Použité metody	29
14 Zpracování výsledků	33

15	Výsledky	34
15.1	Spontánně dýchající pacienti	34
15.2	Ventilovaní pacienti	44
15.3	Porovnání experimentálních a vypočtených hodnot.....	54
16	Diskuse.....	61
17	Závěr.....	62
18	Abstrakt (český)	63
19	Abstract (anglický).....	64
20	Seznam tabulek	65
21	Použité zkratky.....	67
22	Použitá literatura	68

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu.

Datum

.....

Petra Aimová

1. Úvod

Těžká polytraumata jsou na prvním místě mortality ve věku 1- 45 let. Mezi hlavní příčiny, vedoucí ke vzniku polytraumatu, patří ze 40% dopravní nehody řidičů a spolujezdců v osobních vozech. Následují je úrazy při adrenalinových sportech, dále úrazy při hobby činnostech a nakonec polytraumata vzniklá při katastrofách způsobených jak člověkem tak přírodou.

Akutní trauma je časově vymezeno přibližně po dobu tří měsíců od úrazu. Pokud byla léčba úspěšná, nastupuje komplexní rehabilitace. Ne u všech postižených je tato doba postačující. Výjimečně jsou někteří pacienti z uvedených skupin odkázáni na intenzivní péči.

Při polytraumatu dochází k ovlivnění metabolických procesů pacienta, mění se energetické nároky organismu. Nejsou-li patřičně kompenzovány, negativně ovlivňují prognózu pacienta. Je nutné mít nástroj pro diagnostiku energetické potřeby pacienta a mít možnost kompenzovat negativní důsledky metabolických změn. (Drábková, 2002)

1.1 Cíl studie

Energetický výdej polytraumatických pacientů lze sledovat pomocí základních energetických parametrů – hlavně pomocí klidového energetického výdeje (REE – resting energy expenditure) a bazálního metabolismu (BMR – basal metabolic rate). Tyto ukazatele odráží energetické požadavky organismu pacienta a změny ve vlastním energetickém metabolismu. Cílem této studie bylo porovnání celkového energetického výdeje u polytraumatických pacientů stanoveného pomocí indirektivní kalorimetrie se stanovením energetického výdeje pomocí prediktivních rovnic a výběr nejvhodnější prediktivní rovnice.

Teoretická část

2 Definice polytraumatu

Polytraumatem se označuje současné poranění nejméně dvou tělesných systémů, z nichž postižení alespoň jednoho z nich nebo jejich kombinace ohrožují základní životní funkce- dýchání, krevní oběh, vědomí a činnosti CNS i homeostázu vnitřního prostředí (Drábková, 2002).

3 Úrazové mechanismy polytraumat

Míru rizika vzniku polytraumatu při vybraných činnostech a situacích podává tabulka č.1.

Tabulka č. 1 Přehled rizik úmrtí na osobu a rok - výběr (Drábková, 2002)

Jízda na motocyklu	2×10^{-3}
Řízení závodního automobilu	120×10^{-5}
Řízení osobního automobilu	17×10^{-5}
Vysoce rizikové sporty, např. horolezení	12×10^{-5}
Usmrcení chodce při sražení vozidlem na ulici	5×10^{-5}
Usmrcení bleskem při bouři	8×10^{-7}
Smrt při letecké havárii	1×10^{-7}
Zabití pádem meteoritu	$6,5 \times 10^{-11}$

Hlavními příčinami vzniku polytraumat se tedy ukazují dopravní nehody a moderní sporty. Jedná se o každodenní či volnočasové činnosti, vykonávané nejčastěji mladými zdravými osobami. (Drábková, 2002)

4 Hodnocení závažnosti polytraumatu

Polytraumata se dají podle závažnosti rozdělit do tří základních skupin. Rozdělování probíhá na základě traumatického postižení.

Závažnost I. stupně, kdy jsou postiženy nejméně dva orgány nebo orgánové systémy, např. velké a hluboké rány, zlomeniny, mozkolebeční poranění I. stupně.

Závažnost II. stupně, kdy jsou postiženy nejméně dva orgány nebo orgánové systémy jako je uvedeno ve skupině I., např. rozsáhlé rány, zlomeniny dlouhých kostí, sériová zlomenina žeber, mozkolebeční poranění II. stupně, manifestní šokový stav.

Závažnost III. stupně, kdy jsou postiženy nejméně dva orgány nebo orgánové systémy jako je uvedeno ve skupině II., např. velké rány a krvácení, tříštivé a kompresní zlomeniny, hrudní + břišní poranění a trhlinami orgánů, mozkolebeční poranění III. stupně, těžký šokový stav. (Drábková, 2002)

5 Energetický metabolismus

Organismus člověka je otevřený systém v ustáleném stavu mezi příjmem a výdejem energie. Zdrojem této energie je energie chemických vazeb jednotlivých živin přijímaných v potravě. Ta je pak v organismu použita pro tvorbu nových chemických vazeb, pro práci, pro vznik elektrické energie a pro tvorbu tepla. (Holeček, 2006)

5.1 Energetický výdej

Energetický výdej (EE, Energy expenditure) organismu je dán součtem energie potřebné k udržení základních životních pochodů (tzv. bazální metabolismus, BMR), energie uvolněné ve formě tepla po příjmu potravy a energie potřebné k práci. (Holeček, 2006)

5.1.1 Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR) je nejmenší množství energie nutné k pokrytí základních vitálních funkcí organismu za bazálních podmínek. Tyto podmínky jsou definovány :

- a) osoba je v duševním a tělesném klidu
- b) osoba se nachází v termoneutrální zóně

c) osoba je 12 hodin po posledním příjmu potravy a po 3 dny byl omezen příjem bílkovin.

Pro muže o hmotnosti 70 kg se BMR pohybuje kolem 7000 kJ/den, u žen je přibližně o 10% nižší. Na hodnotu BMR mají vliv i další faktory, např.: tělesný povrch, genetické faktory, věk, pohlaví, klima, tělesná teplota, humorální vlivy, stav výživy, těhotenství a menstruace.

BMR se nejčastěji stanovuje podle povrchu těla, pomocí Harrisovy – Benediktovy rovnice či pomocí dalších rovnic pro stanovení BMR (Schofieldovy, Mifflinovy, atd.).

Podmínky pro stanovení BMR jsou přísné a u řady nemocných není možno je dodržet. Proto se v praxi stanovuje **klidový energetický výdej** (REE, resting energy expenditure), který udává energetický výdej osoby v tělesném klidu a nejméně 2 hodiny po posledním jídle. Hodnota REE je přibližně o 10% vyšší než hodnota BMR. (Holeček, 2006)

Fyzicky aktivní jedinci mají vyšší BMR než neaktivní jedinci. Fyzická aktivita může být různého stupně. Tento stupeň charakterizuje stupeň fyzické aktivity (PAL-physical activity levels). (Shetty, 2005)

Následující tabulka udává hodnoty PAL v závislosti na fyzické aktivitě, změřené pomocí DLW techniky (dvojitě značená voda- doubly labelled water).

Tabulka č. 2 Hodnoty PAL v závislosti na fyzické aktivitě (Shetty, 2005)

Životní styl a úroveň aktivity	PAL
Sedavá práce, malá nebo žádná aktivita ve volném čase	1,4- 1,5
Sedavá práce, střední aktivita ve volném čase	1,6- 1,7
Práce na nohách (domácí práce, prodavač)	
Značné množství sportovních aktivit ve volném čase (30 - 60 minut 4-5 krát týdně)	+ 0,3
Namáhavá práce nebo vysoce aktivní trávení volného času	2,0- 2,4

Tedy čím vyšší fyzická aktivita, tím vyšší PAL.

Následující tabulka udává hodnoty PAL a jejich vztah k vybraným fyziologickým parametrům u dospělého jedince. Hodnoty PAL jsou odvozeny z měření pomocí DLW techniky. PAL je hodnota, která pomáhá sjednotit energetické požadavky na jediné číslo, s přihlédnutím k rozdílům v těle a k BMR. (Shetty, 2005)

Tabulka č. 3 Vlastnosti a výdej energie v různých věkových kategoriích a u obou pohlaví (Shetty, 2005)

Věková skupina	Věk	Výška (m)	Váha (kg)	BMI (kg m ⁻²)	TEE (MJ den ⁻¹)	BMR (MJ den ⁻¹)	AEE (MJ den ⁻¹)	PAL
Ženy (n)								
18-29 (89)	24,4	1,66	69,2	25,3	10,4	6,2	4,2	1,70
30-39 (76)	33,8	1,64	67,9	25,2	10,0	6,0	4,1	1,68
40-64 (47)	51,6	1,65	70,0	25,9	9,8	5,8	4,0	1,69
Muži (n)								
18-29 (56)	22,5	1,77	75,6	24,0	13,8	7,5	6,3	1,85
30-39 (36)	34,3	1,79	86,1	26,8	14,3	8,2	6,1	1,77
40-64 (15)	50,6	1,76	77,0	24,9	11,5	7,0	4,5	1,64

Kde TEE je celkový energetický výdej (total energy expenditure), AEE je energie vydaná při činnosti (energy expenditure for activity), BMI je body mass index a BMR je bazální metabolismus (basal metabolit rate).

Existuje řada faktorů, které ovlivňují bazální energetický výdej (BEE). Z tohoto důvodu se zavedl termín aktuální energetický výdej (AEE), při jehož výpočtu se pracuje s faktory, které upřesňují výpočet BEE.

$$AEE = BEE * IF * AF * TF \quad (1)$$

Kde IF je faktor poškození, AF je faktor aktivity a TF je faktor teploty.

Tabulka č. 4 Faktor poškození

Pacient	Faktor
Bez komplikací	1,0
Pooperační stav	1,1
Fraktura	1,2
Sepse	1,3
Mnohočetná poranění	1,4
Popáleniny (30%- 90%)	1,7- 2,0

Tabulka č. 5 Faktor aktivity

Pacient	Faktor
Na respirátoru (v sedaci s analgezií)	0,85
V bezvědomí	1,00
Ležící	1,1
Ležící (ale mobilní)	1,2
Mobilní	1,3

Tabulka č. 6 Faktor teploty

Teplota	Faktor
38 °C	1,1
39 °C	1,2
40 °C	1,3
41 °C	1,4

Pro přímý výpočet AEE bez použití BEE a faktorů lze použít následující rovnici:

- pro spontánně dýchající pacienty (kcal/den):

$$AEE = (629 - 11 * A) + 25 * W + 609 * O \quad (2)$$

- pro ventilované pacienty (kcal/den):

$$AEE = (1784 - 11 * A) + 5 * W + 244 * S + 239 * I + 804 * B \quad (3)$$

Kde A je věk v letech, W je tělesná hmotnost v kg, O je přítomnost obezity – BMI > 27 (O= 1, je- li nepřítomna O= 0), S je pohlaví (muž= 1, žena= 0), I je poranění (přítomno I= 1, nepřítomno I= 0) a B jsou popáleniny (přítomno B= 1, nepřítomno B= 0). (Hronek, 2011)

5.1.2 Stanovení energetického výdeje

Stanovení energetického výdeje (EE, energy expenditure) je nutné pro posouzení energetických nároků vykonávané činnosti a pro řízení výživy pacientů, kteří jsou odkázáni na enterální či parenterální výživu.

Mezi základní metody stanovení EE patří:

- a) přímá kalorimetrie - základem je předpoklad, že veškerá energie uvolněná v organismu se rovná součtu vytvořeného tepla a mechanické práce.

$$EE = \text{teplo produkované organismem} + \text{teplo evaporace} + \text{vykonaná práce}$$

- b) nepřímá kalorimetrie
- c) empirické stanovení
- d) stanovení pomocí izotopů - principem je stanovení produkce CO₂ na základě eliminace vodíku a kyslíku po perorálním podání dvojité značené vody. (Holeček, 2006)

5.1.2.1 Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá kalorimetrie je standardem pro stanovení energetického výdeje u kriticky nemocných pacientů. Nepřímá kalorimetrie se nevyužívá příliš často z důvodu vysoké ceny a nedostatku proškoleného personálu. (Walker, 2009)

Metoda je založena na měření spotřeby kyslíku a vydechovaného oxidu uhličitého. Na základě těchto údajů je poté vypočtena spotřeba energie a utilizace substrátů. Pro

výpočet je důležitá i znalost množství katabolizovaných proteinů. To je měřeno z odpadu dusíku močoviny.

Principem nepřímé kalorimetrie je, že spotřeba kyslíku a výdej oxidu uhličitého závisí na utilizaci nutričních substrátů, že všechny spotřebovaný kyslík a vylučovaný oxid uhličitý přecházejí převážně do plic, a že se kyslík ani oxid uhličitý nehromadí v organismu.

Rovnice pro výpočet REE:

$$REE = 3,94 * VO_2 + 1,11 * VCO_2 \quad (4)$$

Kde REE je klidová energetická potřeba, VO_2 je spotřeba kyslíku a VCO_2 výdej oxidu uhičitého v klidové fázi.

