

**Univerzita Karlova v Praze**

**1. lékařská fakulta**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční specialista



**Bc. Andrea Neradová**

Nepřímá kalorimetrie u pacientů s domácí parenterální výživou

Indirect calorimetry in patients with home parenteral nutrition

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce: MUDr. Eva Meisnerová

Praha, 2019

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze,.....

Bc. Andrea Neradová

Podpis.....

**Identifikační záznam**

NERADOVÁ, Andrea. *Nepřímá kalorimetrie u pacientů s domácí parenterální výživou. [Indirect calorimetry in patients with home parenteral nutrition]*. Praha, 2019, 86 s., 8 příloh. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, IV. interní klinika gastroenterologie a hepatologie VFN v Praze. Vedoucí práce MUDr. Eva Meisnerová.

### **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat vedoucí práce paní MUDr. Evě Meisnerové za čas, který mi věnovala. Dále bych chtěla poděkovat paní Marcele Fliegelové, díky které bylo možno uskutečnit měření pacientů na nepřímém kalorimetru.

## Abstrakt

Úvod: Znat energetický výdej u pacientů s domácí parenterální výživou (DPV) je nezbytnou součástí nutriční péče, stejně tak, jako vědět, jak ovlivňuje DPV energetický výdej. Předejde se tak komplikacím spojeným s nadbytečnou nebo nedostatečnou výživou. Na tuto problematiku se ve světě už nějaké studie zaměřily, ale v České republice se tomuto tématu zatím moc pozornosti nedostává. Pro určení energetického výdeje existuje několik metod, kdy za zlatý standard platí nepřímá kalorimetrie, ale v běžné praxi se spíše využívá různých predikčních rovnic.

Cíle: Porovnat rozdíl mezi bazálním energetickým výdejem (BMR) a klidovým energetickým výdejem (REE) u pacientů s domácí parenterální výživou. Při měření REE zjistit i výši termického efektu parenterální výživy. Dále pak porovnat výsledky energetického výdeje (BMR, REE) získané nepřímou kalorimetrií a výsledky získané z často používaných predikčních rovnic pro výpočet BMR, REE a určit, která predikční rovnice se nejvíce blíží výsledkům měření nepřímé kalorimetrie.

Metody: Ambulantní pacienti s DPV IV. interní kliniky VFN v Praze byli pro zjištění energetického výdeje měřeni dvakrát na nepřímém kalorimetru, jednou pro stanovení BMR a jednou pro stanovení REE (při kterém byl sledován i termický efekt DPV). Dále byly zjištěny základní informace od pacientů (pohlaví, věk, důvod a typ DPV) a provedeny antropometrická měření (tělesné výšky a váhy). Z těchto informací byl proveden výpočet BMR a REE predikčními rovnicemi (Harris-Benediktova, Owenova, Mifflin-St. Jeorova, Ireton-Jonesova rovnice) a podle doporučení ESPEN (European Society for Clinical Nutrition). Posléze byly vypočtené výsledky z predikčních rovnic a doporučení ESPEN porovnány s naměřenými výsledky z nepřímého kalorimetru.

Výsledky: Nejvhodnější rovnicí pro výpočet energetického výdeje, namísto metody nepřímé kalorimetrie, se ukázaly Harris-Benedictova a Owenova rovnice a to bez ohledu na to, jestli zjišťujeme BMR nebo REE. Bohužel se nepotvrdil předpoklad, že BMR je vždy nižší než REE a to i přesto, že REE mělo být vyšší ještě o termický efekt PV, ale u pacientů, u kterých tomu tak bylo, bylo REE v průměru o 15 % vyšší než BMR. Čili termický efekt PV u pacientů na DPV je cca 15 %.

Závěr: Pokud není možno změřit energetický výdej metodou nepřímé kalorimetrie, zdají se být Harris-Benedictova a Owenova rovnice adekvátní náhradou a zároveň jsou i rychlejší a cenově dostupnější metodou, s menší zatížeností personálu. I když rozdíl mezi BMR a REE nevyšel podle očekávání, nejeví se rozdíl mezi nimi jako úplně podstatný, vzhledem k tomu, že jak pro BMR, tak pro REE vyšly jako nejvhodnější náhrada za nepřímou kalorimetrií stejné rovnice. Tato práce by mohla být základem pro další budoucí práce, které by mohly díky většímu počtu sledovaných pacientů zpřesnit výsledky této práce.

Klíčová slova: Nepřímá kalorimetrie, bazální energetický výdej, klidový energetický výdej, domácí parenterální výživa, predikční rovnice

## Abstract

**Introduction:** Establishing the energy expenditure of patients with home parenteral nutrition (HPN) is a key component of nutritional care, just as important as being aware of how HPN affects energy expenditure. This helps prevent complications associated with excessive or insufficient nutrition. Certain studies have aimed at these issues have been carried out around the world, but little attention has been devoted to this subject in the Czech Republic as of yet. Several methods of ascertaining energy expenditure exist, with indirect calorimetry being considered the gold standard, however, in practice, various predictive equations are predominantly used instead.

**Aims:** To compare the difference between the base metabolic rate (BMR) and the resting energy expenditure (REE) in patients with home parenteral nutrition. When measuring REE, to also establish the extent of the thermic effect of parenteral nutrition. Furthermore, to compare the results for energy expenditure (BMR, REE) obtained via indirect calorimetry with the results obtained via the frequently used predictive equations for calculating BMR and REE, and to ascertain which predictive equation most closely matched the measurements obtained via indirect calorimetry.

**Methodology:** Outpatients with HPN seen at the 4th internal clinic of the General Faculty Hospital (VFN) in Prague were subjected to two rounds of indirect calorimetry measurement in order to establish their energy expenditure, once in order to ascertain their BMR and once in order to ascertain their REE (as well to measure the thermic effect of HPN). Furthermore, additional basic information was gathered from the patients (sex, age, reason for and type of HPN), and anthropometric measurements were taken (body height and mass). Based on this information, BMR and REE were calculated using predictive equations (namely the Harrison-Benedict, Owen, Mifflin-St. Jeor, and Ireton-Jones formulae) and once more in accordance with guidelines published by ESPEN (the European Society for Clinical Nutrition). The results of the predictive equation and ESPEN guideline calculations were subsequently compared with the results of indirect calorimetry measurements.

**Results:** The experiment showed that the most suitable equation for calculating energy expenditure outside of indirect calorimetry are the Harris-Benedict equations and the Owen equation, regardless of whether BMR or REE is being estimated. Unfortunately, the assumption that BMR is always lower than REE was not confirmed by the experiment, despite the fact that REE should have been even higher by the extent of the thermic effect of PN; in patients where this did hold true, REE was on average 15% higher than BMR. That is to say, the thermic effect of PN in patients with HPN is approximately 15%.

**Conclusion:** If it is not possible to measure energy expenditure using the method of indirect calorimetry, it would appear that the Harris-Benedict equation and the Owen equation are adequate substitute methods, and are simultaneously more expeditious and affordable, while placing a smaller burden on personnel. Despite the fact that the difference between

BMR and REE in the results was not as expected, the difference between them does not appear to be entirely substantive, particularly when one considers the fact that the most adequate substitute methodology for indirect calorimetry has been shown to be the same equations in the case of both BMR and REE. This dissertation could form the basis of further work in the future which may improve the precision of the results of this dissertation due to an increased patient sample size.

Keywords: Indirect calorimetry, base metabolic rate, resting energy expenditure, home parenteral nutrition, predictive equations

# Obsah

Úvod.....	10
Teoretická část .....	11
1. Energetický metabolismus .....	11
1. 1. Energetický příjem.....	12
1. 2. Energetický výdej .....	12
2. Stanovení energetické potřeby organismu .....	15
2.1. Stanovení energetického výdeje organismu propočtem .....	15
2.2. Stanovení energetického výdeje organismu měřením .....	18
3. Nepřímá kalorimetrie .....	21
3.1. Princip nepřímé kalorimetrie .....	21
3.2. Technika nepřímé kalorimetrie .....	22
3.3. Podmínky správného měření nepřímé kalorimetrie.....	23
3.3.1. Zásady měření bazálního energetického výdeje .....	24
3.3.2. Zásady měření klidového energetického výdeje.....	25
3.4. Získané parametry z nepřímé kalorimetrie .....	25
3.4.1. Výpočet klidového energetického výdeje.....	26
3.4.2. Výpočet utilizace nutričních substrátů.....	27
3.5. Možné příčiny nesprávného měření.....	28
3.6. Využití nepřímé kalorimetrie .....	28
4. Parenterální výživa .....	30
4.1. Indikace parenterální výživy.....	30
4.2. Kontraindikace parenterální výživy.....	31
4.3. Rozdělení podle formy.....	31
4.4. Rozdělení podle přístupu .....	32
4.4.1. Periferní žilní přístup .....	32
4.4.2. Centrální žilní přístup .....	32
4.4.3. Typy katétrů.....	33
4.5. Komplikace parenterální výživy .....	33
4.6. Složené parenterální výživy .....	37



5. Domácí parenterální výživa .....	39
5.1. Historie domácí parenterální výživy .....	39
5.2. Indikace a kontraindikace domácí parenterální výživy .....	40
5.3. Péče o domácí parenterální výživu .....	41
5.4. Aplikace domácí parenterální výživy .....	42
5.5. Péče o pacienty s domácí parenterální výživou .....	42
5.6. Výživa (energie, živiny, tekutiny) u pacientů s domácí parenterální výživou .....	43
5.7. Energetický výdej u pacientů s domácí parenterální výživou .....	44
6. Cíle práce a hypotézy .....	45
6.1. Cíle práce .....	45
6.2. Hypotézy .....	45
7. Metodologie .....	46
7.1. Sběr dat .....	46
7.2. Výzkumný soubor .....	47
7.3. Zpracování dat .....	47
8. Výsledky .....	49
8.1. Výsledky – základní údaje o pacientech .....	49
8.2. Výsledky – rozdíly mezi BMR a REE .....	50
8.3. Výsledky – porovnání výsledků vypočtených z predikčních rovnic a naměřených nepřímou kalorimetrií .....	56
9. Diskuze .....	65
10. Závěr .....	68
Zkratky slov .....	69
Použitá literatura .....	70
Seznam tabulek, grafů a příloh .....	76
Přílohy .....	78

## Úvod

Téma mé závěrečné diplomové práce se zabývá energetickým výdejem u osob s domácí parenterální výživou a termickým efektem parenterální výživy u těchto pacientů. Porovnává metody zjišťování energetického výdeje a zjišťuje jejich relevantnost u této specifické skupiny pacientů. Toto téma jsem si vybrala, protože ve světě se podobné výzkumy už provádějí, ale v České republice se tomuto tématu zatím moc pozornosti nedostává. Přitom nastavení optimálního přísunu živin a energie je u pacientů na domácí parenterální výživě prioritou. Potřebujeme k tomu ovšem znát požadavky pacientů, ke kterým patří i co nejpřesnější odhad energetického výdeje, aby byla parenterální výživa co možná nejlépe nastavena. Předejde se tak komplikacím spojeným s nadbytečnou nebo nedostatečnou výživou. Pro určení energetického výdeje existuje několik metod, které jsou popsány v teoretické části práce.

Teoretická část popisuje energetický metabolismus člověka, přesněji se zaměřuje na energetický příjem a výdej. Definuje energetický příjem a výdej a vysvětluje, co vše mohou ovlivnit a co ovlivňuje je. Dále se zabývá stanovením energetické potřeby organismu, kde jsou zmíněny metody, kterými se dá energetická potřeba organismu určit. Tyto metody jsou rozděleny do dvou skupin, kdy první skupinu tvoří metody, které využívají pro určení energetické potřeby organismu propočít (predikční rovnice, doporučení ESPEN), druhou skupinu tvoří metody, které využívají pro určení energetické potřeby organismu měření (využití měřících přístrojů). Metody jsou mezi sebou porovnány. V další části je detailněji popsána jedna z měřících metod a to nepřímá kalorimetrie. Ta je považována za zlatý standard při zjišťování energetického výdeje a ostatní metody se porovnávají právě s ní. V poslední části teorie je popsána problematika parenterální výživy, jak její indikace, kontraindikace, tak i její rozdělení, komplikace a složení, podrobně je popsána také domácí parenterální výživa a její problematika.

Praktická část diplomové práce popisuje cíl práce, metodiku sběru dat a charakteristiku respondentů, kteří byli ve výzkumu sledováni. Popisuje, jak respondenti byli měřeni na nepřímém kalorimetru a analyzuje výsledky z něj, které jsou poté porovnávány s výsledky predikčních rovnic.

Cílem práce je zjistit rozdíl mezi bazálním energetickým výdejem (BMR) a klidovým energetickým výdejem (REE). Odhadnout termický efekt domácí parenterální výživy. Pak porovnat výsledky BMR a REE získané nepřímou kalorimetrií a výsledky získané z často používaných predikčních rovnic a určit, která predikční rovnice se nejvíce blíží výsledkům měření z nepřímého kalorimetru.

## Teoretická část

### 1. Energetický metabolismus

Lidský organismus hospodaří s energií podle jistých energetických zákonů. Energie se sama nevytváří, pouze se přeměňuje z jedné formy energie na druhou. Energii lidský organismus získává z živin přijímaných stravou, které metabolizuje a vzniká z nich základní energetický substrát, kterým je adenosintrifosfát (Křížová, 2016a). Vše probíhá na základě vztahu energetická potřeba a energetický výdej. Vztah mezi energetickým příjmem a výdejem se označuje jako energetická bilance organismu, jejichž vztah by měl být za normálních podmínek a po většinu života v rovnovážném stavu. Fyziologicky není energetická bilance v rovnovážném stavu v období růstu (dětství), kdy je potřebná pozitivní energetická bilance k zajištění optimální proteosyntézy, naopak ve stáří nastává negativní energetická bilance (Mašek, Schneiderka, 2004).

U všech osob by měl být znám co nejpřesněji jejich energetický výdej, aby byl správně zvolen nutriční management. Ovšem u některých osob (př. kriticky nemocný pacient, malnutriční pacient...) je udržení energetické bilance v rovnovážném stavu ještě prioritnější, jinak by docházelo k zhoršení zdravotního stavu a obecně kvality života z důvodu špatné nutrice (nedostatečný nebo zvýšený příjem energie, živin a všech ostatních látek, než jaký organismus potřebuje). Pokud energetická bilance není v rovnovážném stavu, lidský organismus má regulační mechanismy, které se snaží vše udržet v rovnováze. Pokud tomu tak není, regulační mechanismy vedou ke změnám na úrovni energetických zásob organismu, ke změnám hormonálním a ke změnám na úrovni svalů a centrální nervové soustavy (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Při pozitivní energetické bilanci je energetický příjem vyšší než energetický výdej a přebytečná energie se tedy ukládá do energetických zásob, dochází k navýšení tělesné hmotnosti a hrozí vznik nadváhy až obezity. Dále při déletrvající nerovnováze dochází k navýšení klidového energetického výdeje, kvůli termickému účinku potravy. To vede ke zvýšeným nárokům na plicní ventilaci, v důsledku zvýšené produkce oxidu uhličitého. Dále dochází k vzestupu glykémie, steatóze jater, zvýšenému výskytu infekčních komplikací a na závěr to vše vede k prodloužení doby hospitalizace a zvýšené mortalitě. U naopak negativní energetické bilance (nižší energetický příjem než výdej) má organismus energie nedostatek (hladoví), proto ji musí čerpat z energetických zásob. Organismus na tento stav reaguje snížením klidového energetického výdeje, klesá hladina inzulínu a stoupá hladina katabolických hormonů. Dochází k úbytku tělesné hmotnosti, až třeba ke vzniku malnutrice (podvýživy). Ta vede k prodloužení doby hospitalizace v nemocnici a dále také k prokazatelně větší náchylnosti k infekčním onemocněním a to vše je spojeno se zvýšenou mortalitou. (Bajnárek, Sobotka, 2007; Maňák, 2012; Mašek, Schneiderka, 2004).

## 1. 1. Energetický příjem

Energetický příjem (množství dodané energie) musí být takový, aby byla naplněna energetická potřeba organismu, nutná k udržování všech jeho fyziologických funkcí (Hronek, Zadák, 2011). energii získává lidský organismus především biologickou oxidací přijatých živin. V největší míře slouží jako zdroj energie cukry, tuky a aminokyseliny. V zanedbatelném množství a nekonstantně jsou oxidovány i další látky jako například etanol, citrát a exogenní laktát. Cukry a tuky jsou oxidovány úplně a mají stejné konečné produkty oxidace, a to vodu a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Oxidace bílkovin je ovšem nekompletní, jejím produktem je urea (močovina) (Bajnárek, Sobotka, 2007). Energetický příjem oproti energetickému výdeji neprobíhá nepřetržitě, proto se přijatá energie musí ukládat do energetických zásob tvořených glykogenem a triacylglyceroly. Tato zásobní energie je využívána v období lačnění, nebo při stavech, kdy je lidský organismus pod větší energetickou zátěží, jako je to při nemoci, fyzické práci, či stresu (Sadílková, 2017).

## 1. 2. Energetický výdej

Získaná energie je v organismu využita na tvorbu chemických vazeb, na práci, na tvorbu tepla a k udržení membránových gradientů (Bajnárek, Sobotka, 2007). Celkový energetický výdej (TEE) je tedy dán více složkami a to bazálním energetickým výdejem (BMR), termickým efektem potravin (postprandiální termogenezi), pohybovou aktivitou a případně současným onemocněním (Rušavý, 2010; Bajnárek, Sobotka, 2007).

Termický efekt (postprandiální termogeneze) potravy je to, kolik energie je spotřebováno pro trávení, vstřebávání a přeměnu živin. Na přeměnu živin musí být energií stimulován buněčný metabolismus, aby došlo k látkové přeměně energetických substrátů. Látková přeměna je významná zejména v případě aminokyselin (specificko-dynamický efekt), jejichž termický efekt je ze všech výživových substrátů nejvyšší (20-40%). Termický efekt sacharidů je 4-10% a tuků pouze 0-3%. U běžné smíšené stravy u zdravého člověka je postprandiální zvýšení energetického výdeje okolo 10%. Ovšem třeba vliv umělé výživy podané enterální nebo parenterální cestou na zvýšení termického efektu výživy není zatím zcela úplně jasný, ale některé zdroje uvádějí, že by měl být podobný jako u normálního perorálního příjmu (Bajnárek, Sobotka, 2007; Rušavý, 2010). Jiné studie zase mapují rozdíly mezi přímo termickým efektem parenterální a enterální výživy. Přičemž tvrdí, že rozdíl mezi nimi v termodynamickém efektu buď není vůbec, a nebo je u parenterální výživy nižší, než u enterální výživy. Proběhly i studie, které se speciálně zabíraly termickým efektem parenterální výživy u kriticky nemocných pacientů. U těchto pacientů bylo v některých studiích zjištěno, že parenterální výživa má nejvyšší termický efekt přibližně po 5 hodinách zahájení výživy a dále po 12 hodinách termický efekt téměř vymizí (Bajnárek et al., 2009). U běžné stravy je nejvyšší termický efekt 1,5 hodiny po konzumaci stravy, přičemž po 2-4 hodinách se opět normalizuje, takže v těchto časech

dochází i ke změnám energetického výdeje. Navýšení energetického výdeje u smíšené stravy je průměrně o 10% (Křížová, 2016a) a parenterální výživa (PV) by měla mít stejný efekt, také o 10% zvyšovat energetický výdej (Křížová, 2016a; Vernet et al., 1986). Vliv na termodynamický efekt výživy má i množství podané stravy, kdy se zvyšujícím se množstvím výživy roste i termodynamický efekt. Toto ovlivnění nás zajímá zejména u kritických pacientů omezených kardiálně nebo ventilačně, protože zde může nadměrné množství podané výživy zvýšit podíl termického efektu na klidovém energetickém výdeji až na 30%. Dále má na termodynamický efekt vliv, jestli bylo množství stravy podáno v jedné větší porci nebo ve více menších porcích. Více menších porcí má vyšší termodynamický efekt než jedna velká porce (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Pohybová aktivita je nejproměnlivější složkou energetického výdeje, některé zdroje uvádějí, že tvoří 5-15% TEE, jiné uvádějí 20-60%. Její míra závisí jak na intenzitě, tak i na míře pohybové aktivity i typu zátěže. Pokrývá potřeby energie kosterního svalstva, nervového, oběhového a kardiovaskulárního systému a také energii potřebnou k termoregulaci organismu (Bajnárek, Sobotka, 2007; Rušavý, 2010).

Při onemocnění se energetický metabolismus zásadně mění, protože dochází k aktivaci systémové zánětové odpovědi, při které dochází k vzestupu hladiny kortizolu, katecholaminů a glukagonu a k poklesu hladiny inzulínu. Dochází tedy k metabolickým změnám a katabolismu, vlivem čehož se mobilizuje energie a substráty (zejména aminokyseliny). Tím pádem se energetický výdej organismu zvyšuje. O kolik se změní, záleží na typu a závažnosti onemocnění (Křížová, 2016a).

Mimo výraz bazální energetický výdej (BMR) se užívá i pojem základní energetický výdej (ZEV) (Rušavý, 2010). Je to energie potřebná k udržení základních fyziologických funkcí organismu za bdělého stavu, kdy je organismus v naprostém fyzickém i psychickém klidu, po dvanáctihodinovém lačnění a při neutrální okolní teplotě. Do základních fyziologických funkcí zde spadá energie potřebná k respiraci, svalové kontrakci v klidu, práci srdečního svalu a sekreční funkci. BMR je během spánku lehce zvýšený (Hronek, Zadák, 2011). Tvoří 60% z TEE. Jeho výše se dá určit pomocí různých predikčních rovnic (př. Harris-Benedictova rovnice) nebo pomocí měření (př. indirektní kalorimetrie). BMR je ovlivněn pohlavím (ženy obecně nižší než muži), věkem, genetikou, onemocněními, tělesnou teplotou, aj. (Rušavý, 2010; Bajnárek, Sobotka, 2007). Pokud se jedná o ovlivnění BMR věkem, nejvyšší BMR mají děti. V pubertě nastává největší pokles BMR. U mužů pak BMR stále pozvolně klesá, asi o 2-3% za rok, kdy nejmenší pokles je mezi 30. a 50. rokem. U žen je také po pubertě postupný pokles BMR, kdy nejmenší změny jsou mezi 20. a 40. rokem, ale větší pokles BMR nastává opět po 40. roce věku (Křížová, 2016a).

Vzhledem k tomu, že zajištění optimálních podmínek pro zjištění BMR je z praktického hlediska někdy obtížné (Hronek, Zadák, 2011), často je v klinické praxi využíván spíše klidový energetický výdej (REE), který by měl vyjadřovat energetické

nároky organismu v kteroukoliv denní dobu (Rušavý, 2010). REE je oproti BMR vyšší, někde je uváděno o 3 % (Hronek, Zadák, 2011), jinde je uváděno 5 % (Křížová, 2016a).

## 2. Stanovení energetické potřeby organismu

Správné stanovení energetické potřeby organismu je důležitou součástí nutriční intervence. Pro určení energetického výdeje může být použito více metod. Dají se rozdělit do dvou skupin (metoda výpočtem, metoda měřením). Metoda výpočtu používá řady vytvořených predikčních rovnic, které využívají pro určení výdeje energie antropometrických parametrů. Pro metodu měření byla také navržena řada metodik. V praxi se většinou k určení energetické potřeby organismu využívá predikčních rovnic. Je to snadná a finančně naprosto nenáročná metoda. Ovšem výsledky získané pomocí těchto rovnic mohou být značně nepřesné, protože nepracují s mnoha faktory, které mohou energetické potřeby organismu ovlivnit. Naopak měřicí metody dávají značně přesnější výsledky, protože pracují i s řadou faktorů, ovlivňujících energetickou potřebu organismu (Bajnárek, Sobotka, 2007). Například u kriticky nemocných pacientů může být rozdíl mezi vypočteným REE a naměřením REE až 40 % (Zezula, Wohl, Wohl, 2006).

### 2.1. Stanovení energetického výdeje organismu propočtem

Stanovení energetického výdeje pomocí predikčních rovnic je založeno na empirických znalostech o energetickém metabolismu a zobecnění výsledků. Tyto výpočetní rovnice pracují především s antropometrickými parametry. Proto tento způsob není vhodný používat u lidí s nestandardním tělesným složením (pacienti s obezitou, otoky, kachexií), protože se zde průměrná tělesná hmotnost populace značně liší od té skutečně zjištěné, a většina těchto vzorců byla vytvořena za použití průměrných hodnot. Rovnice fungují tak, že se nejdříve na základě rovnic vypočte bazální energetický výdej (BMR) a poté se z výsledku dopočítává výše celkového energetické výdeje organismu (TEE) (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Nejznámější rovnicí pro výpočet BMR je Harris-Benedictova rovnice. V této rovnici je pracováno s parametry: pohlaví, tělesná hmotnost, tělesná výška, věk. Přesnost této rovnice je značně dána věkem, podílem aktivní tělesné hmoty a nemocemi. Její klesající přesnost se projevuje například u zdravých mužů a žen starších 60 let, které podhodnocuje a naopak mladé jedince oproti nim nadhodnocuje (Rušavý, 2010). Dále se tato rovnice nedá použít u osob s nadváhou a obezitou, není vhodná ani pro děti a těhotné (Hronek, Zadák, 2011).

$\text{BMR (muži v kcal/24 h)} = 66,5 + (13,8 * \text{váha v kg}) + (5 * \text{výška v cm}) - (6,8 * \text{věk v letech})$
$\text{BMR (ženy v kcal/24 h)} = 665,1 + (9,6 * \text{váha v kg}) + (1,8 * \text{výška v cm}) - (4,7 * \text{věk v letech})$

(Skallerup et al, 2017).

Ta samá rovnice se v některých pracích využívá i pro výpočet REE, rozdíl je pouze v zaokrouhlení (Ławiński et al., 2015).

REE (muži v kcal/24 h) = 66,5 + (13,75 * váha v kg) + (5,003 * výška v cm) – ( 6,775 * věk v letech)
REE (ženy v kcal/24 h) = 665,1 + (9,563 * váha v kg) + (1,85 * výška v cm) – (4,676 * věk v letech)

(Ławiński et al., 2015)

Další rovnice sloužící k výpočtu BMR je Kleiberova rovnice (Bajnárek, Sobotka, 2007). Tato rovnice se v klinické praxi používá méně než Harris-Benedictova rovnice, protože je složitější (Hronek, Zadák, 2011). Opět hrají roli parametry: pohlaví, h je tělesná výška (cm), m je tělesná váha (kg), a je věk (roky) (Bajnárek, Sobotka, 2007).

$BMR (muži \text{ v kcal/24h}) = 71,2 * m^{3/4} * 1 + 0,004 * (30 - věk) + 0,010 * [100 * (h/m)^{1/3} - 43,4]$
$BMR (ženy \text{ v kcal/24h}) = 65,8 * m^{3/4} * 1 + 0,004 * (30 - věk) + 0,018 * [100 * (h/m)^{1/3} - 42,1]$

(Bajnárek, Sobotka, 2007, s. 401)

Owenova rovnice je rovnicí, která pracuje pouze s pohlavím a váhou v kilogramech. Je tomu tak proto, že působení dalších faktorů bylo shledáno jako nevýznamné. Z tohoto se dá odvodit, že tato rovnice není například vhodná pro osoby s obezitou (Sadílková, 2017).

BMR/REE (muži) = 879 + (10,2 * váha v kg)
BMR/REE (ženy) = 795 + (7,18 * váha v kg)

(Skallerup et al, 2017, Ławiński et al., 2015)

Mifflin-St. Jeorova rovnice je rovnice, která se ukázala jako rovnice vhodná pro výpočet BMR i u obézních osob. Vykazuje nejmenší odchylky ±10 % oproti hodnotám zjištěným metodou nepřímé kalorimetrie. Častěji ale u této rovnice dochází k podhodnocování (20%) než nadhodnocování (15%). U této rovnice se opět počítá s parametry jako je pohlaví, váha v kilogramech, výška v centimetrech a věk (Sadílková, 2017).

BMR (muži) = (9,99 * váha v kg) + (6,25 * výška v cm) – (4,92 * věk) + 5
BMR (ženy) = (9,99 * váha v kg) + (6,25 * výška v cm) – (4,92 * věk) - 161

(Skallerup et al, 2017)



Ta samá rovnice se v některých pracích využívá i pro výpočet REE, rozdíl je pouze v zaokrouhlení (Ławiński et al., 2015).

$$\text{REE (muži)} = 10 * \text{váha v kg} + 6,25 * \text{výška v cm} - 5 * \text{věk} + 5$$

$$\text{REE (ženy)} = 10 * \text{váha v kg} + 6,25 * \text{výška v cm} - 5 * \text{věk} - 161$$

(Ławiński et al., 2015)

Všechny výše zmíněné rovnice jsou určeny pro zdravé dospělé osoby. Další zmíněná Frankenfieldova rovnice je přímo určena pro kriticky nemocné. Počítá se zde s dalšími parametry specifikujícími aktuální stav kriticky nemocného: expirační minutová ventilace ( $MV_{exp.}$ ), sepse (hodnota je 1, je-li sepsa přítomna, 0 není-li sepsa přítomna), hemoglobin (Hb) (Bajnárek, Sobotka, 2007).

$$EE = 21\,000 + 100 * MV_{exp.} * Hb + 300 * sepsa$$

(Bajnárek, Sobotka, 2007, s. 401)

Další rovnice, která je určena pro stanovení energetického výdeje (EE) pro specifické stavy je Ireton-Jonesova rovnice pro ventilované pacienty. V této rovnici udávají parametry pohlaví (žena 0, muž 1), trauma/poranění (přítomno 1, nepřítomno 0), popáleniny (přítomny 1, nepřítomny 0), obezita podle BMI (přítomna 1, nepřítomna 0) (Bajnárek, Sobotka, 2007).

$$EE = 1925 - 10 * \text{věk v letech} + 5 * \text{váha v kg} + 281 * \text{pohlaví} + 292 * \text{trauma} + 851 * \text{popáleniny}$$

(Bajnárek, Sobotka, 2007, s. 401)

V této rovnici lze po úpravě použít u ventilovaných pacientů i pro výpočet TEE (Hronek, Zadák, 2011).

$$TEE = (1784 - 11 * \text{věk v letech}) + 5 * \text{váha v kg} + 244 * \text{pohlaví} + 239 * \text{trauma} + 804 * \text{popáleniny}$$

(Hronek, Zadák, 2011, s. 258)

Po další úpravě lze tuto rovnici aplikovat i na spontánně dýchající osoby. Opět se z ní vypočítá TEE. V této úpravě se zohledňuje jako parametr obezita podle BMI (přítomna 1, nepřítomna 0) (Hronek, Zadák, 2011).

$$TEE = (629 - 11 * \text{věk v letech}) + 25 * \text{tělesná hmotnost} + 609 * \text{přítomnost obezity}$$

(Hronek, Zadák, 2011, s. 258)

Úplně ta samá rovnice se v některých pracích využívá i pro běžný výpočet BMR (Skallerup et al, 2017) a REE (Ławiński et al., 2015)

$$\text{BMR/REE} = (629 - 11 * \text{věk v letech}) + 25 * \text{tělesná hmotnost} + 609 * \text{přítomnost obezity}$$

(Skallerup et al, 2017; Ławiński et al., 2015)

Další možnost stanovení potřeby energie je určena pro osoby s parenterální výživou. Jedná se o jednoduché doporučení ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism), které udává, že pro tyto osoby je vhodná denní dávka energie 20-35 kcal/kg za den (Staun et al., 2009).