Součásti přístroje jsou: kanopa, analyzátor vydechovaného CO_2 a spotřebovaného O_2 , zařízení měřící objem vzduchu a procesor, který zpracovává data. (Levine, 2005; Zadák 2008)

5.1.3 Stanovení REE pomocí predikčních rovnic u zdravé populace

Pokud nelze individuální energetické požadavky změřit indirektivní kalorimetrií, použijí se predikční rovnice. Do těchto rovnic je zahrnuta váha, výška, věk a pohlaví. (Weijjs, 2008 b)

Ve dřívějších studiích jsou uváděny jako v klinické praxi nejčastěji používané rovnice Harris-Benedictova, Mifflin-St. Jeorova, Owenova a rovnice Světové zdravotnické organizace / Organizace pro výživu a zemědělství / Univerzity Spojených národů [WHO / FAO / UNU]. (Frankenfield et al, 2005)

Pro každou skupinu pacientů je vhodné použít jinou predikční rovnici – jiná vyhovuje pro skupinu dětí - WHO /FAO / UNU rovnice (Finan, 1997), jiná pro skupinu popálených dětí - WHO /FAO / UNU, Schofieldovaa Benedictova- Harrisova rovnice (Suman 2006), obézních pacientů – Benedictova - Harrisova a Mifflinova rovnice (Weijjs, 2010), starších pacientů - Benedictova- Harrisova, WHO rovnice (Gaillard, 2008).

Je důležité také upozornit na to, že je na místě jistá opatrnost při výběru rovnic. Historicky se měnilo složení populací, na kterých byla prováděna měření, z kterých byly tyto rovnice odvozeny. Starší rovnice vycházejí z měření na bělošské rase, ale pro ostatní

rasy platí jiné hodnoty. Tyto rovnice jsou odvozeny na jiné populaci, než na které se vyhodnocuje dnes. (de Rocha, 2005)

Následuje výčet rovnic:

Spojené státy

1) Benedictova - Harrisova rovnice (kcal/d)

Byla první významnou rovnicí vytvořenou v roce 1918.

- *Ženy*

$$\text{BMR} = 655,0955 + (9,5634 \times W) + (1,8496 \times H) - (4,6756 \times A) \quad (5)$$

- *Muži*

$$\text{BMR} = 66,473 + (13,7516 \times W) + (5,0033 \times H) - (6,755 \times A) \quad (6)$$

(Henry, 2005)

2) Bernsteinova rovnice (kcal/d)

- *Ženy*

$$\text{REE} = 7,48 * W - 0,42 * H - 3 * A + 844 \quad (7)$$

- *Muži*

$$\text{REE} = 11,02 * W + 10,23 * H - 5,8 * A - 1032 \quad (8)$$

3) Owenova rovnice (kcal/d)

- *Ženy*

$$\text{REE} = W * 7,18 + 795 \quad (9)$$

- *Muži*

$$\text{REE} = W * 10,2 + 879 \quad (10)$$

4) Mifflinova rovnice (kcal/d)

$$\text{REE} = 9,99 * W + 6,25 * H - 4,92 * A + 166 * X - 161 \quad (11)$$

5) Livingston- Kohlstadtova rovnice (kcal/d)

- *Ženy*

$$\text{REE} = 248 * W^{0,4356} - 5,09 * A \quad (12)$$

- *Muži*

$$REE = 293 * W^{0,4330} - 5,92 * A \quad (13)$$

Svět

6) Schofieldova rovnice (MJ/d)

- *Ženy* $A = 18-30$ $REE = 0,062 * W + 2,036$ (14)

$$A = 30-60 \quad REE = 0,034 * W + 3,538 \quad (15)$$

$$A \geq 60 \quad REE = 0,038 * W + 2,755 \quad (16)$$

- *Muži* $A = 18-30$ $REE = 0,063 * W + 2,896$ (17)

$$A = 30-60 \quad REE = 0,048 * W + 3,653 \quad (18)$$

$$A \geq 60 \quad REE = 0,049 * W + 2,459 \quad (19)$$

7) FAO (kcal/d)

Tato rovnice byla publikována v roce 1957. Byly prezentovány dva zjednodušené empirické vztahy:

- *Ženy* $A = 18-30$ $REE = 14,7 * W + 496$ (20)

$$A = 30-60 \quad REE = 8,7 * W + 829 \quad (21)$$

$$A \geq 60 \quad REE = 10,5 * W + 596 \quad (22)$$

- *Muži* $A = 18-30$ $REE = 15,3 * W + 679$ (23)

$$A = 30-60 \quad REE = 11,6 * W + 879 \quad (24)$$

$$A \geq 60 \quad REE = 13,5 * W + 487 \quad (25)$$

Německo

8) Mullerova rovnice (MJ/d)

$$REE = 0,047 * W - 0,01452 * A + 1,009 * X + 3,21 \quad (26)$$

- *Ženy* $X = 0$

- *Muži* $X = 1$

9) Korthova rovnice (kJ/d)

$$REE = 41,5 * W + 35,0 * H + 1107,4 * X - 19,1 * A - 17,31 \quad (27)$$

- Ženy X= 0
- Muži X= 1

Itálie

10) de Lorenzova rovnice (kJ/d)

- Ženy

$$REE= 46,322 * W + 15,744 * H - 16,66 * A + 944 \quad (28)$$

- Muži

$$REE= 53,284 * W + 20,957 * H - 23,859 * A + 487 \quad (29)$$

11) Lazzerova rovnice (MJ/d)

- Ženy

$$REE= 0,042 * W + 3,619 * M - 2,678 \quad (30)$$

- Muži

$$REE= 0,048 * W + 4,655 * M - 0,020 * A - 3,605 \quad (31)$$

Austrálie

12) Huangova rovnice (kcal/d)

$$REE= 10,158 * W + 3,933 * H - 1,44 * A + 273,821 * X + 60,655 \quad (32)$$

- Ženy X= 0
- Muži X= 1

Spojené království

13) Henryho rovnice (MJ/d)

- Ženy $A= 18- 30$ $REE= 0,0546 * W + 2,33$ (33)

- $A= 30- 60$ $REE= 0,0407 * W + 2,9$ (34)

- $A= \geq 60$ $REE= 0,0424 * W + 2,38$ (35)

- Muži $A= 18- 30$ $REE= 0,0669 * W + 2,28$ (36)

- $A= 30- 60$ $REE= 0,0592 * W + 2,48$ (37)

- $A= \geq 60$ $REE= 0,0563 * W + 2,15$ (38)

14) Johnstoneova rovnice (kJ/d)

$$REE = 90,2 * FFM + 31,6 * FM - 12,2 * A + 1613 \quad (39)$$

Kde REE je v kcal/den, W váha v kg, H výška v cm a A věk v letech, FFM tukuprostá hmota, FM tuková hmota, ženy X= 0, muži X= 1. (Weijs, 2008)

5.1.4 Prediktivní rovnice u kriticky nemocných pacientů

Nutriční podpora u kriticky nemocných pacientů může ovlivnit klinické výsledky. Přísun výživy je často ovlivněn několika faktory: refeeding syndrom (tj. souhrn metabolických abnormalit u rychle zahájené nutriční podpory), nízkokalorický režim, nedostatek výživy, nesnášenlivost výživy anebo pozdní zahájení nutriční podpory.

Je nutné mít nástroj pro správné určení energetického složení umělé výživy, protože nedostatek i nadbytek energie může negativně ovlivnit organismus.

Podvýživa je spojená se špatným hojením ran, se zvýšeným rizikem nozokomiálních infekcí, s oslabením dýchacích svalů, s poruchami imunity, s poruchami funkcí orgánů a se zvýšenou nemocností a úmrtností.

Nadbytek výživy může podporovat lipogenezi, hyperglykémii a exacerbaci respiračního selhání.

Odpovídající výživa významně koreluje i s délkou závislosti nemocného na umělé plicní ventilaci.

U kriticky nemocných pacientů dochází k pečlivě řízenému procesu obnovy. Důležitou roli v tomto procesu mají cytokíny. Cytokíny mohou způsobovat mnoho výživových a metabolických abnormalit. Jejich hlavní funkcí je udržení homeostázy. Chrání buňky proti toxickým a karcinogenním látkám, ale v závislosti na délce jejich působení a na intenzitě působení mohou působit i škodlivě. Cytokíny také zvyšují energetický výdej.

Prediktivní rovnice pro výpočet REE jsou nepřesné u pacientů, kteří se liší od populace pacientů, na které byly rovnice původně hodnoceny. Kriticky nemocní pacienti mají stále se měnící metabolické hodnoty a nalezení vhodné predikční rovnice je obtížné. Tyto rovnice jsou snadno dostupné a široce používané, ale u kriticky nemocných pacientů musí být používány s opatrností. Nepřímá kalorimetrie stále zůstává standartem pro určení

kalorické potřeby těla. Pokud je ale nutné použít prediktivní rovnice, jsou nejvhodnější Ireton - Jonesova, Penn Stateova a Swinamerova rovnice:

Ireton - Jonesova rovnice (kcal/d)

$$REE = 1925 - 10 * A + 5 * W + 281 * X + 292 - \text{je-li přítomno trauma} \quad (40)$$

Penn Stateova rovnice (kcal/d)

$$(0,85 * \text{hodnota z Harrison - Benedictovy rovnice}) + (175 * T_{\max}) + (33 * V_E) - 6,433 \quad (41)$$

Swinamerova rovnice (kcal/d)

$$(945 * \text{plocha povrchu těla}) - (6,4 * A) + (108 * \text{tělesná teplota}) + (24,2 * RR) + (817 * V_T) - 4,349 \quad (42)$$

kde W je váha v kg, A je věk v letech, plocha těla v m², X- žena= 0, muž= 1 T_{max} je maximální teplota těla v posledních 24 hod., RR je dechová frekvence v dech/minutu, V_E je minutový objem a V_T je dechový objem v litrech.

(Walker, 2009)

6 Metabolismus při akutních stavech

Metabolické reakce na kritický stav jsou charakterizovány celkovým zrychlením tělesného metabolismu. Tento jev se nazývá hypermetabolismus. Jedná se o kombinaci humorálních, nervových i zevních vlivů a mechanismů. Tato reakce zahrnuje mobilizaci energetických rezerv využitím glukózy, aminokyselin a tuku s cílem zajistit dostatečnou energii pro obranné reakce a také dostupnost složek důležitých pro obranu před patogenním inzultem a pro regeneraci poškozených tkání. Při dlouhotrvajícím hypermetabolismu dochází k oslabování obranné reakce a zpomalování reparace poškozených tkání. Organismus postupně vyčerpává zásoby a dochází k nedostatku esenciálních proteinů, tuků a dalších důležitých součástí organismu. Nakonec dochází k selhání imunitních funkcí, svalových funkcí a selhávání orgánů, zejména srdce, plic a gastrointestinálního systému a ledvin.

Odpovědí na traumatické poškození je systémová zánětlivá odpověď (SIRS-systemic inflammatory response syndrom). Tato odpověď vede k rozsáhlému uvolnění prozáněťových cytokinů. Dochází k aktivaci destiček a makrofágů, která následuje po uvolnění mediátorů skupiny interleukinů. Interleukiny jsou cytokiny, které se podílejí na

regulaci imunitních dějů, zajišťují rovnováhu a také potlačují nadměrné zánětlivé a imunitní odpovědi. Tato reakce se označuje jako syndrom kompenzatorní protizánětlivé odpovědi (CARS- compensatory antiinflammatory response syndrom). (Zadák 2008)

6.1 Hypometabolická fáze šoku

Hypometabolická (ebb - odlivová) fáze následuje po traumatu. Je charakterizována celkovým hypoxickým a toxickým potlačením metabolické aktivity tkání, sníženou spotřebou kyslíku, sníženým minutovým srdečním objemem, výraznou periferní vazokonstrikcí způsobenou uvolněním katecholaminů, sníženou tělesnou teplotou, aktivací sympatického nervového systému. Dochází ke zvýšení glykemie a k rozvoji glukózové intolerance při inzulinové rezistenci tkání.

Dochází k velkému uvolňování volných mastných kyselin, které nejsou dostatečně rychle metabolizovány. Důsledkem je jejich vzestup v plazmě až rozvoj metabolické acidózy.

Vlivem hypoxie dochází k poškození kapilár, zvýšení jejich permeability. To může vést k enormnímu vylučování tekutin do intersticia. Dochází k negativnímu ovlivnění transportu kyslíku a živin do buňky a zhoršuje se i odstraňování katabolitů z intracelulárního prostoru. V závěru dochází k selhání energetických transportních mechanismů v buněčné membráně s následným pronikáním sodíku do intracelulárního prostoru, retencí vody a katabolitů uvnitř buňky vedoucími k zvětšení jejího objemu. (Zadák 2008)

6.2 Hypermetabolická fáze šoku

Po hypometabolické fázi následuje hypermetabolická (flow- přílivová) fáze, fáze rezistence a reparace, kdy organismus dosahuje dlouhodobější metabolické a energetické rovnováhy. Obvykle tato fáze nastává za 48 hodin po inzultu a vrcholí na konci prvního týdne po inzultu. Minutový srdeční objem se vrací k normálním hodnotám, zvyšuje se prokrvení ledvin a jater a stoupá metabolický obrat. Přetrvává zadržování sodíku s hypervolemií a často i s generalizovaným edémem. Tělesná hodnota většinou zůstává stejná, nebo stoupá vlivem retence sodíku, a tím i vody. Spotřeba kyslíku stoupá. Následkem katabolizmu bílkovin a vyplavování zadržovaných dusíkatých látek se zvyšují ztráty dusíku.

Hypermetabolická fáze je charakterizována zvýšenou potřebou energetických substrátů, které jsou mobilizovány ze zásob. Důsledkem glukózové intolerance a částečné inzulínové rezistence dochází také k vzestupu plazmatických hladin glukózy. Také bývá zvýšena glukoneogeneze, kterou není možně potlačovat. Dále dochází k mobilizaci a oxidaci mastných kyselin, které jsou preferovány před aminokyselinami. Hypermetabolismus vede k vysokým nárokům na cirkulaci, ke zvýšení tepové frekvence a minutového srdečního objemu.

Hypermetabolická fáze je spojena s výrazným svalovým katabolizmem, který je možné korigovat pouze nutriční podporou. (Zadák 2008)

Srovnání metablických změn v organismu u kritických stavů shrnuje tabulka č. 7.

Tabulka č. 7 Metabolická reakce na kritický stav (Zadák, 2008)

	Hypometabolická fáze	Hypermetabolická fáze
Spotřeba O ₂	↓	↑
Tělesná teplota	↓	↑
Periferní rezistence	↑	↓
Srdeční minutový objem	↓	↑
Odpad dusíku	-	↑
Glykemie	↑	↑
Glukoneogeneze	↓↑	↑
Laktát	↑	-
Volné mastné kyseliny	↑	↑↑
Katecholaminy, glukagon, kortizol	↑↑	↑
Inzulin	↓	↑
Inzulinová rezistence	↑	↑
Produkce cytokinů	↑	↑
REE	↓	↑

7 Stresová reakce v nemoci

Organismus odpovídá na negativní vlivy dvěma možnými cestami. Buď **specifickou reakcí** proti konkrétnímu podnětu, anebo **nespecifickou reakcí**, která pomáhá organismu, aby se vyrovnal se zátěží. Nespecifická reakce je označována jako stresová reakce.

Stresová reakce člověka se odlišuje od stresové reakce zvířat. Základním rozdílem je to, že změny navozené stresovou reakcí u člověka nejsou provázeny adekvátní odpovědí kosterního svalstva, tj. nedojde k boji, ani k útěku. Důsledkem stresové reakce, která není provázena prací kosterního svalstva, je nerovnováha mezi syntézou a utilizací řady látek.

Nejvýznamnějšími změnami jsou zvýšení tonu sympatiku, hyperglykemie, hyperlipidemie a inzulinorezistence. Na druhou stranu má stresová reakce obrovský význam, i přes to, že není doprovázena prací kosterního svalstva.

Změny, které jsou její součástí, se významně uplatňují při rozvoji akutních nemocí (trauma, popáleniny, sepse). (Holeček, 2006)

7.1 Systémová zánětlivá reakce

U stavů jako jsou sepse, polytraumata, nádorová onemocnění, rozsáhlé operace a popáleniny se rozvíjí stresová reakce, jejímž základem je aktivace sympatiku a osy hypotalamus- hypofýza- nadledviny i aktivace imunitního systému. Označuje se jako „systémová zánětlivá reakce“, na jejíž patogenezi mají nezanedbatelný podíl cytokiny (zejména TNF- α , IL- 1, IL- 6), produkované makrofágy a lymfocyty. Cytokiny regulují imunitní reakce, ovlivňují tonus autonomního nervového systému, ovlivňují tvorbu hormonů a mají mnoho přímých metabolických účinků. Aktivují rozpad kosterního svalstva, podílejí se na zvýšeném transportu aminokyselin ze svalů do viscerálních tkání, stimulují syntézu proteinů akutní fáze v játrech, lipomobilizaci, glukoneogenezi a také se podílejí na inzulinorezistenci. U organismu jako celku převažují reakce katabolické nad anabolickými.

Většina reakcí indukovaných cytokiny je pro nemocný organismus prospěšná a nezbytná pro jeho přežití. Jedná se zejména o využití proteinů svalové tkáně jako pohotovostního zdroje aminokyselin pro glukoneogenezi, imunitní systém a syntézu proteinů akutní fáze v játrech (např.: C- reaktivní protein, fibrinogen, ceruloplazmin).

Pokud je účinek cytosinů nadměrný a protrahovaný, stávají se reakce, které byly zprvu pro organismus prospěšné, reakcemi s řadou nežádoucích účinků, které mohou vést k narušení metabolických regulací a k smrti organismu. Příkladem jsou akcelerovaný proteokatabolismus, nadměrná vazodilatace a permeabilita kapilár či poruchy homeostázy. (Holeček, 2006)

8 Malnutrice v akutních stavech

Malnutrice je patologický stav způsobený nedostatkem nebo nevyrovnaným příjmem živin. Malnutrice patří k nejčastějším problémům u hospitalizovaných pacientů. Vyskytuje se v 19-80 % případů. Nevyskytuje se jen u nemocných před přijetím do nemocnice - malnutrice se často rozvíjí až během hospitalizace- až 30 % případů. U 3- 4 %

pacientů je malnutrice natolik závažná, že bez léčby umělou výživou by vedla k smrti nemocného. Výskyt malnutrice u rizikových skupin pacientů shrnuje tabulka č. 8.

Tabulka č.8 Počet případů výskytu malnutrice u rizikových skupin pacientů (Zadák, 2008)

Rizikové skupiny pacientů	Procento malnutrice
Staří pacienti	50%
Nemocní s chronickými respiračními chorobami	45%
Nemocní se zánětlivým střevním onemocněním	80%
Nemocní s nádorovým onemocněním	85%
Nemocní v kritickém stavu	65% (většinou proteinová malnutrice)

Mezi nejčastější příčiny malnutrice patří nechuť k jídlu, anorexie, porucha trávení, přítomnost bolesti, infekcí či stresových stavů. Malnutrice se vyskytuje i v případech vystupňovaného katabolismu v důsledku zranění a operací. (Zadák, 2008)

8.1 Stresové hladovění

U stresového hladovění je metabolická odpověď na stres charakterizována především zvýšením klidové energetické spotřeby, hyperglykemií a katabolismem proteinů s rychlým odbouráváním svalové hmoty.

Stresové hladovění se vyznačuje jednak omezením přirozeného příjmu potravy a jednak zvýšenými metabolickými nároky. (Klener et al, 2006)

Zvyšující se přívod bílkovin a energie může nemocného stabilizovat a zmírnit negativní dusíkovou bilanci, ale pokud stresový stav trvá dlouhodoběji, nejsou podmínky pro dosažení vyrovnané nebo pozitivní dusíkové bilance. Bez příznivého ovlivnění patogenetické příčiny či katabolického stavu nelze dosáhnout vyrovnané či pozitivní dusíkové bilance. Zvýšený přívod dusíku může do určité dávky zmírnit výraznou negativní dusíkovou bilanci, ale určitě nedojde k vyrovnané či pozitivní dusíkové bilanci i při vysokém přívodu bílkovin. Jejich nadměrný příjem může mít i negativní následky. Doporučená denní dávka bílkovin v těchto stavech je v rozmezí od 1,0 do 1,5 g/kg tělesné hmotnosti. Tato dávka stimuluje proteosyntézu a má příznivý vliv.

Pokles hmoty svalstva o 20% se může projevit selháním motorické funkce, ztráta přibližně 50% tělesného proteinu a 95% tukové tkáně může vést k ohrožení života nemocného, velmi riziková je ztráta 30%. Důsledky katabolizmu proteinů shrnuje tabulka č. 9. (Zadák, 2008)

Tabulka č. 9 Důsledky katabolizmu proteinů (Zadák, 2008)

Důsledky katabolizmu	Klinické projevy
Úbytek svalstva (300g/24hod)	Oslabení dechového svalstva, hypoventilace, hypoxie, energetický deficit, bronchopneumonie
Úbytek albuminu pod 3,0 g/l	Poruchy rozložení tekutin v intersticiu a intravazálním prostoru, poruchy distribuce Na ⁺ , zhoršení transportu mastných kyselin
Úbytek transportních proteinů (prealbumin, transferin)	Poruchy transportu kortizolu, stopových prvků a léků vázaných na protein
Snížení koncentrace imunoglobulinů	Poruchy imunity

8.2 Malnutrice - klinický obraz

Je důležité zhodnotit úbytek v % z výchozí váhy a dobu, za kterou k tomuto úbytku došlo. Je také důležité zhodnotit úbytek váhy vzhledem k nemoci, kterou pacient trpí a nebo ke stavu, ve kterém se pacient nachází.

Tyto hodnoty zjistíme pomocí antropometrických měření- měření kožních řas pomocí kaliperu, měření obvodových mír, měření svalové síly dynamometrem („handgrip“) a pomocí impedančního měření složení těla.

V těžkém katabolizmu dochází k odbourávání řádově stovek gramů svalové tkáně denně. V tomto stavu není energie čerpána z tukových zásob, ale z proteinových zásob. (Zadák, 2008)

8.2.1 Marantický typ malnutrice

Osoby postižené tímto typem malnutrice jsou na pohled velmi vyhublé, kachektického vzhledu. A to i přes normální koncentraci albuminu v plazmě. (Lukáš a kol., 2007)

8.2.2 Kwashiorkorový typ malnutrice

Tento typ malnutrice budí dojem, že nemocný je dobře živěný jedinec i v situaci, kdy jsou už těžkou malnutricí ohroženy vitální funkce. Tento typ je nejčastějším typem malnutrice v nemocnicích a má pro nemocného závažné důsledky. (Zadák, 2008)

8.3 Malnutrice- laboratorní nálezy

Hlavní charakteristikou v nálezů je snížená koncentrace sérových proteinů - albuminu, transferinu, prealbuminu (tabulka č. 10).

Tabulka č. 10 Koncentrace sérových proteinů svědčící pro malnutrici (Zadák, 2008)

protein	Koncentrace svědčící pro malnutrici
albumin	< 2,8 g/l
transferin	< 1,5 g/l
prealbumin	< 0,1 g/l

Hladiny sérových proteinů ukazují zásoby viscerálních proteinů a úroveň stresu. Hladina kreatininu a 3-metyl-histidinu v moči ukazuje stav somatického proteinu, představovaného především kosterním svalstvem. (Zadák, 2008)

8.3.1 Prealbumin

Prealbumin je primárně nosičem tyroxinu a účastní se transportu retinol vázícího proteinu, se kterým tvoří komplex. Tento komplex obsahuje vysokou koncentraci tryptofanu, který hraje klíčovou roli v syntéze proteinů. (Zadák, 2008)

8.3.2 Transferin

Transferin je beta - globulin syntetizovaný v játrech, který se podílí na absorpci a transportu železa. Transferin váže a transportuje železo do kostní dřeně, kde je syntetizován hemoglobin, dále pak do buněk jater, kde je železo skladováno, a dále do buněk střešní sliznice, kde se železo stává součástí enzymů. Transferin také reguluje uvolňování železa do oběhu. Transferin, na rozdíl od albuminu, není tak spolehlivým a specifickým ukazatelem malnutrice. (Zadák, 2008)

8.3.3 Kreatinin

Kreatinin se konstantně tvoří ve svalu, za tohoto předpokladu může být využit jako měřítko celkové svalové hmoty. Vyloučení 1 g kreatininu denně je ekvivalentní 17 - 20 kg svalstva. Hmotnost kosterního svalstva představuje průměrně 49 % celkové tělesné hmotnosti. Ke zvýšení vylučování kreatininu dochází během emočního fyzického stresu, během sepse a traumatu. Důležité pro použitelnost tohoto měření je normální renální funkce. (Zadák, 2008)

8.3.4 3-metylhistidin

3-metylhistidin je modifikovaná aminokyselina v aktinu a myosinu svalstva. Pokud dochází ke katabolizmu, není už využíván k syntéze proteinů, ale je vylučován močí. Množství vyloučeného 3-metylhistidinu může být tedy ukazatelem obratu svalových proteinů nebo celkových zásob proteinů ve svalstvu. (Zadák, 2008)

9 Nutriční podpora u polytraumatu

Po polytraumatu dochází k rozsáhlým metabolickým změnám. Je důležité rozpoznat hyperkatabolický stav co nejdříve a také co nejdříve jej nutričně kompenzovat. Rychlá nutriční odpověď je nutná k předcházení pozdních komplikací. Nedávné studie podpořily úvahu, že by se těžce zraněným pacientům mohli podávat Ω - 3 mastné kyseliny a esenciální aminokyseliny, jako je glutamin. Mnoho aspektů výživy ale zůstává nejasných - načasování výživy, množství kalorií, bílkovin, cesta podání a doba trvání podávání.

Glutamin je základní aminokyselina, která působí na imunitní systém, způsobuje například indukci neutrofilů k fagocytární aktivitě a oxidativního vzplanutí. Má antioxidantní účinky, ochraňuje buňky před ischemií, dokáže zmírnit šok po buněčné apoptóze. Glutamin spolu s esenciálními kyselinami má protizánětlivé účinky a na úrovni genové exprese tlumí prozánětlivou odpověď.

Jejich podávání není ještě v klinické praxi běžné.

K dalšími potravním doplňkům, které podporují anabolismus během traumatu, patří fosfolipidy, leptiny a anabolické hormony, jako jsou hormony štítné žlázy, růstový hormon a inzulín.