Abychom dostali celkový energetický výdej (TEE), musí se k výsledku BMR připočítat faktor aktivity (FA), faktor teploty (TF) a faktor postižení (IF) viz tabulky 1. Výpočet tedy vypadá takto:  $CEV = BMR * FA * TF * IF$  (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Tabulka 1 – Faktory ovlivňující velikost celkového energetického výdeje

Faktor postižení (IF)		Faktor aktivity (AF)		Faktor teploty (TF)	
Pacient	Faktor	Pacient	Faktor	Pacient	Faktor
Bez komplikací	1,0	Na respirátoru	0,85	38 °C	1,1
Pooperační stav	1,1	V bezvědomí	1,00	39 °C	1,2
Fraktura	1,2	Ležící	1,1	40 °C	1,3
Sepse	1,3	Ležící, ale mobilní	1,2	41 °C	1,4
Mnohočetná poranění	1,4	Mobilní	1,3		
Popáleniny (30-50%)	1,7				
Popáleniny (50-70%)	1,8				
Popáleniny (70-90%)	2,0				

(Hronek, Zadák, 2011)

## 2.2. Stanovení energetického výdeje organismu měřením

Stanovení energetického výdeje pomocí měřících metod je značně přesnější metodou než výpočetní rovnice. Těchto metodik bylo navrženo několik (Bajnárek, Sobotka, 2007).

První zmiňovanou metodou je metoda přímé kalorimetrie, to je metoda, při níž je jedinec v hermeticky a termicky uzavřené komoře (Hronek, Zadák, 2011). Přístroj pracuje na principu, že získaná energie je v organismu přetvořena na teplo a práci, přičemž růst, tvorba nových tkání a hojení se v klidovém stavu mohou zanedbat. Právě teplo uvolněné z organismu se pak měří pomocí přístrojů, přímých kalorimetrů, vykonaná práce je zhodnocena ergometrem. Tato metoda měření je využívána pouze omezeně a to ve výzkumech, ne v běžné praxi. Je to metoda technicky i časově velice náročná, jedinci musí být měření v delších časových intervalech kvůli pomalé kinetice tepla v organismu. (Bajnárek, Sobotka, 2007)

V současné době je za nejvhodnější považována metoda nepřímé (indirektní) kalorimetrie (viz kapitola níže), protože je poměrně přesnou metodou a navíc snadno proveditelnou. Metoda pracuje na principu výpočtu z měřených veličin a to na spotřebě kyslíku a produkci oxidu uhličitého. Přístroj stanoví hodnotu klidového energetického výdeje za měřený čas, utilizaci nutričních substrátů a hodnotu respiračního kvocientu (Da Rocha, Alves, Da Fonseca, 2006).

Následující metoda využívá k zjištění energetického výdeje monitorování tepové frekvence. Využívá předpokladu, že srdeční výdej, čili tepová frekvence, koreluje s dodávkou kyslíku do tkání a jím odpovídajícím energetickým výdejem. Je to tedy vhodná metoda k monitorování energetického výdeje při různých úrovních zátěže. Vazba tepové frekvence na energetický výdej je ale ovlivněna mnoha faktory (léky, věk, onemocnění, fyzická zdatnost), je tedy nutné předem určit individuální vztah daného jedince mezi tepovou frekvencí a energetickým výdejem. To znamená, že je stejně nutné před využitím této metody použít metodu jinou, jako je třeba indirektní kalorimetrie v průběhu testu při bicyklové ergometrii (Bajnárek, Sobotka, 2007). Po zjištění vztahu mezi tepovou frekvencí (při různé frekvenci pohybu) a velikostí spotřeby kyslíku se dále monitoruje tepová frekvence pomocí přenosných monitorů (sporttestrů). Technicky je tato metoda relativně jednoduchá, ale je bohužel poměrně nepřesná při sledování jednotlivce, proto se využívá spíše při sledování celých skupin, u kterých nadhodnocuje energetický výdej pouze o 2-9% (Rušavý, 2010).

Následující možností je měření energetického výdeje za použití dvojité značené vody, což je obdoba indirektní kalorimetrie. V této metodě se sleduje kinetika vody v organismu, takže je sledovanému podána voda značená stabilním izotopem vodíku a vody (vodíku  $^2\text{H}$ , kyslíku  $^{18}\text{O}$ ) a pak se sleduje rychlost jejich eliminace močí a vydechováním ve formě  $\text{CO}_2$  (Bajnárek, Sobotka, 2007). Poté se zjistí RQ z vydechovaného vzduchu, díky němuž lze odhadnout energetický výdej, protože izotop  $^{18}\text{O}$  z vydechovaného  $\text{CO}_2$  je v izotopickém vztahu s  $^{18}\text{O}$  v moči. Je to značně finančně i časově (interval sledování 1-2 týdny) náročná metoda (Rušavý, 2010). Tuto metodu není úplně vhodné používat u osob s patologicky zvýšeným množstvím extracelulární tekutiny a u obézních osob, měření u nich není příliš přesné (Hronek, Zadáček, 2011). Při dodržení podmínek měření je to značně přesná metoda (odchylka 1-3%), hodící se pro účely výzkumu, ale nelze ji použít k zjištění poměru oxidace jednotlivých energetických substrátů (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Další možností je metoda měření  $\text{VCO}_2$  sledováním kinetiky značeného bikarbonátu. Ta je velmi podobná metodě dvojité značené vody, jde zde o sledování produkce oxidu uhličitého. Sledovanému je podáván bikarbonát značený izotopem  $^{13}\text{C}$  a dále je z poměru  $^{13}\text{C}$  a  $^{12}\text{C}$  z vydechovaného  $\text{CO}_2$  vypočítána endogenní produkce  $\text{CO}_2$  (Bajnárek, Sobotka, 2007).

Poslední zmíněnou metodou je akcelerometrie, ve které se předpokládá, že existuje vzájemná závislost mezi tělesným pohybem a celkovou fyzickou aktivitou a pomocí tohoto vztahu se měří aktivitou indukovaný energetický výdej. Vše funguje na základě detekčního zařízení, které je připevněné na povrch těla a snímá pohyb. (Bajnárek, Sobotka, 2007)

### 3. Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá (indirektní) kalorimetrie je metoda fungující na principu, že spotřeba kyslíku ( $O_2$ ) organismem je přímo úměrná energetickému výdeji organismu. Při této metodě se monitoruje množství produkovaného oxidu uhličitého ( $CO_2$ ) a zužitkovaného kyslíku  $O_2$ . Existují případy, kdy se nepřímá kalorimetrie využít nedá, např. u metabolicky nestabilních pacientů a u pacientů s vysokou potřebou koncentrace  $O_2$  v přijímaném vzduchu (Rušavý, 2010). Ale jinak je tato metoda vhodná ke stanovení základního energetického výdeje jak u zdravých osob za různých podmínek i během aktivit, tak i u kriticky nemocných (Hronek, Zadák, 2011). Řada autorů považuje nepřímou kalorimetrii za zlatý standart pro určení REE a to hlavně kvůli její přesnosti, široké využitelnosti a její neinvazivnosti. Je to tedy metoda velice nápomocná k nastavení správného nutričního režimu (Kurucová, 2014).

#### 3.1. Princip nepřímé kalorimetrie

Metoda spočívá v tom, že se pomocí přístroje měří a sleduje množství produkovaného oxidu uhličitého a zužitkovaného kyslíku za určitý čas – výměna plicních plynů. (Rušavý, 2010). Kyslík je zužitkován k oxidaci nutričních substrátů, to znamená, že všechna energie vychází z oxidace bílkovin, tuku a sacharidů (Kurucová, 2014). Při tomto ději, za vzniku tepla a adenosintrifosfátu (ATP), vzniká oxid uhličitý a voda (Hronek, Zadák, 2011). Výsledná hodnota  $CO_2/O_2$  je nazývána respirační kvocient (RQ), který by se měl za běžných okolností pohybovat v rozmezí 0,7-1,0 ( $RQ = CO_2/O_2$ ). Tato hodnota je dána tím, že nepřímá kalorimetrie zjišťuje oxidaci jednotlivých živin, kdy právě hodnota 0,71 odpovídá RQ utilizovaných tuků a 1,0 cukrům (polysacharidům, glukóze). Pro bílkoviny je RQ průměrně 0,84 a pro etylalkohol 0,67 (Rušavý, 2010). Ovšem určit přesnou oxidaci bílkovin je lehce složitější. Pokud je organismus v katabolickém stavu je třeba ještě stanovit odpad dusíku z organismu močí a stolicí. Pro odpad dusíku močí se musí 24 hodin provádět sběr moči a stanovit z ní koncentraci močoviny. Poté se provede výpočet (Křížová, 2016a).

$$\text{Koncentrace dusíku v gramech (Nk)} = \text{koncentrace urey v moči} * \text{objem moči za 24 hodin} * 0,0336$$

(Křížová, 2016a, s. 48).

K této hodnotě se dále přičte odpad dusíku stolicí. Ten je za normálního stavu v průměru 1,5 g/den, při průjmech může stoupnout až na 4 g/den. Celkový odpad dusíku (močí i stolicí) použijeme do rovnice. Pokud jedinec není v katabolickém stavu, používá se pro výpočet průměrné množství katabolického dusíku 10-12g/den (Křížová, 2016a).

$$REE \text{ (kcal/24h)} = (VO_2 * 3,94) + (VCO_2 * 1,11) - (\text{odpad urey} * 2,17)$$

(Sadílková, 2017, s. 28)

Dále se u osob, které nejsou v katabolickém stavu, může použít jednodušší rovnice, bez započtení odpadu dusíku. V tomto případě je chybnost odhadována přibližně na 1% (Sadílková, 2017).

$$REE \text{ (kcal/24h)} = (VO_2 * 3,94) + (VCO_2 * 1,11)$$

(Sadílková, 2017, s. 28)

Oxidace tuků a sacharidů pokrývá zbývající množství spotřebovaného  $O_2$  a vyprodukovaného  $CO_2$ , zde se vychází z RQ, který je, jak již bylo výše zmíněno, pro tuky 0,7 a sacharidy 1 (Křížová, 2016a).

### 3.2. Technika nepřímé kalorimetrie

Dnešní nepřímé kalorimetry pracují většinou na principu otevřeného systému (kruhu), který využívá dvoucestného ventilu, nebo kontinuální cirkulace vzduchu (Hronek, Zadák, 2011). Otevřený systém vystřídal, kvůli své menší chybovosti, dříve používaný uzavřený systém. Otevřený systém spočívá v tom, že sledovaná osoba dýchá vzduch z okolního prostředí a vyprodukovaný oxid uhličitý se generuje a měří. Díky tomu, že známe množství vyprodukovaného  $CO_2$  za daný čas, může se vypočítat množství zužitkovaného kyslíku potřebného k vytvoření  $CO_2$ , tím pádem nám to umožňuje i vypočítat množství energie. Sledovaný je vleže a buďto má přes celou hlavu danou kanopu, nebo má na obličejí fixovanou dechovou masku. Ještě je tu možnost připojení kalorimetru k výdechovému ventilu, čehož se využívá na jednotkách intenzivní péče. V dnešní době existují už i přenosné nepřímé kalorimetry, u kterých, dle provedených studií, nebyly zjištěny významné rozdíly v naměřených hodnotách, oproti tradičním nepřímým kalorimetrům (Kurucová, 2014). Přístroj má vzduchové čerpadlo, které zabezpečuje stabilní přívod vzduchu o stálé rychlosti a množství, takže je pod kontrolou, jaký je příjem kyslíku. Zároveň je vzduch s oxidem uhličitým odváděn a to do analyzátoru plynů v kalorimetru. Analyzátor dokáže přesně stanovit koncentrace obou sledovaných plynů, jak spotřebovaného kyslíku ( $O_2$ ), tak vydechovaného oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ). Díky přeprogramovanému softwaru, je přístroj z těchto hodnot schopen vypočítat energetický výdej a utilizaci jednotlivých nutričních substrátů (Hronek, Zadák, 2011).

Současně vyhodnocuje i respirační kvocient (RQ), který je právě matematicky vyjádřen jako  $RQ = VCO_2/VO_2$ . Kvůli neúplnému metabolismu bílkovin existuje ještě tzv. nebílkovinný RQ (NRQ), kdy se výměna plynů koriguje na množství metabolizovaných bílkovin. Korelaci z RQ na NRQ lze provést díky znalosti, že 1g dusíku v moči představuje oxidaci 6,25g bílkoviny a to za spotřeby 5,92 l kyslíku a za uvolnění 4,75 l oxidu uhličitého (Hronek, Zadák, 2011).

### 3.3. Podmínky správného měření nepřímé kalorimetrie

Z měření na nepřímém kalorimetru můžeme podle podmínek, za kterých měříme, získat buďto hodnoty bazálního energetického výdeje, nebo hodnoty klidového energetického výdeje. Platí ovšem i obecné podmínky při měření na nepřímém kalorimetru. Do těchto podmínek patří, že místnost, ve které se měří, by se měla před měřením vyvětrat (sníží se inspirační koncentrace  $CO_2$ ). Dále by se v měřící místnosti nemělo kouřit (velké zkreslení výsledků – změna inspirační koncentrace  $CO_2$ ). Na těle musí být správně nasazena maska či kanopa, tak aby byla utěsněna. U ventilátoru by se neměly provádět žádné změny v nastavení. Přímo při měření by měl být měřený v naprostém klidu, takže by do místnosti neměli vstupovat další osoby, neměla by se rozsvěcet nebo naopak vypínat světla (změna metabolismu) a mělo by být během měření ticho (nemluvit, vypnout rádio a podobné zvukové přístroje). Dále by se během měření neměly otvírat dveře ani okna (změna inspirační koncentrace  $CO_2$ ). A v neposlední řadě by měřená osoba neměla spát, musí být v bdělém stavu. Všechny tyto podmínky by měly být dodrženy, aby se dosáhlo ustáleného stavu (SS), jinak řečeno metabolické rovnováhy a jsme dostali korektní výsledky měření. SS je stav, při kterém je výměna plynů  $O_2$  a  $CO_2$  v dýchacích cestách podobná jako výměna plynů na buněčné úrovni. Pokud tedy některá z výše, nebo níže zmíněných podmínek není dodržena, naruší se SS a tím i měření plynů v dýchacích cestách není znázorněno na buněčné úrovni, čili výsledné hodnoty neodpovídají míře metabolismu (Hronek, Zadák, 2011).

Abychom mohli sledovat, jestli je udržován SS, existují tzv. ideální a akceptovatelné podmínky pro měření nepřímé kalorimetrie. Jsou to pevně dané intervaly různých parametrů, a když se budeme držet v jejich mezích, měli bychom dosáhnout co nejpřesnějších dat. Tyto podmínky jsou zaznamenány v tabulce 2, která znázorňuje, o kolik by se neměly měnit hodnoty určitých parametrů během měření (Hronek, Zadák, 2011). U nepřímé kalorimetrie není striktně daná doba trvání celého měření, důležité je hlavně to, abychom dosáhli SS v intervalu trvajícím 5 minut. Jak dlouho budeme měřit předtím nebo potom než SS nastane, je individuální. Všechny výše zmíněné podmínky správného měření pochopitelně závisí na podmínkách návodu, daných výrobcem přístroje (Kurucová, 2014).

Tabulka 2 – ideální a akceptovatelné podmínky pro měření nepřímé kalorimetrie

	Ideální změna v %	Ještě akceptovatelná změna v %
Minutová ventilace	< 5	< 10
Srdeční výdej	< 5	< 10
Inspirační koncentrace $O_2$ ( $FiO_2$ )	< 0,5	< 2
Spotřeba kyslíku $CO_2$	< 2	< 5
Produkce $O_2$	< 2	< 5

(Hronek, Zadák, 2011).

Jedním z parametrů, který ovlivňuje výslednou hodnotu nepřímé kalorimetrie, je také stav výživy, protože RQ klesá při hladovění a po jídle naopak stoupá (Rušavý, 2010). Pokud chceme měření z nějakého důvodu opakovat, doporučuje se opakovat měření v podobnou denní dobu, jako původní měření a po vykonání stejných aktivit. Jestliže dojde ke změně výživy (nutriční podpory), ať už ve smyslu množství nebo typu výživy, doporučuje se, že k měření by mělo dojít nejméně 12 hodin po nasazení nové výživy (Hronek, Zadák, 2011).