K zahájení nutriční podpory je nutné znát energetické požadavky pacienta. Je nutné nastavit co nejideálnější nutriční podporu. Nedostatek i nadbytek kalorií vede k nežádoucím účinkům. (Hasenboehler, 2006)

10 Umělá výživa při traumatu

Dřívější studie prokázaly, že malnutrice s 20% a větším poklesem tělesné hmotnosti jsou spojeny s pooperační mortalitou kolem 33%, zatímco nemocní, s normální tělesnou hmotností nebo s minimálním polesem tělesné hmotnosti, se vyznačovali pooperační mortalitou 3,5%.

Pokles tělesné hmotnosti je spojen i se změnou složení těla. Při stresovém hladovění dochází k rychlejšímu úbytku proteinové hmoty, nežli hmoty tukové. Snižuje se hmotnost svalstva. Nemocní, kteří ztratili větší část svalové hmoty, vykazují zhoršení inspiračních i expiračních ventilačních funkcí.

Pokles tělesné hmotnosti je tedy jedno z hlavních rizik pooperačních komplikací.

Ukazuje se, že dobře živení jedinci s normálními nutričními ukazateli jsou schopni úspěšně zvládnout trauma nebo středně těžkou operaci bez nutriční podpory po dobu až 10 dnů. Malnutriční pacienti, pacienti, kteří utrpěli těžké polytrauma, či pacienti kteří podstoupí těžkou operaci, nejsou schopni být bez nutriční podpory tak dlouhou dobu. Je tedy nutné u nich zahájit buď předoperační přípravu, nebo nutriční podporu v případě polytraumatu či operace, a to bezprostředně po výkonu. (Zadák, 2008)

Podle cesty podání umělé výživy lze rozlišit umělou výživu enterální a parenterální. Při polytraumatických stavech převládá podání parenterální cestou.

10.1 Složení umělé výživy při traumatu

Rutinně se energetická potřeba stanoví z Benedictovy - Harrisovy rovnice nebo indirektivní kalorimetrií. Stanovení celkové energetické potřeby umožní určit, kolik má nemocný v první fázi nutriční podpory dostat jednotlivých nutričních substrátů - bílkovin, sacharidů a tuků.

Energetický poměr bílkovin, tuků a sacharidů se u středně těžkého nekomplikovaného traumatu nebo středně těžké nekomplikované operace doporučuje v poměru 2:3:5. (Zadák, 2008)

11 Smrt u polytraumatu

11.1 Časové rozložení

Smrt u polytraumatu je dána nejen primárním inzultem, ale i délkou přežití po úrazu a poskytnutou péčí. Důležitým faktorem je i věk a váha.

První stupeň se pohybuje v sekundách až minutách po primárním inzultu. Přibližně v 50% letálních traumat.

Druhý stupeň následuje minuty až hodiny po primárním inzultu.

Třetí stupeň se pohybuje v dnech až týdnech. V této skupině vrcholí mortalita nejčastěji mezi koncem 3. a začátkem 4. týdne po traumatu. (Drábková, 2002)

Experimentální část

12 Použité přístroje

- BCM - Body composition monitor (Body Composition Monitor, Fresenius Medical Care, Francie)
- Indirektní kalorimetr (Vmax Series, V6200 Autobox, SensorMedics Corporation, California, USA)

13 Použité metody

Vyšetření probíhala na JIP 1 FN HK pod vedením PharmDr. Miloslava Hronka, Ph.D. pod hlavičkou Oddělení klinické fyziologie výživy a metabolismu při Centru pro výzkum a vývoj FN HK. Indikace k vyšetření udával MUDr. Eduard Havel, Ph.D.

Mezi použité metody patří :

- Antropometrie
 - ✓ Měření tělesných obvodů - měření se provádělo krejčovským metrem na jednotlivých částech těla (hrudník, levá paže, stehno, lýtko, hlava)
 - ✓ Stanovení množství tuku měřením síly kožních řas -kaliperací-touto metodou se stanovilo množství podkožního tuku, měření se provádělo kaliperem na jednotlivých částech těla (na tváři, na podbradku, pod lopatkou, na hrudníku, na tricepsu, na bicepsu, nad kostí kyčelní, na lýtku a na stehně)
 - ✓ Střední obvod svalstva paže - měření se provádělo krejčovským metrem
 - ✓ Bioimpedance - tato metoda slouží k hodnocení složení těla a je založena na měření některých bioelektrických charakteristikách lidského těla
- Indirektní kalorimetrie

Vyšetření probíhala u pacientů, kteří byli nalačno, v duševním a fyzickém klidu a v poloze vleže.

Charakteristika vyšetřovaných osob:

Soubor pacientů zahrnoval osoby s polytraumativckým zraněním hospitalizované na chirurgické JIP 1 (Jednotce intenzivní péče). Polytraumata byla způsobená nejčastěji autohavárií, nehodou na motorce, pádem z výšky nebo při letecké nehodě- viz tab. č. 11. Skupina našich pacientů čítala 30 lidí, z toho 22 mužů a 8 žen ve věku od 16 do 68 let.

Tab. č. 11 Polytraumata u jednotlivých pacientů

Pacient	Trauma
KP	suicidální pokus (skok z 2.patra) - mnohočetné zlomeniny
BV	Autonehoda, zlomenina žebra, kontuze levé plíce, hemoperitoneum, zlomenina klíční kosti, zlomenina pánve
KJ	Stenozující tumor vzestupného tračníku
VT	Paraumbilikální břišní kýla
KL	Autonehoda, kontuze mozku, edém mozku, zlomeniny base lební, zlomenina pánve, mnohočetné rány
VN	Benigní stenóza jejunu
BD	Autonehoda, luxační zlomenina pravé hlezenné kosti, rozsáhlá skalpace
VP	Autonehoda, mnohočetné zlomeniny, hemoragicko-traumatický šok
KO	Autonehoda, fraktura žeber, kontuze mozku, fraktura base lební
ŽD	Karcinom aborálního sigmoidea
JZ	Výbuch horké páry, popáleniny; primárním důvodem hospitalizace na JIP bylo polytrauma, amputace dolní končetiny, septický šok, hemoperitoneum, fraktura tibie, zlomenina patní kosti, kontuze plic
SM	Autonehoda, mnohočetné zlomeniny
BK	Autonehoda, subarachnoidální krvácení, krvácení do mozkového kmene, zlomenina pažní kosti, kontuze plíce, poranění sleziny, tržná rána hlavy
KF	Autonehoda, zlomenina tibie
MD	Autonehoda, kontuze plic, pneumothorax, hemothorax, zlomenina diafýzy, zlomenina pánve

Tab. č. 11 (pokračování)

BJ	Zavalen traktorem, periorbitální hematom, edém víček, tržná rána, zlomenina pánve, ruptura stydké spony, kontuze plic, zlomeniny žeber
NB	Autonehoda, poranění hlavy, pneumocefalus, zlomenina baze lební, tržná rána kolene
KL	Srážka s vlakem, amputace končetiny, fraktura humeru, fraktura klíční kosti, mnohočetné rány obličeje
KS	Sražený cyklista, zlomenina pánve, kontuze plíce, ruptura močového měchýře, kontuze mozku, vícečetné rány a zhmožděniný hlavy, obličeje a hrudníku, zlomenina obličejového skeletu
ŠV	Sražený cyklista, ruptura sleziny, zlomenina pánve, kraniotrauma
HP	Autonehoda , kraniotrauma, fluidopneumothorax, kontuze plic, fraktura lopatky, hematom v hrudní stěně, fraktura žeber
PF	Pád ultralehkého letadla, hemorhagický šok, fraktura žeber, traumatická pankreatitida, kontuze plíce
NP	Autonehoda, komoce mozku, kontuse plic, ruptura v oblouku aorty, zlomenina femuru, zhmožděnině- tržná rána na hlavě a bérce
KE	Suicidální pokus- pád z 8 metrů, hemorhagický šok, zlomenina pánve, pneumoperitoneum, zlomenina tibie a fibuly
PT	Polytrauma domin. kraniotrauma, porucha vědomí
ZJ	Autonehoda, komoce mozku, otevřená zlomenina stehenní kosti
RP	Hemoperitoneum, lacerace tenkého a tlustého střeva, avoluce ledviny
VP	Motonehoda, zlomenina kosti týlní, zlomenina mandibuly, zlomenina levého humeru, zlomenina kostí předloktí, lacerace sleziny, zlomenina stydké kosti

Tab. č. 21 (pokračování)

TJ	Pád z 8 m, fraktura žeber, tržná rána na hlavě a levé paži, kontuze plic, fraktura levé orbity, hematom sleziny, epidurální hematom
SJ	Autonehoda, ruptura bránice, fraktura obou bérců, tržná rána na hlavě

Údaje byly získané z diagnostických souhrnů jednotlivých pacientů.

14 Zpracování výsledků

Výsledky a rovnice byly zpracovány v PC v programu MS Excel, statistické výpočty v programu GraphPad Prism 5 (Dunettův test, ANOVA analýza).

Teoretické hodnoty REE a AEE byly vypočítány podle rovnic (5-40) v programu MS Excell.

Experimentálně stanovené hodnoty REE byly vypočítány v programu MS Excel na základě hodnot VO_2 a VCO_2 zjištěných indirektní kalorimetrií.

Hodnocení vhodnosti jednotlivých prediktivních rovnic: probíhalo dvojím způsobem:

- 1) V programu MS Excel byly porovnány vypočítané a naměřené hodnoty REE. Hodnoty REE naměřené nepřímou kalorimetrií byly zprůměrovány a byla vypočtena relativní směrodatná odchylka souboru těchto hodnot. Hranice intervalu hodnot REE byla stanovena jako průměrná hodnota REE – RSD pro dolní hranici intervalu a průměrná hodnota REE + RSD pro horní hranici intervalu. Pro každou z hodnocených prediktivních rovnic jsme vyhodnocovali, kolik procent vypočtených hodnot REE leží v tomto intervalu. Rovnice s nejvyšším procentuálním zastoupením hodnot v tomto intervalu jsou nejspolehlivější pro výpočet hodnoty REE.
- 2) Pomocí statistického zhodnocení ANOVA analýzou a provedením Dunettova testu, t- testu a korelační analýzy v programu GraphPad Prism 5

15 Výsledky

15.1 Spontánně dýchající pacienti

U každého pacienta byly změřeny základní fyziologické a dechové parametry (viz. tab.12). Metodou nepřímé kalorimetrie byl změřen REE (viz. tab. 13). Vypočtené hodnoty REE podle jednotlivých rovnic udává tab. č.14, hodnoty REE zkorigované o vliv jednotlivých faktorů (restrikce vody, aktuální tělesná teplota, faktor traumatu a zda byl pacient ležící, mobilní, při vědomí či v bezvědomí) udávají tabulky 15 až 18.

Tab. 19 bylo AEE vypočteno jako násobek REE s upřesňujícími faktory, tab. 20 udává hodnoty AEE vypočítané přímo.

15.1.1 Výpočet REE

Tab. č. 12 Základní tělesné parametry a dechové parametry

pacient	W	H	A	FFM	FM	Tmax	Ve	Vt	RR	T	Pvrch těla	x
K P	85,0	168,0	30,0	59,2	22,7	0,0	13,0	0,5	26,0	0,0	1,9	1,0
B V	65,0	175,0	31,0	77,7	7,7	0,0	15,5	0,5	31,0	0,0	1,8	1,0
K J	58,0	150,0	49,0	46,3	22,9	0,0	7,0	0,5	14,0	0,0	1,5	0,0
V T	116,0	158,0	64,0	31,4	57,1	0,0	10,5	0,5	21,0	0,0	2,1	0,0
K L	74,0	189,0	19,0	68,8	14,9	0,0	7,3	0,5	14,5	0,0	2,0	1,0
V N	67,0	158,0	63,0	37,3	29,9	0,0	8,3	0,5	16,7	0,0	1,7	0,0
B D	72,7	178,0	24,0	74,7	13,7	0,0	8,0	0,5	16,0	0,0	1,9	1,0
V P	96,2	178,0	42,0	52,3	29,6	0,0	9,3	0,5	18,5	0,0	2,1	1,0
K O	89,3	178,0	52,0	49,8	31,6	0,0	6,5	0,5	13,0	0,0	2,1	1,0
Ž D	116,0	168,0	59,0	36,3	56,8	0,0	9,0	0,5	18,0	0,0	2,2	1,0
J Z	84,3	185,0	42,0	54,0	18,9	0,0	9,3	0,5	18,5	0,0	2,1	1,0
S M	83,8	181,0	23,0	68,5	19,0	0,0	8,3	0,5	16,5	0,0	2,0	1,0
K F	66,5	185,0	16,0	84,8	6,8	36,2	11,0	0,5	22,0	36,2	1,9	1,0
N P	117,3	180,0	36,0	59,7	30,8	37,3	7,5	0,5	15,0	37,3	2,3	1,0
K E	61,0	150,0	55,0	64,8	14,3	37,2	12,0	0,5	24,0	37,2	1,6	0,0
P T	116,0	182,0	29,0	52,3	32,5	37,8	9,3	0,5	18,7	37,8	2,4	1,0
Z J	122,2	182,0	29,0	33,6	61,1	36,6	8,0	0,5	16,0	36,6	2,4	1,0
R P	73,8	164,0	35,0	38,9	28,7	36,4	8,0	0,5	16,0	36,4	1,8	0,0
V P	68,4	169,0	27,0	90,4	4,5	36,8	7,3	0,5	14,5	36,8	1,8	1,0
S J	98,4	176,0	45,0	54,8	28,2	36,3	13,5	0,5	27,0	36,3	2,1	0,0

Kde W je váha v kg, H výška v cm, A věk v letech, FFM tukuprostá hmota v kg, FM tuková hmota v kg, T teplota v °C, Tmax maximální teplota za posledních 24 hod. , povrch

těla v m^2 , $x= 0$ pro ženy a $x= 1$ pro muži, RR je dechová frekvence v dech/minutu, V_E je minutový dechový objem a V_T je dechový objem v litrech.

Tab. č. 13 Hodnoty naměřené nepřímou kalorimetrií

pacient	REE	VO2	VCO2	UN
K P	1696,8	0,36	0,27	31,5
B V	1999,3	0,43	0,28	28,5
K J	1118,1	0,23	0,20	11,4
V T	1631,1	0,35	0,22	25,9
K L	1792,5	0,38	0,27	42,2
V N	966,7	0,20	0,16	19,1
B D	1430,9	0,30	0,21	24,0
V P	2438,7	0,53	0,33	56,9
K O	1422,0	0,28	0,27	34,8
Ž D	1486,6	0,32	0,21	-*
J Z	1956,2	0,40	0,34	45,2
S M	1985,4	0,43	0,27	31,2
K F	1528,1	0,33	0,22	24,1
N P	1914,2	0,40	0,29	32,5
K E	1027,8	0,20	0,22	42,2
P T	2149,8	0,46	0,30	30,5
Z J	1544,5	0,32	0,25	14,8
R P	1074,2	0,22	0,20	20,8
V P	1525,8	0,31	0,26	27,9
S J	2192,9	0,47	0,33	21,9

Kde REE je v kcal/den, VO₂ je inspirovaný objem kyslíku v l za min, VCO₂ je expirovaný objem CO₂ v l za min, UN je množství odpadního dusíku z močoviny v g za den.

*vyšetření pacienta bez odběru moči.

Tab. č. 14 REE v kcal za den vypočtené z predikčních rovnic

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
K P	1873	1449	1746	1757	1828	1850	1865	1797	1861	2370	1868	1841	1815	1745	2623
B V	1626	1295	1542	1596	1602	1620	1633	1514	1633	2226	1643	1685	1638	2027	2513
K J	1133	1068	1211	1281	1205	1540	1334	1415	1491	1866	1326	1240	1169	1413	2017
V T	1625	1453	1628	1836	1641	2206	1814	2236	2091	2439	2019	1923	1768	1306	2157
K L	1901	1607	1634	1832	1777	1724	1811	1641	1775	2487	1896	2001	1802	1925	2678
V N	1161	1090	1276	1352	1228	1643	1300	1542	1544	1958	1401	1365	1272	1231	1922
B D	1795	1451	1621	1726	1733	1709	1791	1623	1743	2359	1796	1840	1738	2028	2622
V P	1996	1605	1860	1872	1868	1979	1995	1956	1945	2510	1992	2024	1951	1613	2559
K O	1834	1471	1790	1754	1741	1899	1915	1858	1833	2396	1847	1896	1867	1545	2425
Ž D	2104	1623	2062	1924	1946	2206	2225	2236	2109	2545	2097	2058	2089	1424	2488
J Z	1868	1546	1739	1797	1750	1842	1857	1787	1811	2451	1876	1965	1858	1569	2500
S M	1969	1610	1734	1860	1857	1836	1961	1780	1872	2499	1958	2005	1864	1937	2687
K F	1798	1501	1557	1747	1709	1638	1696	1535	1701	2393	1797	1885	1715	2217	2671
N P	2337	1893	2075	2125	2093	2221	2240	2255	2203	2764	2305	2317	2182	1799	2725
K E	1133	1072	1233	1281	1206	1574	1360	1457	1504	1868	1330	1245	1191	1729	1972
P T	2376	1940	2062	2159	2123	2206	2454	2236	2213	2799	2338	2358	2187	1673	2788
Z J	2462	2008	2125	2221	2176	2277	2549	2324	2283	2861	2417	2429	2250	1486	2819
R P	1363	1222	1325	1595	1437	1721	1471	1639	1718	2203	1677	1644	1405	1338	2236
V P	1670	1294	1577	1612	1666	1659	1726	1562	1685	2228	1679	1676	1655	2288	2570
S J	1564	1371	1502	1867	1602	2004	1685	1987	1959	2502	1993	2012	1688	1648	2259

Tab. č.15 REE vypočtené z predikčních rovnic s odečtením množství přítomné nadbytečné tekutiny

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
K P	1811	1400	1700	1712	1782	1798	1813	1733	1810	2326	1811	1789	1770	1745	2118
B V	1562	1243	1494	1549	1545	1566	1578	1447	1580	2180	1583	1631	1591	2027	2220
K J	1285	859	1472	1282	1411	1541	1553	1416	1492	1867	1327	1241	1444	1413	1926
V T	2005	1479	2051	1825	1907	2193	2212	2221	2079	2428	2005	1910	2031	1306	1648
K L	1850	1566	1596	1795	1735	1681	1694	1589	1734	2450	1849	1959	1765	1925	2165
V N	1340	947	1553	1343	1426	1633	1646	1529	1534	1949	1389	1355	1537	1231	1891
B D	1788	1445	1615	1721	1727	1703	1717	1616	1738	2355	1789	1834	1733	2028	2140
V P	1922	1546	1805	1818	1815	1917	1932	1879	1884	2457	1924	1962	1896	1613	2071
K O	1810	1453	1773	1737	1724	1880	1895	1834	1814	2379	1826	1877	1850	1545	2069
Ž D	2155	1664	2100	1961	1977	2248	2268	2289	2150	2582	2144	2101	2126	1424	1881
J Z	1733	1438	1639	1699	1646	1729	1743	1648	1701	2354	1751	1852	1758	1569	2175
S M	1950	1594	1719	1846	1843	1820	1835	1760	1856	2485	1940	1989	1850	1937	2093
K F	1783	1488	1546	1736	1696	1625	1638	1520	1689	2382	1783	1872	1703	2217	2177
N P	2254	1827	2014	2065	2041	2152	2170	2170	2136	2704	2229	2248	2121	1799	1972
K E	1261	837	1484	1264	1391	1555	1567	1433	1485	1851	1308	1226	1448	1729	1929
P T	2209	1806	1938	2037	2015	2066	2083	2063	2076	2678	2183	2218	2063	1673	2040
Z J	2478	2022	2138	2233	2186	2291	2310	2341	2296	2873	2433	2443	2262	1486	1875
R P	1584	1191	1572	1536	1613	1654	1667	1555	1651	2145	1602	1576	1619	1338	1907
V P	1655	1282	1565	1601	1653	1647	1660	1546	1672	2217	1665	1663	1644	2288	2167
S J	1982	1581	1872	1857	1861	1992	2009	1973	1948	2492	1980	2001	1951	1648	1735

Tab. č. 16 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním aktuální tělesné teploty

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
K P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ž D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K F	1655	1381	1433	1607	1572	1507	1561	1412	1565	2202	1654	1734	1577	2040	2457
N P	2407	1950	2138	2188	2156	2288	2307	2322	2269	2846	2374	2386	2248	1853	2806
K E	1156	1094	1258	1307	1231	1606	1387	1486	1534	1905	1357	1270	1215	1764	2011
P T	2566	2095	2227	2331	2293	2382	2650	2415	2390	3023	2525	2546	2362	1807	3011
Z J	2363	1928	2040	2132	2089	2186	2447	2231	2191	2746	2321	2332	2160	1426	2706
R P	1281	1149	1245	1499	1351	1618	1383	1540	1615	2071	1576	1545	1321	1258	2102
V P	1637	1268	1545	1579	1633	1626	1691	1531	1651	2183	1645	1642	1622	2242	2519
S J	1454	1275	1396	1736	1489	1864	1567	1848	1822	2327	1854	1871	1569	1532	2101

Tab. č. 17 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním přítomnosti traumatu (faktor pro trauma)

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice
K P	2623	2029	2444	2459	2560	2590	2611	2516	2605	3319	2615	2577	2542	2442
B V	2277	1813	2159	2234	2243	2268	2286	2119	2286	3117	2300	2358	2294	2838
K J	1586	1495	1696	1793	1687	2156	1867	1981	2088	2612	1856	1735	1637	1978
V T	2275	2035	2279	2571	2297	3088	2540	3131	2928	3415	2826	2692	2476	1829
K L	2662	2249	2287	2565	2487	2413	2536	2298	2486	3482	2654	2802	2523	2694
V N	1626	1526	1786	1893	1719	2301	1819	2159	2161	2741	1961	1911	1781	1723
B D	2513	2031	2269	2416	2426	2392	2508	2272	2441	3303	2514	2576	2434	2839
V P	2795	2248	2604	2621	2615	2770	2793	2738	2723	3514	2789	2833	2732	2258
K O	2567	2060	2506	2455	2438	2659	2681	2601	2566	3355	2586	2655	2613	2163
Ž D	2945	2272	2887	2693	2724	3088	3114	3131	2952	3564	2936	2882	2924	1994
J Z	2615	2164	2434	2515	2450	2579	2600	2502	2536	3431	2626	2751	2601	2196
S M	2757	2254	2427	2604	2600	2571	2746	2492	2620	3499	2741	2808	2610	2712
K F	2518	2101	2180	2446	2392	2293	2375	2149	2382	3350	2516	2639	2400	3104
N P	3272	2651	2906	2975	2930	3109	3136	3156	3084	3869	3227	3244	3055	2519
K E	1586	1501	1726	1794	1689	2204	1904	2040	2106	2615	1862	1743	1667	2421
P T	3327	2716	2887	3022	2973	3088	3435	3131	3098	3919	3274	3301	3062	2342
Z J	3446	2812	2976	3109	3046	3188	3568	3254	3196	4005	3384	3400	3150	2080
R P	1908	1711	1855	2233	2012	2410	2059	2294	2405	3084	2348	2301	1967	1873
V P	2338	1812	2207	2256	2332	2323	2416	2187	2358	3119	2350	2346	2317	3203
S J	2189	1920	2102	2613	2242	2805	2359	2782	2743	3502	2790	2817	2363	2307

Tab. č. 18 REE vypočtené z predikčních rovnic s upřesněním stavu pacienta

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
K P	2061	1594	1921	1932	2011	2035	2052	1977	2047	2607	2055	2025	1997	1919	2885
B V	1789	1424	1696	1755	1763	1782	1796	1665	1796	2449	1807	1853	1802	2230	2764
K J	1246	1175	1333	1409	1325	1694	1467	1556	1640	2052	1459	1364	1286	1554	2219
V T	1788	1599	1791	2020	1805	2427	1995	2460	2300	2683	2221	2115	1945	1437	2373
K L	2092	1767	1797	2015	1954	1896	1992	1805	1953	2736	2085	2201	1982	2117	2946
V N	1277	1199	1404	1487	1351	1808	1429	1696	1698	2154	1541	1502	1399	1354	2114
B D	1974	1596	1783	1898	1906	1880	1970	1785	1918	2595	1975	2024	1912	2231	2884
V P	2196	1766	2046	2059	2054	2176	2194	2151	2140	2761	2191	2226	2146	1774	2815
K O	2017	1619	1969	1929	1916	2089	2106	2044	2016	2636	2032	2086	2053	1700	2667
Ž D	2314	1785	2268	2116	2140	2427	2447	2460	2320	2800	2307	2264	2297	1566	2737
J Z	2054	1701	1913	1976	1925	2026	2043	1966	1992	2696	2063	2161	2044	1726	2749
S M	2166	1771	1907	2046	2043	2020	2157	1958	2059	2749	2154	2206	2051	2131	2956
K F	1978	1651	1713	1922	1880	1801	1866	1689	1872	2632	1977	2073	1886	2439	2938
N P	2571	2083	2283	2337	2302	2443	2464	2480	2424	3040	2535	2549	2400	1979	2997
K E	1247	1180	1356	1409	1327	1732	1496	1603	1655	2055	1463	1370	1310	1902	2169
P T	2614	2134	2268	2375	2336	2427	2699	2460	2434	3079	2572	2593	2406	1840	3067
Z J	2708	2209	2338	2443	2393	2505	2804	2556	2511	3147	2659	2672	2475	1634	3101
R P	1499	1344	1457	1755	1581	1894	1618	1802	1889	2424	1845	1808	1545	1472	2460
V P	2004	1553	1892	1934	1999	1991	2071	1874	2022	2674	2015	2011	1986	2746	3084
S J	1720	1508	1652	2053	1762	2204	1854	2186	2155	2752	2192	2213	1856	1812	2485