### 3.3.1. Zásady měření bazálního energetického výdeje

Základních podmínek pro správné měření na nepřímém kalorimetru je více. Patří sem, že měřená osoba musí být na lačno (před vyšetřením nejíst 12 hodin), v duševním a fyzickém klidu a uvolněná (klid 30 minut před měřením), v poloze vleže (pohodlně), v bdělém stavu (spánek snižuje BMR o 10%), v optimální okolní teplotě 20-25 °C a měřená osoba nesmí být během měření stresována (Hronek, Zadák, 2011).

Kromě těchto podmínek se musí počítat i s tím, že obecně mohou hodnoty bazálního metabolismu při měření ovlivnit i další faktory. Jedním z těchto faktorů je velikost povrchu těla, protože u osob menšího vzrůstu je hodnota BMR vyšší než u vysokých osob. Dalším ovlivňujícím faktorem je věk, kdy se BMR mění v závislosti na věku a to tak, že novorozenci mají nízký BMR, v pěti letech se dosahuje maxima (50-53 kcal/m<sup>-2</sup>/h<sup>-1</sup>), v předpubertálním období je oproti dospělým osobám zvýšené, ve 21 letech je BMR 36-41 kcal/m<sup>-2</sup>/h<sup>-1</sup>. Následujícím faktorem je pohlaví, přičemž muži mají vyšší BMR než ženy. Tím, co hodnoty BMR ovlivňuje je také rasa, kdy Američané a Evropané mají BMR stejné, ale Číňané oproti nim mají BMR nižší a naopak Eskymáci z oblasti Baffinova zálivu o 33% vyšší. Dalším faktorem je přítomnost nějakého onemocnění, přičemž infekční a horečnaté choroby BMR zvyšují (každý 1° tělesné teploty navíc znamená 12 % nárůst BMR), nemoci se zvýšenou buněčnou aktivitou také zvyšují BMR (protože zvyšují produkci tepla), perforace bubínku falešně zvyšuje hodnoty BMR.



Jak bylo v předchozí větě uvedeno, tím co ovlivňuje BMR je i tělesná teplota, přičemž nezáleží na tom, jestli je teplota okolí nižší a organismus musí aktivovat mechanismy na udržení tělesné teploty, nebo je okolní teplota vyšší a teplo těla se tím automaticky zvyšuje, metabolismus se vždy zvyšuje. Dalším faktorem je působení hormonů, kdy při hyperthyroidismu je BMR zvýšené a naopak při hypothyroidismu je snižené, adrenalin krátkodobě působí na zvýšené BMR, při Cushingově chorobě je BMR lehce zvýšen a naopak při Addisonově chorobě je BMR snižený. Růst organismu je také faktorem ovlivňujícím BMR. Emotivní stav je rovněž faktorem, kdy úzkostné a nervové vypětí zvyšují BMR (díky sekreci adrenalinu a svalovému napětí), ale naopak deprese a apatie BMR snižují. Podnebí je také ovlivňujícím faktorem, protože v horkém podnebí je naše BMR nižší. Dalším faktorem jsou mentální aktivity, z nichž některé zvyšují  $VO_2$  a  $VCO_2$  až o 40%. Posledním faktorem je těhotenství, při kterém stoupá spotřeba  $O_2$  plodem (Hronek, Zadák, 2011).

### 3.3.2. Zásady měření klidového energetického výdeje

Klidový energetický výdej (REE) se blíží hodnotám BMR, ale jak již bylo v dřívější kapitole napsáno, REE je o něco vyšší (Hronek, Zadák, 2011). Studie provedená v roce 2015 vyhodnotila publikace, vydané v letech 2003-2012, zabývající se postupy měření REE na nepřímém kalorimetru a vyvodila z nich závěry nejlepších postupů pro přesné měření na nepřímém kalorimetru. Měření by měl být nejméně po 7 hodinovém lačnění, výjimkou je pokud chceme pracovat s termickým efektem výživy, pak je čas, kdy může dojít k měření, pochopitelně kratší. Měření by měl být 30 minut před měřením v klidu v termoneutralním, tichém, klidném prostředí se slabým osvětlením. Měření je v poloze na zádech a neměl by provádět jakékoliv činnosti, ani čtení, konverzaci, nebo poslech hudby či rádia. Vliv nikotinu, kofeinu a jiných stimulačních látek není přesně znám, ale jejich vliv na REE je určitě delší než 140 minut, také vliv určitých typů cvičení není přesně znám. Pokud jde o denní dobu, kdy se měření REE provádí, ukázalo se, že na ní nezáleží, důležité je pouze, aby byly dodrženy výše zmíněné podmínky (Fullmer et al., 2015).

### 3.4. Získané parametry z nepřímé kalorimetrie

Jak již bylo výše uvedeno, z nepřímého kalorimetru dostaneme několik dat a to energetický výdej, využití jednotlivých nutričních substrátů, spotřebovaný kyslík ( $VO_2$ ) a vydechovaný oxid uhličitý ( $VCO_2$ ), tedy i respirační kvocient (RQ). Obvyklé výsledné hodnoty uvádí tabulky 3, 4. Nejmodernější nepřímé kalorimetry mají softwary s naprogramovanými rovnicemi, které přímo podle hodnot RQ a NRQ dokážou vypočítat energetický výdej a využití nutričních substrátů, což velmi zpřesňuje výsledky měření (Hronek, Zadák, 2011).

Tabulka 3 – obvyklé hodnoty z nepřímé kalorimetrie

VO <sub>2</sub>	250 ml/min <sup>-1</sup>	3,6 ml/min <sup>-1</sup> /kg <sup>-1</sup>
VCO <sub>2</sub>	200 ml/min <sup>-1</sup>	2,9 ml/min <sup>-1</sup> /kg <sup>-1</sup>
RQ	0,65-1,25	-

(Hronek, Zadák, 2011)

Tabulka 4 – obvyklé hodnoty NRQ a jeho vztah k metabolismu nutričních substrátů

NRQ	Stav
1,00	metabolismus sacharidů
0,71	Metabolismus lipidů
0,80	Metabolismus bílkovin
0,85	Smíšená utilizace nutričních substrátů
< 0,65	Mimo SS (hypoventilace / ketóza)
> 1,25	Mimo SS (hyperventilace / hyperkapnie)

(Hronek, Zadák, 2011)

### 3.4.1. Výpočet klidového energetického výdeje

Předem naprogramované rovnice, které mají moderní kalorimetry, vycházejí z tzv. Weirovy rovnice pro výpočet REE a utilizaci nutričních substrátů. Podmínkou je zde znát naměřené hodnoty RQ a nebílkovinného respiračního kvocientu NRQ (Hronek, Zadák, 2011).

Tabulka 5 – Je-li možné stanovit hodnotu odpadního dusíku:

<i>Je-li NRQ &lt; 0,706</i>	$REE = ((4360 * VO_2) + (450 * VCO_2)) * 1,44 - 1,57 * UN$
<i>Je-li NRQ &lt; 1,0</i>	$REE = ((3940 * VO_2) + (1106 * VCO_2)) * 1,44 - 2,17 * UN$
<i>Je-li NRQ &gt; 1,0</i>	$REE = ((3818 * VO_2) + (1223 * VCO_2)) * 1,44 - 1,994 * UN$
NRQ - nebílkovinný respirační kvocient, REE - klidový energetický výdej, VO <sub>2</sub> [l/den] – spotřebovaný kyslík, VCO <sub>2</sub> [l/den] – vydechovaný oxid uhličitý, UN [g/den] – odpad dusíku v moči	

(Hronek, Zadák, 2011, s. 262)

Tabulka 6 - Není-li možné stanovit hodnotu odpadního dusíku:

$Je-li RQ < 0,706$	$REE = ((4200 * VO_2) + (494 * VCO_2)) * 1,44$
$Je-li RQ < 1,0$	$REE = ((3940 * VO_2) + (1106 * VCO_2)) * 1,44$
$Je-li RQ > 1,0$	$REE = ((3677 * VO_2) + (1342 * VCO_2)) * 1,44$
RQ - respirační kvocient, REE - klidový energetický výdej, VO <sub>2</sub> [l/den] – spotřebovaný kyslík, VCO <sub>2</sub> [l/den] – vydechovaný oxid uhličitý	

(Hronek, Zadák, 2011, s. 263)

### 3.4.2. Výpočet utilizace nutričních substrátů

Tabulka 7 - Podíl ze sacharidů (CH)

v g/den	
$Je-li NRQ < 0,706$	$CHO = -3,590 * VCO_2 * 1440 + 2,540 * VO_2 * 1440 + 2,050 * UN$
$Je-li NRQ < 1,0$	$CHO = 4,115 * VCO_2 * 1440 - 2,909 * VO_2 * 1440 - 2,539 * UN$
$Je-li NRQ > 1,0$	$CHO = -0,187 * VCO_2 * 1440 + 1,393 * VO_2 * 1440 - 6,892 * UN$
v kcal/den	
$Je-li NRQ < 0,706$	$CHO_K = CHO * 1,72$
$Je-li NRQ < 1,0$	$CHO_K = CHO * 4,18$
$Je-li NRQ > 1,0$	$CHO_K = CHO * 4,18$

(Hronek, Zadák, 2011, s. 263)

Tabulka 8 - Podíl z tuků (FAT)

V g/den	
$Je-li NRQ < 0,706$	$FAT = 0,70 * VCO_2 * 1440 - 3,39 * UN_2$
$Je-li NRQ < 1,0$	$FAT = 1,689 * VO_2 * 1440 - 1,689 * VCO_2 * 1440 - 1,943 * UN$
$Je-li NRQ > 1,0$	$FAT = 1,689 * VO_2 * 1440 - 1,689 * VCO_2 * 1440 - 1,943 * UN$
v kcal/den	
$Je-li NRQ < 0,706$	$FAT_K = FAT * 9,46$
$Je-li NRQ < 1,0$	$FAT_K = FAT * 9,46$
$Je-li NRQ > 1,0$	$FAT_K = FAT * 1,089$

(Hronek, Zadák, 2011, s. 263-264)

Tabulka 9 - Podíl z bílkovin (PRO)

v g/den	
$0,65 < NRQ < 1,25$	$PRO = 6,25 * UN2$
v kcal/den	
$PRO\_K = 4,32 * PRO$	

(Hronek, Zadák, 2011, s. 263-264)

*Celkový energetický výdej*

$TOT\_KCAL = CHO\_K + FAT\_K + PRO\_K$
--

(Hronek, Zadák, 2011, s. 263-264)

### 3.5. Možné příčiny nesprávného měření

Mimo výše zmíněné podmínky správného měření (kapitola 3.3), které nejsou-li dodržovány, získáme nepřesné výstupní hodnoty, se musí brát v potaz, že nepřesnost měření může vzniknout i kvůli přístroji samotnému, u něhož může dojít k poruše. Dále je také nutno brát v potaz limitaci techniky, jako třeba u pacientů, kteří mají zavedené intestinální drény a sběrné sáčky a nebo kanylaci hrudníku. Ty umožňují totiž metabolicky produkovat  $CO_2$ . Dochází tak ke zkreslení výsledných hodnot RQ a REE, kvůli úniku  $CO_2$  do okolí. Dále se limitace techniky může projevit i u pacientů, u kterých se mění minutová ventilace, v důsledku čehož neodpovídá naměřený  $VCO_2$  hladinám  $CO_2$  v buňce. To znamená, že pacient není v ustáleném stavu (SS), čili výsledek měření nepřímou kalorimetrií je nepřesný. SS mohou narušit i výkyvy srdeční činnosti, výsledek nepřímé kalorimetrie je poté také nepřesný. Naprosto nevhodnými pacienty pro měření na nepřímém kalorimetru jsou pacienti 24 hodin po operaci či úrazu a také pacienti s vysokou nepravidelností ve ventilaci (Hronek, Zadák, 2011).

### 3.6. Využití nepřímé kalorimetrie

Nepřímý kalorimetr stanovuje přesné hodnoty BMR, REE a utilizaci nutričních substrátů, takže se hodí u každé osoby, která je nějak nutričně riziková, abychom věděli jak zajistit její optimální výživu. Zjišťuje i hodnoty RQ,  $VCO_2$ ,  $VO_2$ , takže je i monitorem dechové práce a adekvátního příjmu  $O_2$  a pomáhá stanovit podíl ventilace na metabolismu (Hronek, Zadák, 2011). Změny v RQ, v reakci na nutriční podporu, mohou ukazovat na nevhodnost nastaveného nutričního režimu a sloužit jako ukazatel pro intoleranci pacienta na výživu, někteří autoři ovšem toto tvrzení nepodporují (Kurucová, 2014). Až na pár výjimek (zmíněných v kapitole 3.) je nepřímá kalorimetrie pro svou přesnost měření vhodnou metodou a v některých případech dokonce nenahraditelnou metodou, abychom

zjistili co nejpřesnější hodnotu REE (Švrčková, 2014). Její využití je tedy velmi široké, dá se použít jak v lůžkových a výzkumných zařízeních, tak i v zařízeních ambulantní péče. Prioritními osobami, kterým by mělo být indikováno měření nepřímým kalorimetrem, jsou pacienti na jednotkách intenzivní péče, pacienti dostávající nutriční podporu, ať už ve formě enterální nebo parenterální výživy a dále pacienti, u nichž lze jejich energetickou potřebu obtížně posoudit, jako jsou například obézní jedinci a děti (Kurucová, 2014).

## 4. Parenterální výživa

Výživa patří mezi základní lidské potřeby a v některých případech není jiná možnost, než výživu podávat přímo do žilního řečiště. Tento způsob podávání výživy se nazývá parenterální výživa (PV) a spolu s enterální výživou (výživa podána přímo do trávicího traktu) patří do skupiny umělé výživy. PV je indikována osobám, u kterých z nějakého důvodu není možné užívat trávicí trakt, nebo jsou-li funkce trávicího traktu nedostatečné. Tato výživa je povětšinou podávána v nemocnicích, ale může být podávána i v domácích podmínkách (Kohout, Lišková, Mengerová, 2007). Parenterální výživu indikuje lékař s nutriční licenci v oboru Umělá výživa a metabolická péče, nebo s klinickou způsobilostí Klinická výživa a intenzivní metabolická péče, který optimálně nastaví její nutriční a energetické hodnoty podle stavu a parametrů pacienta. Přestože existují případy, kdy není jiná možnost, než vyživovat parenterální výživou, v posledních letech je snaha snížit její podávání jen na nezbytně nutnou dobu a tam kde je to možné ji kombinovat s jiným typem výživy, běžně kombinace s enterální výživou (EV). Je tomu tak proto, že nejde o fyziologickou cestu dodávky živin a že podávání PV je velkým zásahem do vnitřního prostředí lidského organismu, spojeným s mnoha riziky a je proto nutné podávání PV monitorovat (Komoňová, 2010). Monitorování pacienta při podávání parenterální výživy je nutnou součástí nutriční péče, jedná se o sledování pomocí klinických a laboratorních vyšetření. U klinického vyšetření se hodnotí změny na tělesné váze, změny v poměru tukové a svalové tělesné hmoty, dále se sledují změny základních vitálních funkcí, hydratace, diuréza, pocity žízně a vlhkost sliznic pacienta, mimoto ještě sledujeme náplň krčních žil a přítomnost otoků a kožního turgoru. V laboratorním vyšetření u hospitalizovaných pacientů se hodnotí zejména hodnoty minerálních látek, glykemický profil, triglyceridy (koncentrace sérových triglyceridů a proteinů hodnotíme i v souvislosti s parametry zánětu) a dvakrát týdně je vhodná kontrola krevního obrazu, renálních parametrů a jaterních funkcí. Další, co se hodnotí pomocí laboratoře, je především stav vnitřního prostředí, takže se musí sledovat hladiny dusíkatých metabolitů v séru a moči a hladina glykémie, dále se sleduje mineralogram, renální parametry a acidobazická rovnováha. Frekvence kontrol je individuální v závislosti na stavu pacienta (Křížová, 2016b).