15.1.2 Výpočet AEE

Tab. č. 19 AEE vypočtená jako násobek REE a faktorů

pacient	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
K P	2623	2029	2444	2459	2560	2590	2611	2516	2605	3319	2615	2577	2542	2442	3672
B V	2277	1813	2159	2234	2243	2268	2286	2119	2286	3117	2300	2358	2294	2838	3518
K J	1586	1495	1696	1793	1687	2156	1867	1981	2088	2612	1856	1735	1637	1978	2824
V T	2275	2035	2279	2571	2297	3088	2540	3131	2928	3415	2826	2692	2476	1829	3020
K L	2662	2249	2287	2565	2487	2413	2536	2298	2486	3482	2654	2802	2523	2694	3749
V N	1626	1526	1786	1893	1719	2301	1819	2159	2161	2741	1961	1911	1781	1723	2691
B D	2513	2031	2269	2416	2426	2392	2508	2272	2441	3303	2514	2576	2434	2839	3670
V P	2795	2248	2604	2621	2615	2770	2793	2738	2723	3514	2789	2833	2732	2258	3583
K O	2567	2060	2506	2455	2438	2659	2681	2601	2566	3355	2586	2655	2613	2163	3394
Ž D	2945	2272	2887	2693	2724	3088	3114	3131	2952	3564	2936	2882	2924	1994	3483
J Z	2615	2164	2434	2515	2450	2579	2600	2502	2536	3431	2626	2751	2601	2196	3499
S M	2757	2254	2427	2604	2600	2571	2746	2492	2620	3499	2741	2808	2610	2712	3762
K F	2316	1933	2006	2250	2201	2109	2185	1977	2192	3082	2315	2428	2208	2855	3440
N P	3370	2730	2993	3064	3018	3203	3230	3251	3177	3985	3324	3341	3147	2594	3929
K E	1618	1531	1761	1830	1723	2248	1942	2081	2148	2668	1899	1778	1701	2469	2816
P T	3593	2933	3118	3264	3210	3335	3710	3381	3346	4233	3536	3565	3307	2529	4215
Z J	3308	2699	2857	2984	2924	3061	3425	3123	3068	3845	3249	3264	3024	1997	3789

Tab. č. 19 (pokračování) AEE vypočtená jako násobek REE a faktorů

R P	1794	1608	1744	2099	1891	2265	1936	2156	2260	2899	2207	2163	1849	1761	2943
V P	2292	1775	2163	2211	2286	2277	2367	2143	2311	3057	2303	2299	2271	3139	3526
S J	2036	1785	1955	2430	2085	2609	2194	2587	2551	3257	2595	2620	2197	2145	2941

Tab. č. 20 AEE vypočtená přímou rovnicí (rovnice č. 2)

pacient	AEE
K P	3033
B V	1913
K J	1540
V T	3434
K L	2270
V N	1611
B D	2182,5
V P	3181
K O	2898,5
Ž D	3489
J Z	2274,5
S M	2471
K F	2115,5
N P	3774,5
K E	1549
P T	3819
Z J	3365
R P	2698
V P	2042

15.2 Ventilovaní pacienti

Vyšetření proběhlo u 10 pacientů ve věku od 15 do 68 let, kteří utrpěli polytrauma způsobené nejčastěji autonehodou nebo pádem z vysoké výšky. U každého pacienta byly změřeny základní fyziologické a dechové parametry (viz. tab.21). Metodou nepřímé kalorimetrie bylo zjištěno REE (viz. tab. 22). Vypočtené hodnoty REE podle jednotlivých rovnic udává tab. č. 23, hodnoty REE zkorigované o vliv jednotlivých faktorů (restrikce vody, aktuální tělesná teplota, faktor traumatu a zda byl pacient ležící, mobilní, při vědomí či v bezvědomí) udávají tabulky 24 až 27.

V tab. 28 bylo AEE vypočteno jako součin REE a faktorů upřesňujících stav pacienta. Tab. 29 udává hodnoty AEE vypočítané přímo podle rovnice .

15.2.1 Výpočet REE

Tab. č. 21 Základní tělesné parametry a dechové parametry

pacienti	W	H	A	FFM	FM	Tmax	Ve	Vt	RR	T	Pvrch těla	x
B K	51,5	160,0	18,0	69,4	9,1	0,0	7,3	0,5	14,5	0,0	1,5	0,0
M D	50,0	158,0	22,0	72,3	7,9	36,4	6,5	0,5	13,0	36,4	1,5	0,0
B J	154,5	180,0	41,0	64,1	32,1	37,0	10,0	0,5	20,0	37,0	2,6	1,0
N B	72,6	173,0	26,0	75,2	11,2	37,8	8,0	0,5	16,0	37,8	1,9	1,0
K L	65,2	170,0	15,0	96,4	1,2	37,4	9,8	0,5	19,5	37,4	1,8	1,0
K S	99,4	172,0	55,0	55,7	25,5	36,4	13,4	0,5	26,8	36,4	2,1	1,0
Š V	73,6	173,0	19,0	77,4	9,9	36,8	10,5	0,5	21,0	36,8	1,9	1,0
H P	66,9	175,0	37,0	53,4	21,6	37,1	10,3	0,5	20,7	37,1	1,8	1,0
P F	129,0	172,0	68,0	76,2	12,6	38,9	12,3	0,5	24,7	38,9	2,4	1,0
T J	101,2	184,0	63,0	64,6	15,0	37,0	12,8	0,5	25,5	37,0	2,2	1,0

Kde W je váha v kg, H výška v cm, A věk v letech, FFM tukuprostá hmota v kg, FM tuková hmota v kg, T teplota v °C, Tmax maximální teplota za posledních 24 hod. , povrch těla v m², x= 0 pro ženy a x= 1 pro muži, RR je dechová frekvence v dech/minutu, V_E je minutový dechový objem a V_T je dechový objem v litrech.

Tab. č. 22 Hodnoty naměřené nepřímou kalorimetrií

pacienti	REE	VCO2	VO2	UN2
B K	926,2	0,16	0,19	1,5
M D	1113,8	0,19	0,23	18,2
B J	2000,3	0,33	0,42	28,2
N B	1419,0	0,25	0,29	27,3
K L	1364,3	0,25	0,28	24,2
K S	1063,3	0,21	0,21	12,1
Š V	1224,9	0,24	0,24	14,1
H P	1465,9	0,24	0,31	31,8
P F	1898,2	0,24	0,42	45,8
T J	2251,8	0,19	0,52	29,1

Kde REE je v kcal/den.

Tab.č. 23 REE v kcal za den vypočtené z predikčních rovnic

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
B K	1225	1108	1165	1431	1289	1465	1253	1323	1526	2026	1470	1425	1187	1897	2295
M D	1190	1086	1154	1384	1251	1448	1231	1301	1495	1976	1418	1366	1158	1938	2247
B J	2815	2274	2455	2472	2355	2648	2671	2781	2604	3109	2750	2720	2553	1889	2861
N B	1755	1387	1620	1684	1720	1708	1790	1622	1735	2308	1758	1773	1715	2014	2601
K L	1712	1339	1544	1645	1699	1623	1677	1517	1690	2259	1712	1708	1644	2427	2674
K S	1922	1504	1893	1802	1821	2015	2032	2001	1936	2433	1929	1931	1941	1617	2445
Š V	1816	1439	1630	1728	1772	1719	1805	1636	1771	2349	1811	1818	1735	2072	2676
H P	1611	1280	1561	1585	1589	1642	1654	1540	1632	2217	1632	1677	1649	1591	2462
P F	2242	1755	2195	2034	2000	2355	2229	2420	2224	2667	2231	2209	2223	1924	2463
T J	1952	1600	1911	1856	1790	2035	1853	2026	1928	2514	1966	2047	1995	1707	2374

Tab. č. 24 REE vypočtené z predikčních rovnic odečtením množství přítomné nadbytečné tekutiny

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton- Jonesova rovnice
B K	1404	1028	1368	1395	1458	1424	1435	1272	1485	1991	1424	1383	1424	1897	1996
M D	1352	972	1356	1352	1419	1411	1422	1256	1459	1945	1377	1329	1400	1938	1999
B J	2647	2140	2330	2350	2265	2508	2530	2609	2467	2989	2595	2580	2429	1889	1848
N B	1707	1348	1584	1649	1680	1667	1681	1572	1696	2273	1714	1733	1679	2014	2170
K L	1704	1332	1538	1639	1692	1616	1628	1508	1684	2253	1704	1701	1638	2427	2178
K S	1801	1407	1803	1714	1736	1914	1930	1876	1837	2345	1817	1830	1852	1617	2089
Š V	1695	1342	1540	1640	1671	1618	1631	1511	1672	2262	1699	1717	1646	2072	2218
H P	1563	1242	1525	1550	1547	1601	1614	1491	1593	2182	1588	1637	1613	1591	2199
P F	2086	1630	2080	1921	1907	2226	2244	2260	2097	2555	2088	2079	2109	1924	1966
T J	1761	1446	1769	1717	1656	1876	1891	1829	1772	2376	1789	1887	1854	1707	2131

Tab. č. 25 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním aktuální tělesné teploty

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
B K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M D	1119	1021	1085	1301	1176	1361	1157	1223	1405	1858	1333	1284	1089	1822	2112
B J	2815	2274	2455	2472	2355	2648	2671	2781	2604	3109	2750	2720	2553	1889	2861
N B	1895	1498	1749	1818	1857	1844	1933	1751	1874	2492	1899	1915	1852	2175	2809
K L	1781	1392	1606	1711	1767	1688	1744	1577	1758	2350	1780	1776	1710	2525	2781
K S	1807	1414	1779	1694	1712	1894	1910	1881	1820	2287	1813	1815	1825	1520	2298
Š V	1780	1410	1597	1693	1737	1685	1769	1603	1735	2302	1774	1782	1700	2031	2622
H P	1628	1293	1576	1600	1605	1658	1671	1555	1649	2239	1649	1694	1665	1607	2487
P F	2668	2088	2612	2421	2381	2803	2652	2880	2646	3173	2655	2629	2646	2289	2931
T J	1952	1600	1911	1856	1790	2035	1853	2026	1928	2514	1966	2047	1995	1707	2374

Tab. č. 26 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním přítomnosti traumatu (faktor pro trauma)

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice
B K	1715	1551	1631	2003	1805	2051	1754	1852	2136	2837	2058	1994	1662	2655
M D	1666	1520	1616	1937	1752	2027	1723	1822	2093	2767	1985	1912	1622	2714
B J	3941	3184	3437	3460	3298	3707	3740	3894	3646	4353	3850	3808	3574	2645
N B	2457	1942	2267	2357	2407	2391	2506	2270	2429	3231	2461	2483	2401	2820
K L	2397	1874	2162	2303	2379	2272	2347	2123	2366	3163	2396	2391	2301	3398
K S	2691	2106	2650	2523	2549	2822	2845	2802	2710	3406	2700	2704	2718	2264
Š V	2542	2014	2282	2419	2481	2407	2527	2290	2479	3289	2535	2546	2429	2901
H P	2256	1792	2185	2218	2224	2298	2316	2156	2285	3104	2285	2348	2308	2227
P F	3138	2457	3073	2848	2801	3297	3120	3388	3113	3733	3124	3093	3113	2693
T J	2733	2239	2675	2598	2506	2850	2594	2836	2699	3519	2752	2865	2793	2389

Tab. č. 27 vypočtené z predikčních rovnic s upřesněním stavu pacienta

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Miffiinova rovnice	Livingston-Kohlstadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazzerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Ireton-Jonesova rovnice
B K	1042	942	990	1216	1096	1246	1065	1124	1297	1722	1250	1211	1009	1612	1950
M D	1012	923	981	1176	1063	1231	1046	1106	1271	1680	1205	1161	985	1648	1910
B J	2393	1933	2087	2101	2002	2251	2271	2364	2213	2643	2337	2312	2170	1606	2431
N B	1492	1179	1377	1431	1462	1451	1521	1378	1475	1961	1494	1507	1458	1712	2276
K L	1455	1138	1312	1398	1445	1379	1425	1289	1437	1920	1455	1452	1397	2063	2273
K S	1634	1278	1609	1532	1548	1713	1727	1701	1646	2068	1640	1642	1650	1375	2078
Š V	1543	1223	1385	1469	1506	1461	1534	1390	1505	1997	1539	1546	1475	1761	2275
H P	1507	1197	1459	1482	1485	1535	1547	1440	1526	2073	1526	1568	1541	1488	2302
P F	2096	1641	2052	1902	1870	2202	2084	2263	2079	2493	2086	2065	2079	1799	2303
T J	1660	1360	1624	1577	1521	1730	1575	1722	1639	2137	1671	1740	1696	1451	2018

15.2.2 Výpočet AEE

Tab. č. 28 AEE vypočtená jako násobek REE a faktorů

pacienti	Benedict-Harrisova rovnice	Bernsteinova rovnice	Owenova rovnice	Mifflinova rovnice	Livingston-Kohlistadtova rovnice	Schofieldova rovnice	FAO	Henryho rovnice	Mullerova rovnice	Korthova rovnice	de Lorenzova rovnice	Lazerova rovnice	Huangova rovnice	Johnstoneova rovnice	Iretón-Jonesova rovnice
B K	1458	1319	1386	1703	1534	1744	1491	1574	1816	2411	1749	1695	1413	2257	2730
M D	1331	1214	1291	1548	1399	1620	1377	1456	1672	2211	1586	1528	1296	2168	2513
B J	3350	2706	2921	2941	2803	3151	3179	3310	3099	3700	3272	3237	3038	2248	3404
N B	2255	1783	2081	2164	2210	2195	2300	2084	2230	2966	2259	2279	2204	2589	3343
K L	2119	1657	1911	2036	2103	2008	2075	1877	2092	2796	2118	2113	2034	3004	3309
K S	2150	1682	2117	2016	2037	2254	2273	2238	2166	2721	2158	2160	2172	1809	2735
Š V	2118	1678	1901	2015	2067	2005	2105	1908	2065	2740	2112	2121	2024	2416	3121
H P	1937	1539	1876	1904	1909	1973	1988	1851	1962	2665	1962	2016	1981	1912	2959
P F	3174	2485	3108	2881	2833	3335	3156	3427	3149	3776	3160	3128	3149	2724	3488
T J	2733	2239	2675	2598	2506	2850	2594	2836	2699	3519	2752	2865	2793	2389	3323

Tab. 29 AEE vypočtená přímou rovnicí

pacienti	AEE
B K	2362
M D	1774
B J	1899
N B	2428
K L	1665
K S	2367
Š V	2286
H P	2142
P F	2198
T J	2080

15.3 Porovnání experimentálních a vypočtených hodnot

Tab. 30 a 31 ukazují rozdíly mezi predikovanými a naměřenými hodnotami REE u spontánně dýchajících a u ventilovaných pacientů

Tab. 32 a 33 shrnují výpočty podle jednotlivých prediktivních rovnic a udává, které z vypočítaných hodnot se procentuelně nejlépe shodují s hodnotami získanými experimentálně nepřímou kalorimetrií, a které mají nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE.

Tab. č. 30 Rozdíl mezi naměřenou a predikovanou hodnotou REE u spontánně dýchajících pacientů

Rovnice	Rovnice	S odečtem OH	S faktorem teploty	S faktorem pro trauma	AEE z rovník	AEE přímo z rovnice	S faktorem pacienta
Benedict-Harrisova	135,3 ns	176,9 ns	195,3 ns	847,1***	834,2***	834,2***	321,7*
Bernsteinova	165,6 ns	210,7 ns	102,2 ns	425,8*	414,5*	414,5 ns	11,27 ns
Owenova	20,9 ns	88,3 ns	40,7 ns	686,9***	674,7*	674,7***	195,3 ns
Mifflinova	115,5 ns	86,7 ns	177,9 ns	819,3***	803,5***	803,5***	299,5 ns
Livingston-Kohlstadtova	65,3 ns	105,7 ns	107,0 ns	749,0***	735,1***	735,1***	244,5 ns
Schofieldova	223,7 ns	190,5 ns	264,9 ns	970,8***	955,1***	955,1***	418,7 **
FAO	190,0 ns	205,4 ns	254,4 ns	923,5***	910,4***	910,4***	382,0**
Henryho	174,9 ns	134,1 ns	228,6 ns	902,5***	887,9***	887,9***	364,6**
Mullerova	204,6 ns	172,2 ns	260,1 ns	944,1***	928,1***	928,1***	397,9**
Korthova	742,2***	713,6***	793,4**	1697,0***	1675,0***	1675,0***	992,0***
deLorenzova	218,7 ns	182,0 ns	293,6 ns	963,8***	947,6***	947,6***	413,4**
Lazzerova	226,3 ns	193,2 ns	296,3 ns	974,5***	957,9***	957,9***	421,8**
Huangova	111,2 ns	164,0 ns	139,6 ns	813,3***	799,4***	799,4***	295,0 ns
Johnstoneova	52,9 ns	52,9 ns	120,5 ns	731,7***	713,8***	713,8***	234,1 ns
Ireton-Jonesova	817,4***	365,8***	844,5**	365,8*	1779,0***	1779,0***	1068,0***

* statisticky významná odlišnost na hladině $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$; ns- neprokázaná.

Tab. č. 31 Rozdíl mezi naměřenou a predikovanou hodnotou REE u ventilovaných pacientů

Rovnice	Rovnice	S odečtem OH	S faktorem teploty	S faktorem pro trauma	AEE z rovnic	AEE přímo z rovnice	S faktorem pacienta
Benedict-Harrisova	351,2 ns	299,3 ns	404,7 ns	1081,0***	789,8*	789,8*	110,5 ns
Bernsteinova	4,3 ns	84,0 ns	20,9 ns	595,1 ns	357,4 ns	357,4*	191,5 ns
Owenova	239,9 ns	216,5 ns	285,4 ns	924,9**	654,0 ns	654,0 ns	14,9 ns
Mifflinova	289,2 ns	219,9 ns	307,2 ns	994,0***	707,8*	707,8*	55,7 ns
Livingston-Kohlstadtova	255,9 ns	230,4 ns	250,3 ns	947,4**	667,4 ns	667,4 ns	27,1 ns
Schofieldova	393,1 ns	313,4 ns	370,5 ns	1139,0***	840,7**	840,7**	147,2 ns
FAO	346,7 ns	327,8 ns	345,9 ns	1074,0***	781,0*	781,0*	106,7 ns
Henryho	343,9 ns	245,6 ns	321,6 ns	1071,0***	783,4*	783,4*	105,1 ns
Mullerova	381,4 ns	303,3 ns	357,0 ns	1123,0***	822,2*	822,2**	136,0 ns
Korthova	913,1***	844,3***	898,0***	1867,0***	1478,0***	1478***	596,7**
deLorenzova	394,9 ns	306,6 ns	370,8 ns	1142,0***	840,1**	840,1**	147,6 ns
Lazzerova	394,7 ns	315,0 ns	371,0 ns	1142,0***	841,5**	841,5**	147,6 ns
Huangova	307,3 ns	291,5 ns	312,4 ns	1019,0***	737,5*	737,5*	73,2 ns
Johnstoneova	434,9 ns	434,9*	412,6 ns	1198,0***	879,0**	879**	178,6 ns
Ireton-Jonesova	1037,0***	606,5***	993,6***	1054,0***	1620,0***	1620***	708,9***

* statisticky významná odlišnost na hladině $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$; ns- neprokázaná.

Z tab. 30 a 31 vyplývá, že nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE je u spontánně dýchajících u Owenovy, Bernsteinovy, Iretonovy a Johnstoneovy rovnice. U ventilovaných je nejmenší rozdíl u Bernsteinovy a Owenovy rovnice.

Tab. č. 32 Výsledky ukazující, které rovnice se nejvíce shodují s výsledky nepřímé kalorimetrie u spontánně dýchajících pacientů

Způsob výpočtu	Rovnice	% shody
Rovnice	Johnstoneova, Mifflinova, <i>Owenova</i>	85
S odečtem OH	Livingston-Kohlstadtova, <i>Johnstoneova</i>	95
Faktor pro teplotu	Johnstoneova, <i>Owenova</i>	87,5
Faktor pro trauma	Johnstoneova, <i>Iretanova</i>	25
Faktor pacienta	Owenova, <i>Bernsteinova</i>	80
AEE z REE	Bernsteinova, <i>Bernsteinova</i>	55

Kde OH je přebytek tekutiny v organismu („overhydration“), kurzíva - rovnice, u kterých je nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE- viz tab. č. 30, ostatní - rovnice, které vyšly nejlépe na základě analýzy v MS Excel.

Tab. č. 33 Výsledky ukazující, které rovnice se nejvíce shodují s výsledky nepřímé kalorimetrie u ventilovaných pacientů

Způsob výpočtu	Rovnice	% shody
Rovnice	Bernsteinova, Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova, <i>Bernsteinova</i>	90
S odečtem OH	Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova, <i>Bernsteinova</i>	90
Faktor pro teplotu	Livingston-Kohlstadtova, Mifflinova, Owenova, <i>Bernsteinova</i>	77
Faktor pro trauma	Bernsteinova, <i>Bernsteinova</i>	40
Faktor pacienta	Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova, Johnstoneova, <i>Owenova</i>	90
AEE z REE	Bernsteinova, <i>Bernsteinova</i>	70

Kde OH je přebytek tekutiny v organismu („overhydration“), kurzíva - rovnice, u kterých je nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE- viz tab. č. 31, ostatní - rovnice, které vyšly nejlépe na základě analýzy .

Z tab. 32 a 33 vyplývá, že pro spontánně dýchající je nejpřesnější výpočet REE s odečtem přebytku tekutin a za použití Owenovy, Johnstoneovy a Bernsteinovy rovnice. U ventilovaných pacientů vychází nejlépe Bernsteinova a Mifflinova rovnice. A že nejmenšího rozdílu mezi predikovanou a naměřenou hodnotou dosáhly u spontánně dýchajících Owenova, Bernsteinova, Iretonova a Johnstoneova rovnice. A u ventilovaných Bernsteinova a Owenova rovnice.

Tab. 34 a 35 ukazují hodnoty korelace mezi naměřenou REE a vypočítanou REE.

Tab. 34 Hodnoty korelace mezi naměřenou REE a jednotlivými vypočítanými rovnicemi u spontánně dýchajících pacientů

Jednotlivé rovnice	Rovnice	S odčtem OH	S faktory teplot	S faktorem pro trauma	S faktorem pacienta	AEE z REE
Benedict-Harrisova rovnice	0,3681**	0,3147**	0,3709ns	0,3682**	0,3625**	0,3716**
Bernsteinova rovnice	0,3433**	0,3934**	0,3612ns	0,3433**	0,3431**	0,3446**
Owenova rovnice	0,3191**	0,1383ns	0,3611ns	0,3191**	0,3116**	0,3144**
Mifflinova rovnice	0,4210***	0,3557**	0,5196*	0,421***	0,4174**	0,4271***
Livingston-Kohlstadtova rovnice	0,3976**	0,2828**	0,4054*	0,3976**	0,3852**	0,397**
Schofieldova rovnice	0,2056*	0,1383ns	0,4374*	0,2056*	0,2047*	0,2117*
FAO	0,2929**	0,1379ns	0,3413ns	0,2932**	0,2871**	0,2942**
Henryho rovnice	0,2056*	0,1383ns	0,4506*	0,2056*	0,2056*	0,2132*
Mullerova rovnice	0,2815**	0,2047*	0,4546*	0,2815**	0,2785**	0,2849**
Korthova rovnice	0,4403***	0,3797**	0,5200*	0,4403***	0,4332***	0,4406***
de Lorenzova rovnice	0,3854**	0,3138**	0,5085*	0,3854**	0,3835**	0,3917**
Lazzerova rovnice	0,4480***	0,3896**	0,5462*	0,448***	0,4468***	0,4572***
Huangova rovnice	0,4111**	0,2578*	0,4579*	0,4111**	0,4037**	0,4085**
Johnstoneova rovnice	0,0813ns	0,0813ns	0,0217ns	0,0813ns	0,0645ns	0,1043ns
Ireton-Jonesova rovnice	0,3542**	0,0510ns	0,3025ns		0,3175**	0,3725**

Statisticky významná korelace na hladině významnosti * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$; ns- neprokázaná korelace.

Tab. 35 Hodnoty korelace mezi naměřenou REE a jednotlivými vypočítanými rovnicemi u ventilovaných pacientů

Jednotlivé rovnice	Rovnice	S odčtem OH	S faktory teplot	S faktorem pro trauma	S faktorem pacienta	AEE z REE
Benedict-Harrisova rovnice	0,5109*	0,4277*	0,4733*	0,5110*	0,5375**	0,7140**
Bernsteinova rovnice	0,5262**	0,4908*	0,5221*	0,5262**	0,5629**	0,7513***
Owenova rovnice	0,5602**	0,5009*	0,5015*	0,5602**	0,5658**	0,7362***
Mifflinova rovnice	0,5101*	0,4641*	0,5017*	0,5101*	0,5467**	0,7643***
Livingston-Kohlstadtova rovnice	0,4631*	0,367*	0,4181*	0,4631*	0,4952*	0,7105**
Schofieldova rovnice	0,5306**	0,5009*	0,5024*	0,5306**	0,5407**	0,7263***
FAO	0,4247*	0,5007*	0,3836*	0,4244*	0,448*	0,6475**
Henryho rovnice	0,5306**	0,5009*	0,5018*	0,5306**	0,5409**	0,7024**
Mullerova rovnice	0,4778*	0,4298*	0,4678*	0,4778*	0,5046*	0,7192***
Korthova rovnice	0,5393**	0,5003*	0,5198*	0,5393**	0,5722**	0,8085***
de Lorenzova rovnice	0,4946*	0,4464*	0,4859*	0,4946*	0,5272**	0,7282***
Lazzerova rovnice	0,5592**	0,5253**	0,5431*	0,5592**	0,5891**	0,7797***
Huangova rovnice	0,5685**	0,5225**	0,5132*	0,5685**	0,5791**	0,7515***
Johnstoneova rovnice	0,0231ns	0,0231ns	0,0021ns	0,0231ns	0,0051ns	0,0698ns
Ireton-Jonesova rovnice	0,0960ns	0,0520ns	0,1529ns		0,1633ns	0,5835**

Statisticky významná korelace na hladině významnosti * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$; ns- neprokázaná korelace.

16 Diskuse

Tato práce zhodnotila 15 nepoužívanějších prediktivních rovnic pro výpočet REE z hlediska použití u polytraumatických pacientů. Žádná z rovnic neurčila přesně REE.

Ze standartních metod výpočtu REE bez použití korekčních faktorů vychází nejlépe Johnstoneova a Mifflinova rovnice (míra shody 85%) pro spontánně dýchající pacienty a Bernsteinova, Mifflinova a Livingston-Kohlstadtova rovnice (90%) u ventilovaných pacientů. Nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE je u spontánně dýchajících u Owenovy rovnice a u ventilovaných pacientů u Bernsteinovy rovnice.

Odečet přebytečné vody v organismu vede ke zpřesnění výpočtu REE a to jak u spontánně dýchajících (Livingston-Kohlstadtova, 95%), tak u ventilovaných pacientů (Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova, 90%). V podstatě dochází ke zpřesnění jednoho ze základních parametrů používaných pro výpočet hodnot REE. Nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE je u spontánně dýchajících u Johnstoneovy rovnice a u ventilovaných pacientů u Bernsteinovy rovnice.