### 4.1. Indikace parenterální výživy

Jak již bylo výše zmíněno, parenterální výživa se indikuje všem pacientům, u kterých se z nějakého důvodu jako cesta výživy nedá využít gastrointestinální trakt, nebo je-li jeho fungování nedostatečné. U zdravých osob, nebo u pacientů dobře živených, kteří nejsou vystaveni stresu, lze říct, že vydrží 7-10 dní bez nutriční podpory. Ovšem jiná situace je u pacientů s chronickým stresem, u těch by se s výživou mělo začít co nejdříve, aby nedošlo k prohloubení nemoci a rozvoji dalších patologických stavů (př. malnutrice) (Rušavý, 2008).

Stavů, při nichž je indikována úplná nebo částečná PV je poměrně velké množství. Některé příklady indikace PV jsou typičtější pro děti, jiné jsou naopak častější u dospělých, některé jsou zase typičtější pro pacienty, kteří ji budou využívat v nemocnici, jiné pro pacienty, kteří PV budou využívat v domácím prostředí. Příkladem indikace při hospitalizaci je u dospělých například dlouhotrvající zácpa, těžká pankreatitida (s nesnášenlivostí na enterální výživu nebo stravu přijímanou perorálně), vysoko lokalizované píštěle v gastrointestinálním traktu (zejména ovlivňující horní GIT), mukozitida (po radioterapii, chemoterapii). Příkladem indikace při hospitalizaci u dětí je dlouhotrvající a nezvladatelná zácpa (př. po chirurgickém zákroku), nekrotizující enterokolitida, porucha střevní motility, gastroschisis, těžká akutní pankreatitida, vrozené gastrointestinální problémy. Příkladem indikace PV pacientům, kteří ji budou využívat v domácím prostředí, je u dospělých Crohnova choroba (často spojená se syndromem krátkého střeva), poruchy cév a motility gastrointestinálního traktu. U dětí v domácím prostředí je PV indikována například kvůli autoimunitní enteropatii, poruchám motility gastrointestinálního traktu a kvůli vrozeným malformacím (Elia, Austin, Stratton, 2011).

## 4.2. Kontraindikace parenterální výživy

Parenterální výživa by neměla být indikována u nikoho, u něhož je možno využít gastrointestinální trakt. Pokud je to alespoň trochu možné, měla by být kombinována s EV. Je tomu tak pro imunosupresivní efekt PV a také pro vyšší počet možných komplikací a finanční náročnost, oproti jiné výživě (Rušavý, 2008).

## 4.3. Rozdělení podle formy

Pro podávání parenterální výživy existují dvě možné formy podávání, multi-bottle systém a systém all-in-one. Jako první se začal používat multi-bottle systém, který spočívá v tom, že je výživa podávána více infuzemi, přičemž ke každé infuzi je připojen vak s jednotlivou živinou a minerály. Tento systém podávání výživy se dnes již prakticky nevyužívá, je tomu tak pro značné množství nevýhod. Tento systém přináší zvýšené riziko zanesení infekce do organismu, vzhledem k nutnosti časté výměny infuzních setů, také je tu zvýšené riziko nečekaných inkompatibilit při smíchání složek v infuzní lince. Roli zde hraje i zvýšená zatíženost personálu, opět kvůli častější výměně infuzních setů. Problematická je i přesnost dávkování, rychlost podávání výživy, kontrola glykémie a stabilita vnitřního prostředí. Kvůli těmto důvodům se upřednostňuje právě novější systém all-in-one. U toho systému jsou všechny živiny, vitaminy, minerální látky a stopové prvky v jednom vaku, takže je tu nižší riziko vzniku infekce i menší nároky na personál. Většina vaků je tříkomorových (aminokyseliny, lipidová emulze, glukóza s minerály), méně častější jsou dvoukomorové vaky, ve kterých chybí tuková emulze (Křížová, 2016b). Příprava vaků all-in-one systému probíhá v nemocnicích v lékárnách na oddělení přípravy

léčiv, za sterilních podmínek (Janů, 2010), nebo ve specializovaných firmách. Nemocným ve stabilizovaném stavu lze podávat firemně vyráběné vícekomorové vaky, ty mají dlouhou expirační dobu (měsíce), promíchání mezi komorami se provádí až těsně před podáním výživy pacientovi. Nemocným v nestabilizovaném stavu a pacientům se speciálními požadavky na výživu jsou vaky připravovány na míru podle receptu od lékaře nutričnístů v lékárnách. Tyto vaky mají krátkou expirační dobu, pouze 1 týden a musí být uchovávány v chladu a jsou méně stabilní než firemně vyráběné vaky. PV může být podávána kontinuálně nebo cyklicky, kontinuální (24 hodinové) podávání se volí u nestabilních pacientů, naopak cyklické se volí u pacientů stabilizovaných. Cyklické podávání je buďto nastaveno tak, aby byly respektovány cirkadiální rytmy (respektování nočního metabolického klidu), takže je výživa podávána přes den, nebo aby byla respektována fyzická aktivita nemocného během dne, pak je výživa podávána během noci (Vyroubal, Zadák, 2009).

#### 4.4. Rozdělení podle přístupu

Parenterální výživa je výživa podávaná přímo do žíly, možností je buď podání do periferní žíly, nebo do centrální žíly. Cesta podání se volí podle důvodu indikace PV, stavu pacienta a podle předpokládané délky podávání PV. (Křížová, 2016b).

##### 4.4.1. Periferní žilní přístup

Tento žilní přístup se používá u pacientů, u kterých je předpokládána krátká doba podávání PV, přibližně okolo jednoho týdne (7-10 dní), nebo je indikována u pacientů pouze na přechodnou dobu, než jim bude zaveden centrální žilní přístup, dále u pacientů, u kterých by byla kanylace centrální žíly příliš riziková (Fencl, Bláhová, 2012; Křížová 2016b). Pokud je nutné mít periferně zavedenou PV po delší dobu a nelze využít periferní žilní kanylu, využívá se pak dlouhý midline katétr (Křížová 2016b). Podmínkou pro periferní žilní přístup je pochopitelně, aby byla přístupná periferní žíla. Kanyla je většinou zaváděna do předloktí. Jako prevence zánětu žil slouží nízká osmolarita infuzního roztoku, malý průměr kanyly a také přísné antiseptické podmínky při zavádění a výměně kanyly, ta by měla být preventivně vyměňována za 1-2 dny. Pro prevenci se také musí dávat pozor, aby nedošlo převazem k útisku kanylované žíly, sníží se totiž pak průtok krve v okolní tkáni, což zvyšuje riziko zánětů (Svačina, 2012). Osmolarita infuzního roztoku, podávaného do periferní žíly je <850 mOsmol/l (Pertkiewicz, Dudrick, 2011).

##### 4.4.2. Centrální žilní přístup

Přístup do centrální žíly se volí u většiny pacientů, protože takto můžeme podávat plnohodnotnou výživu s dalšími koncentrovanými roztoky ve vyšší osmolaritě a nehrozí



přítom iritace žíly. Nejčastěji je provedena kanylace do horní duté žíly, při nedostupnosti či nemožnosti provést kanylaci v pravé horní duté žíle se katétr zavádí do dolní duté žíly (Pertkiewicz, Dudrick, 2011b). Kanylace centrální žíly se provádí punkcí, za přísných aseptických podmínek, aby se co nejvíce eliminovalo riziko infekčních komplikací. Nejčastějším přístupem je punkce vena subclavia a vena jugularis (Svačina, 2012). Parenterální výživa prostřednictvím periferního přístupu je také možná, ale má své limity (př. životnost). Správně udržovaný centrální katétr umožňuje bezbolestný opakovaný přístup k žilnímu systému po týdny, měsíce až roky (Pertkiewicz, Dudrick, 2011b).

#### 4.4.3. Typy katétrů

Používané přístupy PV se dají rozdělit podle toho, na jak dlouhou dobu mají být zavedeny. Periferní žilní katétr vydrží obvykle 1-2 dny, kromě midline katétru, který vydrží až měsíc. Centrální žilní katétr (CŽK) vydrží déle než periferní žilní katétr, ale některé také jen v řádu dnů. Tzv. PICC katétr může být zaveden až na 6 měsíců. Tento katétr je veden z periferní žíly, z paže, až do dolní duté žíly a je zaváděn pod ultrazvukovou kontrolou. Mínusem tohoto katétru je zvýšené riziko trombóz žil v horních končetinách. Jako zlatý standard pro dlouhodobou PV je považován tunelizovaný katétr a venózní port, oba dva mají životnost roky, proto jsou využívány především pro domácí parenterální výživu. Jejich další výhodou, krom životnosti, je nižší riziko vzniku kanylových sepsí. Za nevýhodu se dá považovat jejich obtížnější zavedení a i případné odstranění. Do těla jsou většinou zaváděny do pravostranné v. subclavia, ale do jiných žil je lze také aplikovat. Tunelizovaný katétr je z velké části veden podkožním tunelem v oblasti trupu, kdy jeden konec katétru je zaveden do v. subclavia a druhý konec je vyveden ven přes kůži, kanyla je fixována v podkoží díky dakronové manžetě (Křížová, 2016b). Venózní port je implantován podobně jako tunelizovaný katétr, jen s tím rozdílem, že se v podkoží v oblasti trupu nevytvoří tunel, ale kapsa pro port. Pro umístění se vždy hledí na to, aby si byl pacient schopen vstup ošetřovat co nejlépe sám (Svačina, 2012).

#### 4.5. Komplikace parenterální výživy

U PV jsou komplikace poměrně častým jevem. Ukazuje se, že výskyt komplikací klesá ve vztahu s četností aplikace této metody. To znamená, že dlouhodobá úplná a především domácí PV by měla být prováděna především v nutričních centrech, která mají velký počet léčených pacientů (Rušavý, 2008). Komplikace s PV se dají rozdělit na komplikace spojené s CŽK a komplikace metabolické (Fencel, Bláhová, 2012).

Komplikace spojené s CŽK lze rozdělit dle povahy na technické, septické a trombotické. Nebo se také dají rozdělit na časné a pozdní komplikace spojené s CŽK. Časné komplikace jsou nejběžnější z technických důvodů. Patří sem například zavedení katétru do nesprávné polohy, posunutí katétru, arteriální punkce nebo tržná rána,

vzduchová embolie atd.. Aby k těmto komplikacím nedocházelo, je třeba, aby katétr zaváděl a posléze o něj pečoval kvalifikovaný personál podle předepsaných postupů. Do pozdních komplikací patří ucpání katétru, poškození katétru (prasknutí a oddělení části katétru, který se může embolizovat) a trombóza. Právě trombóza centrální žíly je poměrně častou komplikací (až 50 %), přičemž se jedná o nebezpečnou komplikaci, která může vést až ve 25 % případů ke smrti. Její prevencí je dodržovat předepsaný postup při zavádění katétru, jako například vybrat správné místo, kudy bude katétr zaveden. Poslední zmíněnou komplikací jsou septické komplikace, které patří k nejzávažnějším komplikacím (Pertkiewicz, Sitges-Serra, Dudrick, 2011) a je to i nejčastější komplikace spojená s aplikací CŽK. Může dojít jak k lokální infekci, která není tak vážnou komplikací, tak i k systémové infekci, což je život ohrožující stav (Fencel, Bláhová, 2012).

Metabolické komplikace jsou způsobeny nesprávným složením nebo objemem výživy. Proto by měl být před podáním výživy adekvátně zhodnocen stav pacienta, včetně nutričního stavu, aby byla indikována výživa o správném objemu tekutin, energetické hodnotě a o správném obsahu živin, minerálních látek, stopových prvků a elektrolytů (Fencel, Bláhová, 2012). Metabolické komplikace spojené s parenterální výživou se dají rozdělit na akutní a chronické. Akutní metabolické komplikace jsou spojeny se život ohrožujícími poruchami (př. hyperglykémie  $>12\text{mmol/l}^{-1}$ , hypoglykémie  $<3\text{mmol/l}^{-1}$ ). Akutní komplikace vznikají z důvodu akutní nerovnováhy a deficitu některých makro a mikroživin. Zvláštní důraz se klade na hypoglykémii, hypofosfatémii, hypokalémii a deficit thiaminu způsobující akutní Wernickeovu encefalopatii, protože jsou hlavními rysy závažné akutní komplikace Overfeeding syndrom. Overfeeding syndrom je stav, ke kterému dochází při předávkování umělou výživou jednotlivými nutričními substráty a představuje velkou metabolickou zátěž vedoucí k dysfunkci orgánů. Předchází se mu postupným zvyšováním příjmu živin a monitorováním pacienta. Aby k akutním metabolickým komplikacím nedocházelo, musí být pacienti biochemicky monitorováni (kontrolovány plasmatické i močové parametry) a to tak často, jak to jejich klinický a nutriční stav vyžaduje. Do chronických metabolických komplikací se řadí komplikace, kdy byly kvůli dlouhodobému nesprávnému složení PV postiženy orgánové systémy. Patří sem například poměrně častá steatóza jater, která je spojena se zvýšením plasmatických aminotransferáz a se zvětšením jater. Na tuto situaci se reaguje tím, že se PV podává cyklicky a sníží se dodávky energie, tak aby byly splněny skutečné požadavky na energetický příjem pacienta. Dalším, čím mohou být játra postižena, je cholestatické onemocnění, což je závažná komplikace, která může vést až k cirhóze nebo jaternímu selhání. Je to komplikace častěji se vyskytující u novorozenců a dětí, při níž trpí žloutenkou a lze pozorovat zvýšené plasmatické alkalické fosfatázy. Další možnou chronickou metabolickou komplikací je cholelitiáza a akutní cholecystitida, ty jsou způsobeny sníženou pohyblivostí žlučníku a změnou složení žluči. K tomu dochází při absenci příjmu stravy perorální nebo enterální cestou. Příjmem stravy perorálně nebo enterálně lze těmto komplikacím předejít. Onemocnění kostí je také možnou metabolickou

komplikací, související se ztrátou kostního vápníku, což může mít za následek bolesti kostí až zlomeniny. Příznakem nemocnění kostí může být hyperkalciurie. Prevence a léčba metabolických komplikací, které nebyly zmíněny výše v textu, jsou zaznamenány v tabulce 10 (Sobotka, Wanten, Camilo, 2011).

Tabulka 10 – Metabolické komplikace parenterální výživy a jejich prevence a léčiva

Deficit	
Deficit	Prevence a léčba
Deficit elektrolytů: K, Mg, P, Ca	Sledovat hladiny elektrolytů v plazmě a moči a hlídat, aby nedošlo k jejich vyčerpání Suplementace deficitních elektrolytů
Deficit stopových prvků: Fe, Zn, Cu, Se, atd.	Kontrola příznaků nedostatku (kožní změny, anémie, srdeční selhání) Suplementace deficitních stopových prvků
Deficit vitamínů: B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>6</sub> , B <sub>12</sub> , C, kyselina listová, A, E	Kontrola příznaků nedostatku Suplementace deficitních vitamínů
Deficit esenciálních mastných kyselin	Monitorovat nedostatek, u dospělých není častý Podávat 500 ml 20% lipidové emulze jednou nebo dvakrát týdně
Akutní metabolické komplikace	
Komplikace	Prevence a léčba
Poruchy vodní a elektrolytové rovnováhy	Dostatečná kontrola hydratace a plazmatických minerálů. Denní monitorování hmotnosti a pravidelné biochemické monitorování.
Hyperglykémie nebo hypoglykémie	Monitorováním hladiny glukózy v krvi Je-li to nutné, podat infuzi inzulínu pro udržení normoglykémie
Hyperkalciurie	Rehabilitace, vyhýbání se vitaminu D
Hypertriglyceridémie	Kontrola hladiny lipidů v séru Nižší dávkování lipidů v PV, změna složení lipidů
Steatóza jater	Snížit příjem tuků a sacharidů, vyhnout se hyperalimentaci. Používat cyklickou parenterální výživu
Chronické metabolické komplikace	
Komplikace	Prevence a léčba
Onemocnění jater spojené s PV	Stimulovat střevo (enterální výživa), zabránit přerůstání bakterií, dodat kyselinu ursodeoxycholovou, vitamin E
Onemocnění kostí	Upravit dávkování vitaminu D, vyhnout se hliníku, používat bifosfonáty, monitorace denzitometrií

(Sobotka, Wanten, Camilo, 2011)

## 4.6. Složené parenterální výživy

Vaky all-in-one systému jsou směsí různých infuzních roztoků obsahujících glukózu, aminokyseliny, tukovou emulzi, elektrolyty, vitamíny, minerální látky a stopové prvky. Všechny tyto roztoky obsahují určitý typ makro nebo mikronutrientů, které mají různé chemické a fyzikální vlastnosti. Takže při jejich míchání musí být přesně dodržovány dané postupy, aby smíchané roztoky byly navzájem kompatibilní a roztok zůstal stabilní a účinný. Směsi jsou vyráběny ve sterilním prostředí a následně musí být uchovávány podle předepsaných podmínek, které například určují teplotu, při které mají být skladovány (Janů, 2010).