Z rovnic započítávajících korekční faktory se s experimentálními daty získanými pro spontánně dýchající pacienty nejlépe shodují rovnice počítající s faktorem tělesné teploty (Johnstoneova, 87,5%) a faktor stavu pacienta (Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova, Johnstoneova, 90%) u ventilovaných pacientů. Nejmenší rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE je za použití faktoru teploty u spontánně dýchajících u Owenovy rovnice a u ventilovaných pacientů u Bernsteinovy rovnice. Při použití faktoru stavu pacienta je to u spontánně dýchajících u Bernsteinovy rovnice a u ventilovaných u Owenovy rovnice.

Ve skupině ventilovaných pacientů jsou výsledky konzistentnější – opakovaně se ve skupině rovnic s nejlepší shodou vyskytují Mifflinova a Livingston-Kohlstadtova rovnice. Ve skupině s nejmenším rozdílem se nejčastěji opakuje Bernsteinova rovnice. Může to být ovlivněno velikostí souboru pacientů.

Nejlépe shody mezi predikovanými a naměřenými hodnotami u obou skupin pacientů nejčastěji dosahovaly Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova a Johnstoneova rovnice. Nejmenšího rozdílu mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE dosahovaly u obou skupin Bernsteinova, Owenova, Iretonova a Johnstoneova rovnice.

Důležitým poznatkem je, že použití všech tří upřesňujících faktorů v jedné rovnici, použité pro výpočet AEE, nevede ke zpřesnění výsledku. Některé z korekčních faktorů snižují míru shody vypočítaných hodnot s naměřenými. Současným započítáním vícero (eventuelně všech) těchto faktorů do rovnice dochází k znásobení této chyby.

17 Závěr

U polytraumatických pacientů je potřeba určit co nejpřesněji jejich energetické požadavky proto, aby byly správně kompenzovány poskytnutím výživy o vhodné energetické hodnotě. Energetickou potřebu nemocných je možno určit buď experimentálně, nebo pomocí prediktivních rovnic. Použití prediktivních rovnic je snažší a dostupnější, avšak takto získané hodnoty nejsou vždy dostatečně přesné.

Tato práce zhodnotila 15 prediktivních rovnic používaných pro výpočet REE nejčastěji z hlediska vhodnosti použití u polytraumatických pacientů.

Žádná z rovnic neurčila přesně REE. Nejlepší shody mezi predikovanými a naměřenými hodnotami nejčastěji dosahovaly u obou skupin pacientů Mifflinova, Livingston-Kohlstadtova a Johnstoneova metoda. Nejmenšího rozdílu mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE bylo dosaženo u spontánně dýchajících pacientů u Bernsteinovy, Owenovy, Iretonovy a Johnstoneovy rovnice a u ventilovaných u Bernsteinovy a Owenovy rovnice.

Odečet přebytečné vody v organismu vede ke zpřesnění výpočtu REE a to jak u spontánně dýchajících, tak u ventilovaných pacientů. Použití korekčních faktorů pro výpočet REE nezvyšuje míru shody mezi vypočítanými a naměřenými daty. Nejpřesnější metodou stále zůstává nepřímá kalorimetrie.

18 Abstrakt (český)

Ve své práci jsem porovnávala vhodnost použití 15 prediktivních rovnic pro stanovení klidového energetického výdeje (REE) s experimentálním stanovením technikou nepřímé kalorimetrie ve skupině polytraumatických pacientů (n=30) spontánně dýchajících (n=20) a ventilovaných (n=10) hospitalizovaných na jednotce intenzivní péče. Výpočet prostřednictvím prediktivních rovnic byl založen na základních tělesných a dechových parametrech. Největší míry shody bylo dosaženo u obou skupin pacientů při použití Mifflinovy, Livingston-Kohlstadtovy a Johnstoneovy rovnice. Nejmenšího rozdílu mezi predikovanou a naměřenou hodnotou REE bylo dosaženo u spontánně dýchajících pacientů u Bernsteinovy, Owenovy, Iretonovy a Johnstoneovy rovnice a u ventilovaných u Bernsteinovy a Owenovy rovnice. Použití bioimpedance pro zjištění množství přebytečné vody v organismu a její odečtení od tělesné hmotnosti vede ke zpřesnění výpočtu REE. Žádný z použitých faktorů významně nezvýšil míru shody vypočítaných výsledků s naměřenými hodnotami.

19 Abstract (anglický)

Comparison of 15 predictive equations, used for estimation of Resting energy expenditure (REE), versus experimental REE values, obtained using indirect calorimetry on a group of polytraumatic patients (n=30), spontaneously breathing (n=20) and ventilated (n=10), hospitalised on Intensive Care Unit, is presented. Calculation is based on measurement of physiological and functional parameters. Between both groups of patients, the highest level of concordance between experimental and calculated data was achieved using Mifflin's, Livingston-Kohlstadt's and Johnstone's equation. The smallest difference between predicted and measured value REE of spontaneously breathing patients was achieved using Bernstein's, Owen's and Johnstone-Ireton's equation and ventilated Bernstein's and Owen's equation. Using bioimpedance determination of excessive body water („overhydration“) and modification of body mass subtracting this amount, precision of REE prediction was increased. Application of correction factors did not extensively increase the concordance of data calculated.

20 Seznam tabulek

Tab. č. 1 Přehled rizik úmrtí na osobu a rok- výběr.

Tab. č. 2 Hodnoty PAL v závislosti na fyzické aktivitě

Tab. č. 3 Vlastnosti a výdej energie v různých věkových kategoriích a u obou pohlaví

Tab. č. 4 Faktor poškození

Tab. č. 5 Faktor aktivity

Tab. č. 6 Faktor teploty

Tab. č. 7 Metabolická reakce na kritický stav

Tab. č. 8 Počet případů výskytu malnutrice u rizikových skupin pacientů

Tab. č. 9 Důsledky katabolizmu proteinů

Tab. č. 10 Koncentrace sérových proteinů svědčící pro malnutrici

Tab. č. 11 Polytraumata u jednotlivých pacientů

Tab. č. 12 Základní tělesné parametry a dechové parametry

Tab. č. 13 Hodnoty naměřené nepřímou kalorimetrií

Tab. č. 14 REE v kcal za den vypočtené z predikčních rovnic

Tab. č. 15 REE vypočtené z predikčních rovnic odečtením množství přítomné nadbytečné tekutiny

Tab. č. 16 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním aktuální tělesné teploty

Tab. č. 17 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním přítomnosti traumatu (faktor pro trauma)

Tab. č. 18 REE vypočtené z predikčních rovnic s upřesněním stavu pacienta

Tab. č. 19 AEE vypočtená jako násobek REE a faktorů

Tab. č. 20 AEE vypočtená přímou rovnicí

Tab. č. 21 Základní tělesné parametry a dechové parametry

Tab. č. 22 Hodnoty naměřené nepřímou kalorimetrií

Tab. č. 23 REE v kcal za den vypočtené z predikčních rovnic

Tab. č. 24 REE vypočtené z predikčních rovnic odečtením množství přítomné nadbytečné tekutiny

Tab. č. 25 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním aktuální tělesné teploty

Tab. č. 26 REE vypočtené z predikčních rovnic se zohledněním přítomnosti traumatu (faktor pro trauma)

Tab. č. 27 REE vypočtené z predikčních rovnic s upřesněním stavu pacienta

Tab. č. 28 AEE vypočtená jako násobek REE a faktorů

Tab. č. 29 AEE vypočtená přímou rovnicí

Tab. č. 30 Rozdíl mezi naměřenou a predikovanou hodnotou REE u spontánně dýchajících

Tab. č. 31 Rozdíl mezi naměřenou a predikovanou hodnotou REE u ventilovaných

Tab. č. 32 Výsledky ukazující, které rovnice se nejvíce shodují s výsledky nepřímé kalorimetrie u spontánně dýchajících pacientů

Tab. č. 33 Výsledky ukazující, které rovnice se nejvíce shodují s výsledky nepřímé kalorimetrie u ventilovaných pacientů

Tab. č. 34 Hodnoty korelace mezi naměřenou REE a jednotlivými vypočítanými rovnicemi u spontánně dýchajících pacientů

Tab. č. 35 Hodnoty korelace mezi naměřenou REE a jednotlivými vypočítanými rovnicemi u ventilovaných pacientů

21 Použité zkratky

zkratka	vysvětlení zkratk	český význam
AEE	activity energy expenditure	energetický výdej v aktivitě
BMI	body mass index	váhově-výškový index
BMR (BM)	basal metabolic rate	bazální metabolismus
EE	energy expenditure	energetický výdej
DLW	doubly labelled water	metoda dvojitě značené vody
FFM	fat free mass	hmota prostá tuku
FM	fat mass	tuková hmota
BEE	basal energy expenditure	bazální energetický výdej
PAL	physical activity level	stupeň fyzické aktivity
REE	resting energy expenditure	klidový metabolismus
TEE	total energy expenditure	celkový energetický výdej
IF	injury factor	faktor poškození
AF	aktivity factor	faktor aktivity
TF	temperature factor	faktor teploty
BCM	body composition monitor	
JIP	intensive care unit	jednotka intenzivní péče

22 Použitá literatura

DRÁBKOVÁ, Jarmila. *Polytraumata v intenzivní medicíně*. 1. vydání. Praha : Grada, 2002. 308 s.

HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1. vydání. Praha : Grada, 2006. 288 s.

ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2. vydání. Praha : Grada, 2008. 552 s.

LUKÁŠ, Karel. et al. *Gastroenterologie a hepatologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2007. 380 s.

KLENER, Pavel. et al. *Vnitřní lékařství*. 3. vydání. Praha : Galén, 2006. 1158 s.

WEIJS, Peter JM. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18–65 y. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online], 2008, vol.88, no.4, s. 959-970. [cit. 2011-06-03]. Dostupný z: <http://www.ajcn.org>.

SHETTY, Prakash. Energy requirements of adults. *Public Health Nutrition* [online], 2005, s. 994-1009. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.scholar.google.cz>.

HENRY, C. Jeya K. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition* [online], 2005, s. 1133-1152. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.scholar.google.cz>.

LEVINE, James A. Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutrition* [online], 2005, vol.8, no.7, s. 1123-1132. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.scholar.google.com>.

HASENBOEHLER, Erik. et al. Metabolic changes after polytrauma: an imperative for early nutritional support. *World Journal of Emergency Surgery* [online], 2006. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.wjes.org>.

WEIJS, Peter JM. et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult outpatients and inpatients. *Clinical nutrition* [online], 2008, vol.27, no.1, s. 150-157. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.clinicalnutritionjournal.com>.

FRANKENFIELD, David.- ROTH-YOUSEY, Lori.- COMPHER Charlene. Comparison of Predictive Equations for Resting Metabolic Rate in Healthy Nonobese and Obese Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Dietetic Association* [online], 2005, vol.105, no.5, s. 775-789. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z:

[http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/yjada/article/S0002-8223\(05\)00149-5/abstract](http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/yjada/article/S0002-8223(05)00149-5/abstract)

DE ROCHA, Eduardo E Moreira. et al. Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice?. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* [online], 2005, vol.8, no.3, s. 319-328. [cit. 2011-07-03]. Dostupný z: <http://www.journals.lww.com>.

GAILLARD, C. et al. A practical approach to estimate resting energy expenditure in frail elderly people. *The Journal of Nutrition, Health & Aging* [online], 2008, vol.12, no.4, s. 277-280. [cit. 2011-07-07]. Dostupný z: <http://www.springerlink.com>.

SUMAN, Oscar E. et al. Resting energy expenditure in severely burned children: Analysis of agreement between indirect calorimetry and prediction equations using the Bland–Altman method. *Burns* [online], 2006, vol.32, no.3, s. 335-342. [cit. 2011-07-07]. Dostupný z: <http://www.burnsjournal.com>.

FINAN, Katherine.- LARSON, D Enette.- GORAN Michael I. Cross-Validation of Prediction Equations for Resting Energy Expenditure in Young, Healthy Children. *Journal of the American Dietetic Association* [online], 1997, vol.97, no.2, s. 140-145. [cit. 2011-07-07]. Dostupný z: [http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/yjada/article/S0002-8223\(97\)00039-4/abstract](http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/yjada/article/S0002-8223(97)00039-4/abstract).

WEIJS, Peter J M.- VANSANT Greet A A M. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in Belgian normal weight to morbid obese women. *Clinical Nutrition* [online], 2010, vol.29, no.3, s. 347-351. [cit. 2011-07-07]. Dostupný z: <http://www.clinicalnutritionjournal.com>.

WALKER, Renee N.- HEUBERGER Roschelle A. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respiratory care* [online] 2009, vol.54, no.4, s. 509-521. [cit. 2011-09-29]. Dostupný z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19327188/>.

Zadák, Zdeněk.- Květina, Jaroslav. et al. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Praha: Galen, 2011. 255 – 268 s. Stanovení potřeby energie.

Probs, Andrej. *Výpočet plochy telesného povrchu tela podľa Dubois* [online]. [cit. 2011-10-20]. Dostupné z: <http://primar.sme.sk/kalkulacky/vypocet-telesneho-povrchu-dubois.php?hmotnost=116&vyska=158>