Sacharidová složka výživy je naplněna formou glukózy. Dříve se využívala i fruktóza, sorbitol a xylitol, protože se věřilo, že jsou vhodnějším substrátem pro pacienty s diabetem a také proto, že by tyto substráty neměly reagovat s aminokyselinami a tudíž by směs s nimi měla být stabilnější. Ve studiích, které se tímto zabývaly, se neukázalo, že by fruktóza, sorbitol a xylitol v PV pro diabetiky byly lepší než glukóza. Naopak se ukázalo, že mohou u některých pacientů vyvolat jisté vedlejší účinky, jako například zvýšenou produkci kyseliny močové, nebo osmotickou diurézu s následnou dehydratací. Tyto faktory spolu s nízkými náklady na glukózu jsou důvodem, proč je glukóza jediným sacharidem používaným v současné době při parenterální výživě (Carpentier, Sobotka, Soeters, 2011). Roztoky glukózy mohou být o různé koncentraci 20-40%. Nižší koncentrace se indikují u pacientů s respirační insuficiencí, aby nedošlo k zhoršení respiračních obtíží. Při koncentraci nad 15 % nemůže už roztok být aplikován do periferní žíly (Křížová, 2016b). Pokud jde o roztok glukózy, také má svůj vliv na výslednou směs roztoků, protože je silně kyselá a může tedy snižovat pH výživy. Při vytváření výživy se míchá jako první, spolu s ionty a stopovými prvky (Janů, 2010).

Aminokyseliny jsou dodávány v 4-15% koncentraci. Roztok by měl obsahovat jak všechny esenciální a semiesenciální aminokyseliny, tak i většinu neesenciálních aminokyselin. Existují i speciální aminokyselinové formule (pediatrické formule), které obsahují právě aminokyseliny, které běžné roztoky neobsahují. Aminokyseliny jsou v roztoku smíchány jako druhé, spolu fosforem, ovšem některé aminokyseliny jsou v roztocích nestabilní (př. glutamin) a proto musí být do výživy dodány zvlášť ve zvláštních roztocích (Křížová, 2016b).

Tuky jsou do PV dodávány ve formě 10-20% tukových emulzí. Tukové emulze obsahují olivový, kokosový, rybí a sójový olej, jako emulgátor slouží vaječný lecitin a neobsahují cholesterol. Vzhledem k tomu že při oxidaci tuků vzniká daleko méně CO<sub>2</sub> než při oxidaci glukózy, mohou být tuky ve výživě navýšeny i u ventilačně rizikových pacientů a navýší se jim tak prostřednictvím tuků i příjem energie (Křížová, 2016b). Pokud jde o stabilitu tukových směsí, tak jsou fyzikálně nestabilní, což je limitujícím faktorem při přípravě vaků s výživou. Tato fyzikální nestabilita se odstraňuje pomocí emulgátorů (vaječný fosfatid). Tuky se do výsledné směsi roztoků míchají jako poslední (Janů, 2010).

Dále PV obsahuje elektrolyty a stopové prvky, ty působí negativně na stabilitu tukové emulze. Čím vyšší je koncentrace iontů, tím spíš může dojít k rozpadu směsi. Dalším rizikem je možné vysrážení vápníku a fosfátu, k čemuž dochází při zvýšení pH a teploty roztoku. Další co mohou PV obsahovat jsou medikamenty, které mohou mít také vliv na stabilitu roztoku, příkladem je heparin, který ovlivňuje interakce mezi vápníkem a tukovou emulzí. Mohou nastat i další nežádoucí reakce při špatném namíchání směsi, například může dojít k oxidaci, Maillardově reakci, nebo i rozkladu vitamínů (Janů, 2010).

## 5. Domácí parenterální výživa

Domácí parenterální výživa (DPV) je výživa podávaná pacientům přímo do žíly v domácím prostředí. DPV se využívá u pacientů, u kterých by byla PV jediným důvodem hospitalizace. PV běžně v nemocnicích znamená připoutání v blízkosti nemocničního lůžka, což vede prakticky k invalidizaci pacienta. Díky DPV se pacienti po stabilizaci zdravotního stavu mohou vrátit zpět do domácího prostředí a otevře se jim tím možnost opět se začlenit do běžného života. Pacienti, kteří dostanou DPV jsou ještě před propuštěním z nemocnice zevrubně poučeni o DPV a projdou i zácvikem pod dohledem zkušeného personálu a po propuštění z nemocnice jsou sledováni ve specializovaných nutričních ambulancích (centrech) (Kotrlíková, Křemen, 2008). Sledování pacientů s DPV probíhá ve specializovaných centrech, které mají s DPV zkušenosti, protože péče o ně je vysoce odbornou činností a informovanost odborné i laické veřejnosti o dané problematice je velmi malá a to i přesto, že v ČR není DPV už žádnou novinkou. Nejvíce je z žilních vstupů lékaři i pacienty upřednostňován tunelizovaný žilní katétr a to jak u dospělých, tak i u dětí. Venózní porty jsou využívány především u onkologických pacientů (Kafková, 2012). DPV může být jak doplňková (suplementační), kdy je pouze doplňkovou metodou k perorálnímu nebo enterálnímu příjmu, tak může být její příjem i totální, kdy je PV jedinou výživou zajišťující potřeby pacienta. DPV lze také rozdělit zprvu na trvalou tj. celoživotní DPV, nebo za druhé na přechodnou DPV, kdy se předpokládá s budoucí adaptací střeva, rekonstrukční operací nebo transplantací střeva, nebo za třetí na neterminální DPV, kdy může jít o doživotní výživu, nebo přechodnou do přechodu na symptomatickou terapii (Šenkyřík, 2015). Cílem DPV je, aby byly efektivně nahrazeny střevní funkce a byla co nejméně ovlivněna kvalita života. U části pacientů, u kterých došlo ke střevní adaptaci, nebo jsou po úspěšné chirurgické rekonstrukci střev, je hlavním cílem postupné odvyknutí PV. DPV ovšem není naprosto nerizikovou metodou a je tedy důležité snažit se co nejvíce minimalizovat výskyt možných komplikací. Pokud dojde k selhání DPV přistupuje se k transplantaci střeva (Novák, 2013).

### 5.1. Historie domácí parenterální výživy

První pokus o DPV uskutečnil doktor Schils v USA v roce 1967. V ČR byla DPV poprvé aplikována v roce 1992 doktorem Andělem. Využití, ale bylo ze začátku velmi raritní, protože chyběly praktické zkušenosti, standardizované postupy a i systém úhrady zdravotními pojišťovnami. Ovšem v následujících letech se DPV postupně začala začleňovat do běžných způsobů léčby. Rozšíření využívání DPV pomohlo zřízení Registru domácí nutriční podpory (REDNUP), který od roku 1993 registruje všechny nemocné včetně indikací, komplikací a výsledku péče. Dále Společnost klinické výživy a intenzivní metabolické péče nechala při sobě v roce 2006 vzniknout odborné skupiny DPV, které mají za cíl uskutečňovat setkání, na kterých je možné vyměňovat zkušenosti s DPV a formovat doporučené postupy pro DPV. V současné době funguje i občanské sdružení

s názvem Život bez střeva a to již od roku 2008. Od roku 2010 existuje i dohoda s veřejnými zdravotními pojišťovnami o hrazení péče ve vybraných specializovaných odborných centrech (Beneš, 2015). Uvádí se, že v ČR v roce 2017 využívalo DPV více než 300 pacientů (Šenkýř, Gojda, Dolina, Kršek, 2019).

U dětí v ČR začala být DPV využívána cca před 20 lety. Od té doby byla DPV indikována desítkám dětí a její využívání stoupá. V roce 2009 jich bylo evidováno v registru domácí nutriční podpory 10 a v roce 2010 jich už bylo v péči specializovaných centrech domácí nutriční podpory 19 (Kalousová, Rousková, Stýblová, 2010). Registr domácí nutriční podpory uvádí, že v roce 2017 využívalo DPV 30 dětí (Šenkýř, Gojda, Dolina, Kršek, 2019).

## 5.2. Indikace a kontraindikace domácí parenterální výživy

Pacienti jsou k DPV indikováni pokud splňují následující podmínky. Musí být schopni spolupráce a edukovatelnosti pro podávání PV, pokud toho pacient není schopný, může být eventuelně využita jeho rodina. Podmínkou také je monitorování pacienta i s pravidelnými prohlídkami v nutriční ambulanci. Pacient může být k DPV indikován pouze, je-li zajištěna možnost hospitalizace pacienta na jednotkách intenzivní a metabolické péče, dojde-li ke komplikacím s DPV. Další zmíněné není podmínkou, ale považuje se za vhodné zařídit pacientovi s DPV domácí ošetrovatelskou péči (Kotrlíková Křemen, 2008).

DPV je indikována při selhání výživové funkce střeva a to u absolutní nebo relativní ztráty resorpční plochy střeva, viz kapitola 4. 1. (Šenkyřík, 2015). Dále bývá DPV indikována například u onkologických pacientů, u kterých dochází ke snížení energetického příjmu z důvodu výskytu nežádoucích účinků chemoterapie (nauzea, zvracení, zácpa, průjemy), indikace se doporučuje, aby nedocházelo k úbytku na váze, což by mohlo nepříznivě ovlivnit stav pacienta a pokračující terapii (Zdravotnictví a medicína, 2017). U dětí je nejčastějším důvodem indikace DPV primární onemocnění trávicího traktu-selhání střeva, je tomu tak v 80 % případů. Zbývajících 20 % představují jiná než primárně gastrointestinální onemocnění.

V posledních letech se ve specializovaných centrech objevuje čím dál tím více pacientů, kteří mají DPV indikovanou pouze na několik týdnů-měsíců a DPV má u nich pouze doplňkovou funkci v rámci léčby nebo rekonvalescence. Přibývá také pacientů, kteří mají DPV indikovanou v rámci paliativní péče, nejčastěji u onkologických pacientů (Novák, Meisnerová, 2015). U onkologických pacientů je DPV indikována v případě, že je perorální příjem limitující více než samotný nádor (Šenkyřík, 2015). Podle doporučení ESPEN a ASPEN (Evropské/Americké společnosti pro parenterální a enterální výživu) by také měla být DPV indikována pacientům, u kterých je předpokládána doba života ještě



alespoň 2-3 měsíce a DPV by u nich měla dopomoci ke stabilizování, nebo zlepšení stavu a zlepšení kvality života (Žourek, Čechurová, Kovářová, 2015).

Kontraindikací DPV je, pokud existuje jiná, méně invazivní metoda podávání výživy, jako třeba pouhé dietní opatření a nebo využití enterální výživy ve formě sippingu, nebo pomocí sondy (Novák, Meisnerová, 2015). Další kontraindikací je neschopnost spolupráce pacienta (nebo rodiny, která o něj pečuje) a terminální stádium onemocnění, kdy už by DPV neměla žádný vliv na onemocnění, ani by nepomohla zlepšit kvalitu zbývajících života (Kotrlíková, Křemen, 2008).

### 5.3. Péče o domácí parenterální výživu

U DPV se musí brát zřetel na správnou péči o žilní vstup, jeho správné ošetřování je ve vztahu se vznikem možných komplikací. Těm se díky správné péči dá vyhnout a se správnou péčí se dají komplikace i lépe léčit, což může výrazně snížit morbiditu a mortalitu pacientů, prodloužit délku jejich života a i celkově zlepšit kvalitu jejich života. Péče se vztahuje nejen na místo žilního vstupu, ale i na katétr, u něhož lze díky správné péči prodloužit jeho životnost. Kvalitní péče o DPV musí probíhat jak ze strany zdravotnických pracovníků, tak i ze strany nemocného, proto je důležité zevrubné proškolení samotných pacientů (Víšek et al., 2012).

Při péči o cévní vstup musí být vždy dodržována správná hygiena rukou, což znamená, že musí být dodržena technika mytí dezinfekce rukou, sterilní rukavice nejsou bezpodmínečně nutné (zaleží na tom, kdo o místo vstupu pečuje a také záleží na zvyklostech centra). Při každém převazu by měla pochopitelně proběhnout vizuální kontrola cévního vstupu. Při převazech se také pravidelně provádí dezinfekce kůže různými dezinfekčními prostředky (př. roztok 2% chlorhexidinu v 70% isopropylalkoholu). Pokud pacient využívá silikonové katétry, neměl by se používat dezinfekční prostředek na bázi jodu a obecně by se neměly používat dezinfekce ve formě mastí. Dezinfikována by měla být i zevní koncovka katétru a při výměně napojení by mělo dojít i k jejímu mechanickému očištění. Bezjehlový vstup na koncovce katétru se musí mechanicky očistit před každým použitím a to dezinfekčními čtverečky po dobu 15 sekund. Ke krytí vstupu se používá transparentní sterilní krytí, které vydrží cca 7-10 dní (podle popisu výrobce), nebo netransparentní sterilní krytí, které vydrží maximálně 24 hodin. Portové jehly by se měly měnit každých 5 až 7 dnů. Infuzní linka se mění každých 24 hodin. Katétr musí být také i pravidelně proplachován za účelem očištění lumen katétru a to vždy před a po aplikaci výživy, proplach znamená aplikaci definovaného množství (rolí hraje například věk) fyziologického roztoku pomocí injekce. Pomocí injekce se aplikuje ještě další definované množství tekutiny, které zcela vyplňuje lumen katétru po dobu, kdy katétr není využíván. Tekutina slouží a je označována jako zátka. Důležité je také vaky s výživou správně uchovávat a to při pokojové teplotě po dobu, jaká je uvedená

výrobcem u firemně vyráběných vaků. U individuálně vyráběných se vaky musejí skladovat v lednici při teplotě 2-8° s dobou expirace maximálně 7 dnů od data výroby (Pracovní skupina pro domácí parenterální skupinu, 2018). Katétrů by v rámci prevence komplikací měly být používány pouze jednosměrně pro podání výživy a léčiv a rozhodně by se do nich neměly aplikovat krevní deriváty, nebo pomocí nich krev odebírat (Víšek et al., 2012).

#### 5.4. Aplikace domácí parenterální výživy

Pro DPV výživu bývají využívány jak firemně vyráběné vaky, tak i individuálně míchané v lékárnách a výživa v nich je do těla podávána cestou trvalých cévních přístupů. Trvalé cévní přístupy jsou provedené buďto pomocí tunelizovaného žilního katétru, nebo venozních portů, nebo PICC katétru. Aplikace DPV do organismu je prováděna pomocí gravitačních setů s regulátory, nebo infuzních pump a nebo pomocí poměrně nově používaného přístroje, tzv. mobilní infuzní pumpy. Právě mobilní infuzní pumpy nejméně limitují pacienty během denních aktivit a neomezují jejich mobilitu, čímž velmi zvyšuje možnost návratu do běžného života a tím i kvalita života (Šenkyřík, 2015). Podávání výživy, pokud je to možné, je preferováno cyklické před kontinuálním a rychlost kapání výživy se řídí objemem a složením vaku. Složení vaku by pochopitelně mělo pokrývat nutriční potřeby pacienta. Těsně před zahájením aplikace jsou do vaku přidány přípravky s vitamíny a stopovými prvky, které musí být aplikovány až v tuto chvíli kvůli stabilizaci roztoku. Kapající vaky by měly být spotřebovány do 24 hodin od napojení vaku a měly by být kryty neprůsvitným obalem (Pracovní skupina pro domácí parenterální skupinu, 2018).

#### 5.5. Péče o pacienty s domácí parenterální výživou

V České republice je péče a monitorace pacientů s DPV zajištěna prostřednictvím skupiny pro DPV, která sdružuje všechna specializovaná centra poskytující péči o pacienty s DPV. Tato skupina spadá pod Společnost klinické výživy a intenzivní metabolické péče (SKVMP). Specializovaná centra poskytují ambulantní i lůžkovou péči a v případě nutnosti zajistí i hospitalizaci pacienta s DPV (Kotrlíková, Křemen, 2008). Tato centra zajišťovala v roce 2010 téměř 200 pacientů (Šenkyřík, 2015), v roce 2017 už jich bylo více než 300 (Šenkýř, Gojda, Dolina, Kršek, 2019). V ČR je v současné době 15 center, která může pacient s DPV, nebo člen rodiny kontaktovat kdykoliv 24 hodin denně (SKVIMP, ©2019). Úkolem center je vybavit pacienta všemi nezbytnými prostředky a pomůckami, které zajistí bezpečnou aplikaci DPV a také distribuci vaků s PV přímo k pacientům (Pracovní skupina pro domácí parenterální skupinu, 2018). Ambulantně by měli být pacienti sledováni a docházet na pravidelné kontroly v intervalu 4 až 6 týdnů, jsou-li ve stabilizovaném stavu a nenastanou žádné komplikace, stačí jednou za 2 měsíce. V rámci kontrol se u pacienta provádějí základní antropometrická vyšetření a dále jsou součástí

každé kontroly laboratorní vyšetření. Z laboratorních vyšetření se sleduje krevní obraz, jaterní testy, biochemie, bilirubin, hladiny plasmatických bílkovin a ukazatele zánětlivých parametrů a funkcí ledvin. Ve větších intervalech se také kontrolují parametry srážlivosti krve a hladiny vitamínů, stopových prvků a dále se také provádí vyšetření moči. Také v delších intervalech je pacientům prováděna ultrazvuková elastografie jater a ultrazvukové vyšetření žlučových cest a ledvin, pro zjištění, zda nemají litiázu. Možná jsou i další vyšetření v případě potřeby. Existují i agentury domácí péče, které se zabývají problematikou DPV (Fencel, ©2019).

## 5.6. Výživa (energie, živiny, tekutiny) u pacientů s domácí parenterální výživou

Složení výživy u pacientů s DPV je prakticky stejné jako u pacientů s PV během hospitalizace. Vaky all-in-one s PV obsahují všechny typy živin - sacharidy, aminokyseliny, tuky, elektrolyty, minerální látky, stopové prvky a vitamíny. Každý pacient má individuálně stanovený režim PV lékařem, který při nastavování zohledňuje mnoho faktorů, jako věk, hmotnost, aktuální stav pacienta, charakter základního onemocnění, přidružená onemocnění a eventuálně musí počítat i s dalším typem výživy, například EV (Fencel, ©2019). U mladších dětí jsou indikovány individuálně připravované vaky v nemocničních lékárnách, u větších dětí s menším podílem doplňkové PV už mohou být využívány firemně vyrobené vaky (Kalousová, Rousková, Stýblová, 2010).

U pacientů s DPV se musí počítat s tím, že jsou to mobilní pacienti, takže při zjišťování jejich energetické potřeby se musí brát v potaz, že vykonávají běžné denní činnosti, někteří chodí do práce či školy a tráví volný čas i aktivně mimo domov. Proto u stabilizovaných pacientů s DPV musíme počítat s vyššími energetickými nároky, než u stabilizovaných pacientů s PV při hospitalizaci. Podrobně bude potřeba energie ve výživě zmíněna v následující kapitole. Sacharidy jsou v parenterální výživě zastoupeny ve formě glukózy, jejíž energetický podíl v celkové výživě je 40-60% a tvoří tak největší zdroj energie v PV. Aminokyseliny jsou základním substrátem pro tvorbu bílkovin a jejich denní přijímané množství by mělo být v rozmezí 0,6-1,8 g/kg/den, podle daného pacienta. Tuky jsou v PV také zásadním zdrojem energie, představují 25-40% energetického příjmu z PV (Kotrlíková, Křemen 2008).

U tekutin se musí dávat pozor u pacientů se syndromem krátkého střeva, u kterých mohou být velké odpady ze zažívacího traktu a hrozí jim tím pádem dehydratace a rozvrat vnitřního prostředí, i když tekutiny perorálně přijímají. U těchto pacientů je nutno podávat intravenózně infuze s krystaloidy (Kotrlíková, Křemen 2008).

## 5.7. Energetický výdej u pacientů s domácí parenterální výživou

Znát energetický výdej pacientů je důležité, aby nedocházelo k tomu, že pacientovi bude podáváno nedostatečné nebo nadbytečné množství výživy, než je jeho skutečná energetická potřeba. Obě dvě tyto možnosti jsou totiž spojené s komplikacemi, které mohou při neadekvátním množství podávané DPV nastat (Koea, Wolfe, Shaw, 1995). Nej přesnější metodou, jak určit energetický výdej a tedy energetickou potřebu organismu, je metoda nepřímé kalorimetrie, která je ovšem časově i finančně náročnější než jiné metody. Jiné metody ovšem nejsou natolik přesné a jedná se u nich pouze o přibližné odhady, protože jsou aplikovatelné na určitou část populace, čili opomíjejí individuální faktory ovlivňující energetickou potřebu pacienta (Skallerup et al., 2016). Příkladem jednodušší metody pro zjištění energetické potřeby je například jednouché doporučení ESPEN (Early Career Faculty The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism), které udává, že pro pacienty s PV je vhodná denní dávka energie 20-35 kcal/kg za den (Staun et al., 2009). Další možností je použití predikčních rovnic. Byly provedeny i studie, které porovnávají výsledky predikčních rovnic a výsledky nepřímé kalorimetrie, aby se vědělo, které rovnice se nejvíce hodí pro výpočet energetického výdeje u pacientů s DPV. Pokud jde o klidový energetický výdej (REE), jeví se jako nej přesnější predikční rovnice Ireton-Jonesova rovnice a také doporučení ESPEN na 20 kcal/kg/den (Ławiński et al., 2015). Pro zjištění bazálního energetického výdeje (BMR) by měla být nej přesnější Harris-Benedictova rovnice (Skallerup et al., 2016). Jiné studie zase říkají, že mezi hodnotami z nepřímé kalorimetrie a hodnotami z predikčních rovnic nejsou výrazné rozdíly a mohou se tedy u pacientů s DPV bez obav používat. Udává se, že celkový energetický výdej (TEE) se dá odhadnout připočtením 1,4 násobku ke REE (Koea, Wolfe, Shaw, 1995).

## 6. Cíle práce a hypotézy

### 6.1. Cíle práce

Praktická část diplomové práce má za cíl porovnat rozdíl mezi bazálním energetickým výdejem (BMR) měřeným po 12-ti hodinovém lačnění a klidovým energetickým výdejem (REE) měřeným 3 hodiny po vykapání parenterální výživy, u pacientů s domácí parenterální výživou a zjistit i výši termického efektu parenterální výživy podané pacientům na domácí parenterální výživě. Dále má pak porovnat výsledky energetického výdeje (BMR, REE) získané nepřímou kalorimetrií a výsledky získané z často používaných predikčních rovnic pro výpočet BMR, REE a určit, která predikční rovnice se nejvíce blíží výsledkům měření z nepřímého kalorimetru.

### 6.2. Hypotézy

Hypotéza 1: Měření bazálního energetického výdeje (BMR) bude dosahovat nižších výsledných hodnot než měření klidového energetického výdeje (REE).

Hypotéza 2: Výsledkům z nepřímého kalorimetru se bude nejvíce z predikčních rovnic blížit pro určení BMR Harris-Benedictova rovnice a pro určení REE Owenova a Mifflin-St. Jeorova rovnice.

## 7. Metodologie

### 7.1. Sběr dat

Ambulantní pacienti IV. interní kliniky VFN v Praze byli měřeni na nepřímém kalorimetru ve dvou dnech, jednou podle podmínek určených pro stanovení BMR, podruhé podle podmínek pro určení REE. Obě měření probíhala vždy v podobnou denní dobu. Na jedno měření na nepřímém kalorimetru se pacienti dostavili po 12-ti hodinovém lačnění. Před dalším měřením byli pacienti na své normální parenterální výživě a po vykapání výživy byli do 3 hodin změřeni na nepřímém kalorimetru. Normálně se měření REE mělo provádět po 7 hodinách lačnění, ale v této práci je sledování i termický účinek DPV (viz kapitola 3.4.). Dále byly před měřením na nepřímém kalorimetru zjištěny základní informace od pacienta (věk, důvod DPV) a provedena antropometrická měření (tělesné výšky a váhy). Měření probíhala na IV. interní klinice VFN v Praze v měsících květen, červen, září 2019. Podle zjištěných antropometrických údajů byl proveden výpočet BMR a REE předem danými predikčními rovnicemi (př. Harris-Benediktova rovnice atd.) a podle doporučení ESPEN (European Society for Clinical Nutrition). Posléze byly vypočtené výsledky z predikčních rovnic a doporučení ESPEN porovnány s naměřenými výsledky z nepřímého kalorimetru.

Tělesná hmotnost byla měřena naboso, ve spodním prádle a horní částí oděvu (tričko, košile). Měření probíhalo na bioimpedanční elektronické váze (TANITA MC-780 MA). Tělesná výška byla měřena také naboso na radiometru. Z těchto antropometrických parametrů byl vypočítán index tělesné hmotnosti (BMI).

Predikční rovnice pro výpočet REE a BMR byly vybrány a propočítány čtyři, plus doporučení ESPEN na určení REE u pacientů na DPV. Použity byly rovnice: Harris-Benediktova rovnice, Ireton-Jonesova rovnice, Owenova rovnice, Mifflin-St. Jeorova rovnice.

Klidový a bazální energetický výdej byl měřen na přístroji Quark RMR. Jedná se o nepřímý kalorimetr, který je určený pro měření energetické spotřeby jak pro výzkum, tak pro klinickou výživu. Přístroj provádí nepřímou kalorimetrii na základě kontinuálního měření  $VO_2$  a  $VCO_2$ , dále měří metabolismus a substráty (klidový energetický výdej, respirační kvocient, tuky, sacharidy, proteiny). Přístroj je vhodný jak pro spontánně dýchající pacienty, tak i pro ventilované pacienty. Při měření probíhá i kontrola přesnosti měření díky náhodným kontrolám koncentrace plynu, spolehlivost přesnosti měření byla validována ve vztahu ke „zlatému standardu“. Měření přístrojem Quark RMR může být provedeno třemi různými způsoby, pomocí kanopy (využití u spontánně dýchajících pacientů), ventilátoru (využití u ventilovaných pacientů) nebo obličejové masky (nevyužívá se ve výzkumu ani v klinické praxi, je alternativou pro obezitologii). V této práci byli respondenti měřeni kanopou. Průtok plynů je měřen průtokoměrem a ventilace je řízena přímo přístrojem Quark RMR. Přístroj pracuje s PC softwarem, který provádí

automatický výpočet ustáleného stavu, podle nastavených kritérií (Cosmed the metabolic company, 2012). Celé měření na nepřímém kalorimetru probíhalo přibližně 30 minut v klidném a termoneutrálním prostředí, aby byli v co největším možném psychickém a fyzickém klidu. Při měření byli pacienti v poloze vleže na zádech a neprováděli žádné pohyby kosterního svalstva během měření (pohyby končetin). Respondenti byli předem poučeni o tom, že musí být den před měřením v klidu a nevykonávat žádnou zvýšenou fyzickou činnost a pokud prodělali nějaké bolestivé procedury, mohlo měření začít nejdříve hodinu po jejich skončení.

Rozdíl mezi BMR a REE byl porovnán u každého pacienta zvláště z výsledků z nepřímého kalorimetru, kdy jedno měření probíhalo nalačno a druhé po podání PV. Pacienti byli předem poučeni, jak si před každým měřením výživu nastavit.

## 7.2. Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvoří ambulantní pacienti IV. interní kliniky Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, kteří jsou živeni domácí parenterální výživou. Do výzkumného vzorku byli zařazeni muži a ženy ve věku 18-80 let, v klidovém stavu na domácí parenterální výživě, kteří dali souhlas a nejsou v paliativní péči. Pacientům byla změřena tělesná výška stadiometrem a tělesná váha bioimpedanční elektronickou váhou a energetický výdej nepřímým kalorimetrem. Pacienti byli předem poučeni, co měření na přístroji Quark RMR obnáší a co před měřením a během měření dodržovat (viz kapitola výše). Měřen byl každý pacient dvakrát a celkem bylo změřeno 10 pacientů, 5 žen a 5 mužů. Pacienti měli většinou indikovanu DPV kvůli syndromu krátkého střeva (4 pacienti I. typu, 4 pacienti II. typu, 1 pacient III. typu), pouze u jednoho pacienta byl důvod pro indikaci DPV intestinální píštěl způsobený Crohnovou chorobou. Syndrom krátkého střeva byl způsoben u 4 pacientů pooperačními komplikacemi. U dalších 2 pacientů je vznik syndromu krátkého střeva následkem familiární adenomatózní polypózy, u dalších pacientů je to pak následek Crohnovi choroby, cévního ilea a intestinální pseudoobstrukce. Všichni pacienti jsou na DPV už déle než 3 měsíce. Doporučená doba podávání DPV je u všech 14-16 hodin. Vaky s PV, které pacienti užívají, jsou u 4 pacientů průmyslově vyráběné a u 6 pacientů individuálně připravované v lékárnách.

## 7.3. Zpracování dat

Všechna zjištěná data byla zapsaná do programu Microsoft Excel 2017, v němž byla statisticky a graficky zpracována. Všechna získaná data jsou zpracována popisnou statistikou, uveden je aritmetický průměr hodnot  $\pm$  směrodatná odchylka (SD), popřípadě výběrová směrodatná odchylka (SE), minimum, maximum, medián, 25% a 75% percentil, horní a dolní hodnota 95% intervalu spolehlivosti (CI) a koeficient variace. Takto byla vyhodnocena všechna zjištěná data, jak antropometrické parametry, tak hodnoty

vypočteného a naměřeného BMR a REE. Rozdíl mezi naměřenými hodnotami REE a BMR byl porovnán Studentovým t-testem, stejně byly porovnány i rozdíly mezi vypočtenými a naměřenými hodnotami BMR a REE, ty byly navíc znázorněny pomocí Bland-Altmanova grafu. Studentův t-test byl statisticky zpracován v programu STATISTICA.



## 8. Výsledky

Tato kapitola se věnuje získaným informacím o pacientech a jejich konečnému vyhodnocení. Nejsou zde uvedeny všechny konkrétní hodnoty jednotlivě od každého pacienta, ale jsou zde popisovány jako celek výsledných hodnot. Základní údaje o každém pacientovi jsou uvedeny samostatně na konci práce v přílohách (viz přílohy 1-4). Interval spolehlivosti vyšly v poměrně malém rozmezí, je ovšem nutné brát je s lehčí rezervou, vzhledem k malému počtu sledovaných pacientů. U všech sledovaných hodnot je variační koeficient poměrně malý (největší 25,59 u věku), což ukazuje, že průměrné hodnoty by měly být spolehlivé a není mezi nimi velká variabilita.

### 8.1. Výsledky – základní údaje o pacientech

V této podkapitole jsou uvedeny základní zjištěné informace o pacientech. Je zde popsáno, v jakém počtu jsou zastoupena jednotlivá pohlaví, dále je popisnou statistikou vyhodnocen věk, tělesná váha, tělesná výška a BMI (viz tabulka 11).

Do výzkumu se zapojilo 10 pacientů, 5 žen a 5 mužů. Nejmladšímu z pacientů bylo 38 let a nejstaršímu 76 let, průměrný věk je 55,20 let  $\pm$  14,13 let. Z tabulky 10 je zřejmé, že právě věk byla hodnota s největším variačním koeficientem, což ukazuje, že parametr věk měl nejvariabilnější hodnoty a od průměrné hodnoty se tedy liší o 25,59 %.

Dalším parametrem byla tělesná váha, přičemž průměrná naměřená hmotnost byla 66,47 kg  $\pm$  12,02 kg. Interval spolehlivosti byl stanoven od 59,02 do 73,92 kg, to by znamenalo, že 95% pacientů s DPV by se hmotnostně mělo vejít do tohoto rozmezí (dospělí pacienti s DPV). Je to ovšem nejproměnlivější měřený parametr, který se může lehce měnit už v rámci jednoho dne, ovlivní ho například i množství přijatých tekutin.

Ve výšce dosahovali sledovaní pacienti průměrné hodnoty 165,90 cm  $\pm$  11,18 cm. Nejmenší naměřená výška byla 144 cm a nejvyšší 182 cm.

Průměrná naměřená hodnota BMI byla 24,62 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  4,75 kg/m<sup>2</sup>, což je hodnoceno jako normální BMI. Nejvyšší naměřená hodnota byla 34,20 kg/m<sup>2</sup>, což byla jediná zjištěná hodnota v pásmu obezity. Nejnižší BMI bylo 14,80 kg/m<sup>2</sup>, což byla také jediná zjištěná hodnota v pásmu podvýživy.

Tabulka 11 – Základní charakteristika pacientů

	Věk (roky)	Váha (kg)	Výška (cm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Počet hodnot	10	10	10	10
Minimum	38,00	43,70	144,00	14,80
25% percentil	42,00	58,75	156,5	22,60
Medián	53,50	69,00	165,50	24,40
75% percentil	69,25	73,00	174,25	26,68
Maximum	76,00	86,00	182,00	34,20
Průměr	55,20	66,47	164,90	24,62
SD	14,13	12,02	11,18	4,75
SE	14,89	12,67	11,79	5,01
Hodnota 95% CI	8,76	7,45	6,93	2,94
Dolní hodnota 95% CI	46,44	59,02	157,97	21,68
Horní hodnota 95% CI	63,96	73,92	171,83	27,56
Variační koeficient	0,26	0,18	0,07	0,19
Variační koeficient v %	25,59 %	18,08 %	6,78 %	19,30 %

## 8.2. Výsledky – rozdíly mezi BMR a REE

V této kapitole jsou popsány výsledky jak z naměřených, tak z vypočtených hodnot BMR a REE. Výsledky průměrných hodnot BMR a REE jsou znázorněny v grafu 1 a zpracování průměrných hodnot popisnou statistikou je v tabulce 12. a 13. Je zde popsán rozdíl mezi hodnotami BMR a REE, rozdíl je procentuelně znázorněn v grafu 2. Jako poslední je popsán rozdíl mezi velikostí energetického výdeje mezi ženami a muži.

Tabulka 12 – Výsledky BMR z indirektní kalorimetrie a predikčních rovnic

BMR	Indirektní kalorimetrie (kcal/den)	Harris-Benedictova rovnice (kcal/den)	Owenova rovnice (kcal/den)	Mifflin-St Jeorova rovnice (kcal/den)	Ireton-Jonesova rovnice (kcal/den)
Počet hodnot	10	10	10	10	10
Minimum	1159,00	1220,96	1168,36	1069,00	959,00
25% percentil	1217,00	1256,68	1259,89	1112,88	1387,50
Medián	1404,00	1312,85	1314,76	1280,00	1581,50
75% percentil	1589,50	1595,163	1623,60	1588,75	1881,00
Maximum	2424,00	1860,30	1756,20	1763,75	2350,00
Průměr	1479,10	1419,90	1421,07	1345,93	1622,65
SD	354,62	215,47	210,02	246,20	379,80
SE	373,80	227,12	221,38	259,51	400,34
Dolní hodnota 95 % CI	1259,31	1286,36	1290,90	1193,33	1387,25
Horní hodnota 95 % CI	1698,89	1553,45	1551,24	1498,52	1858,05
Variační koeficient v %	23,98	15,17	14,78	18,29	23,41

Tabulka 13 – Výsledky REE z indirektní kalorimetrie a predikčních rovnic

REE	Indirektní kalorimetrie kcal/den	Harris-Benedictova rovnice kcal/den	Owenova rovnice kcal/den	Mifflin-St Jeorova rovnice kcal/den	Ireton-Jonesova rovnice kcal/den	ESPEN 20 kcal/kg/den	ESPEN 35 kcal/kg/den
Počet hodnot	10	10	10	10	10	10	10
Minimum	1088,00	1220,96	1168,36	1069,00	959,00	874,00	1529,50
25% percentil	1194,00	1256,68	1259,89	1112,88	1387,50	1175,00	2056,25
Medián	1421,50	1312,85	1314,76	1278,00	1581,50	1380,00	2415,00
75% percentil	1737,00	1595,16	1623,60	1588,75	1881,00	1460,00	2607,50
maximum	1887,00	1860,30	1756,20	1763,75	2350,00	1720,00	3010,00
Průměr	1468,60	1419,90	1421,07	1345,93	1622,65	1329,40	2333,45
SD	298,94	215,47	210,02	246,20	379,80	240,34	424,90
SE	315,11	227,12	221,38	259,51	400,34	253,34	447,88
Dolní hodnota 95% CI	1283,32	1286,36	1290,90	1193,33	1387,25	1180,44	2070,10
Horní hodnota 95% CI	1653,88	1553,45	1551,24	1498,52	1858,05	1478,36	2596,80
Variační koeficient v %	20,36	15,17	14,78	18,29	23,41	18,08	18,21

Tabulka 12 a 13 nám ukazuje, jaké byly zjištěny průměrné hodnoty BMR a REE. Můžeme vidět, že nejvyšší průměrnou hodnotu vykazuje doporučení ESPEN pro REE, které je 20-35 kcal/kg/den a právě horní hranice tohoto doporučení 2333,45 ± 424,90 kcal/den je největší průměrnou hodnotou jak z průměrných hodnot pro REE, tak celkově ze všech průměrných hodnot, včetně průměrných hodnot BMR. Naopak nejmenší průměrnou

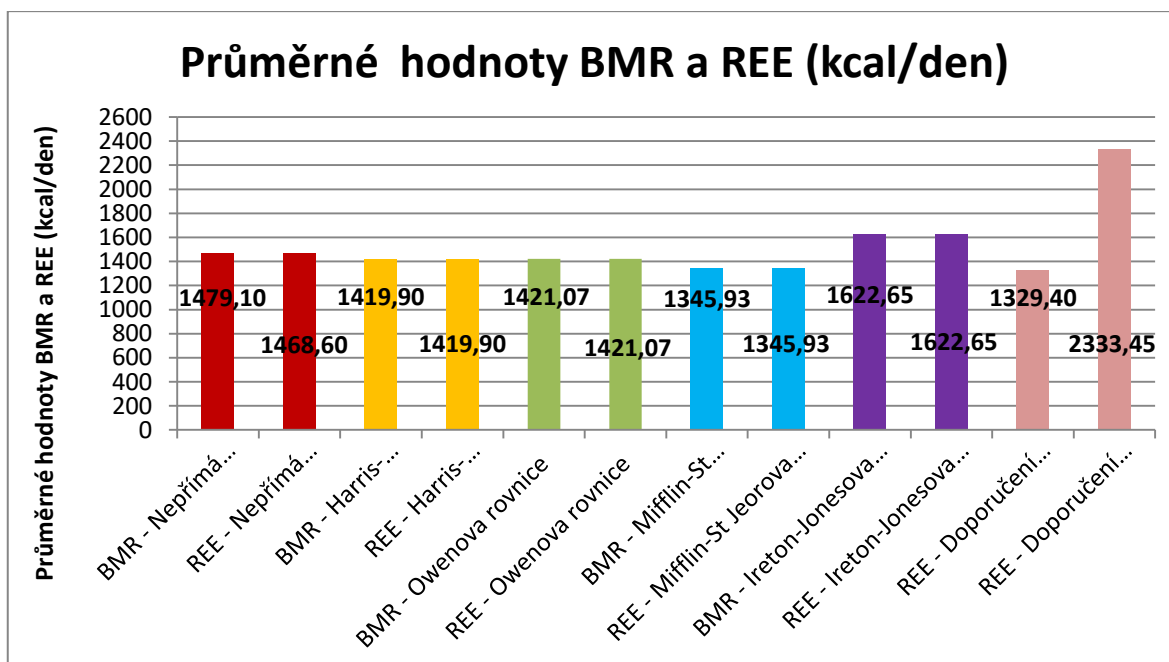
hodnotou REE je právě dolní hranice doporučení ESPEN, a to s  $1329,40 \pm 240,34$  kcal/den a je to i celkově nejnižší průměrná hodnota z tabulek 12 a 13. Nejvyšší průměrnou hodnotou pro BMR je výsledek Ireton-Jonesovi rovnice  $1622,65 \pm 379,80$  kcal/den, naopak nejnižší je výsledek Mifflin-St. Jeorovi rovnice  $1345,93 \pm 246,20$  kcal/den. Nejvyšší hodnotou pro BMR je hodnota 2424 kcal/den naměřená na nepřímém kalorimetru, nejnižší hodnotu 959 kcal/den můžeme vidět u Ireton-Jonesovi rovnice. Nejvyšší hodnotou pro REE je hodnota 3010 kcal/den u horní hranice doporučení ESPEN (35 kcal/kg/den), nejnižší hodnotu 874 kcal/den můžeme vidět u dolní hranice doporučení ESPEN (20 kcal/kg/den). Nejvariabilnější hodnoty jsou pro BMR u hodnot získaných měření na nepřímém kalorimetru, u nichž byl variační koeficient 23,97 %, u REE jsou nejvariabilnější hodnoty u Ireton-Jonesovi rovnice s variačním koeficientem 23,41 %.

Tabulka 14 – Predikční rovnice pro výpočet Bazálního energetického výdeje (BMR) a klidového energetického výdeje (REE)

Harris-Benedictova rovnice	$\text{BMR/REE (muži v kcal/24 h)} = 66,5 + (13,75 * \text{váha [kg]}) + (5,003 * \text{výška [cm]}) - (6,775 * \text{věk [roky]})$ $\text{BMR/REE (ženy v kcal/24 h)} = 665,1 + (9,563 * \text{váha [kg]}) + (1,85 * \text{výška [cm]}) - (4,676 * \text{věk [roky]})$
Owenova rovnice	$\text{BMR/REE (muži v kcal/24 h)} = 879 + 10,2 * \text{váha [kg]}$ $\text{BMR/REE (ženy v kcal/24 h)} = 795 + 7,18 * \text{váha [kg]}$
Mifflin-St. Jeorova rovnice	$\text{BMR/REE (muži v kcal/24 h)} = 10 * \text{váha [kg]} + 6,25 * \text{výška [cm]} - 5 * \text{věk [roky]} + 5$ $\text{BMR/REE (ženy v kcal/24 h)} = 10 * \text{váha [kg]} + 6,25 * \text{výška [cm]} - 5 * \text{věk [roky]} - 161$
Ireton-Jonesova rovnice	$\text{BMR/REE (kcal/24 h)} = 629 - (11 * \text{věk [roky]}) + (25 * \text{váha [kg]}) + (609 * \text{přítomnost obezity}^a)$
<sup>a</sup> přítomnost obezity = 1, nepřítomnost obezity =	

(Ławiński et al., 2015)

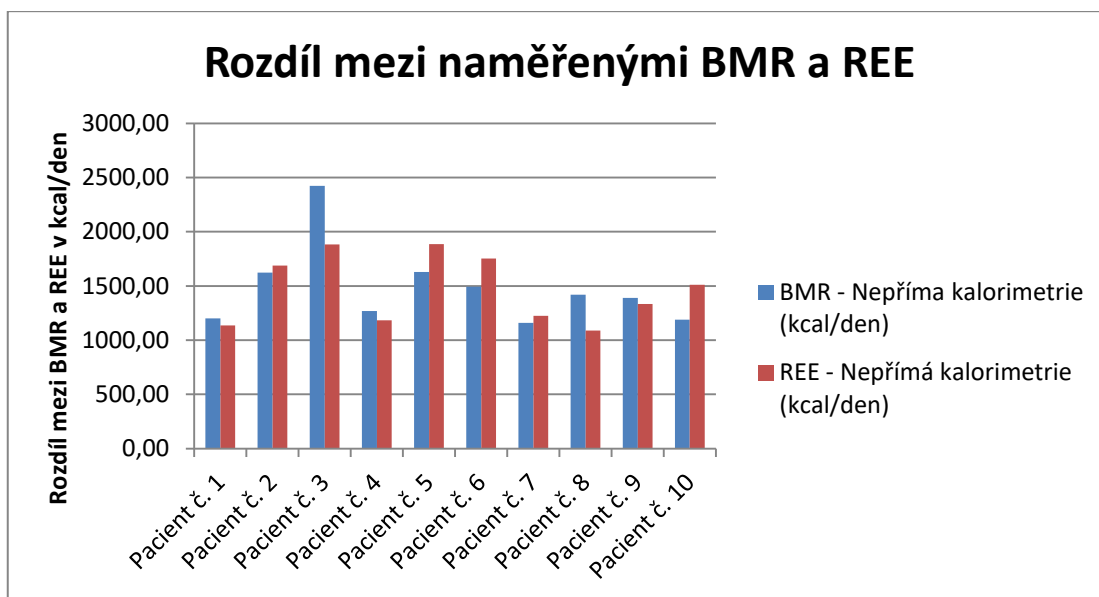
Graf 1 - Přehled výsledných průměrných hodnot REE a BMR z predikčních rovnic a indirektní kalorimetrie



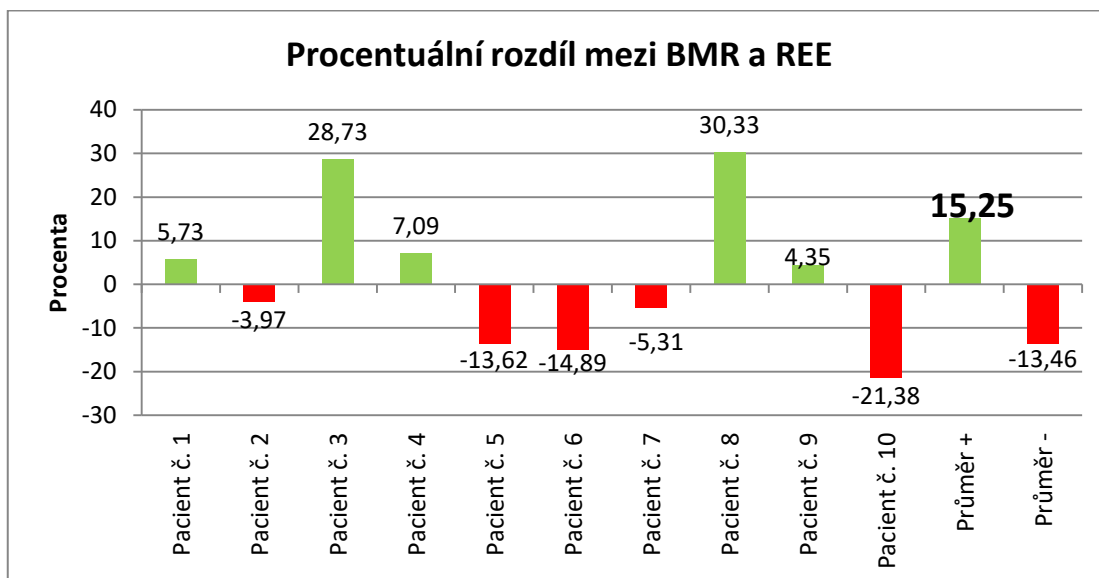
Z grafu 1 můžeme velmi překvapivě vypožorovat, že rozdíl mezi BMR a REE vyvrací hypotézu 1 a to, že zjištěné naměřené hodnoty BMR budou dosahovat menších hodnot než REE. Z grafu 1 vyplývá, že je tomu tak u hodnot, které byly získány měřením na nepřímém kalorimetru. Z celkových 10 měřených pacientů jich u 5 byl naměřen BMR < REE a u 5 byl naměřen BMR > REE. U vypočítaných hodnot není žádný rozdíl, což bylo už předem dáno tím, že predikční rovnice pro BMR i REE byly identické (viz tabulka 14).

Vzhledem k tomu že rozdíl mezi BMR a REE může být porovnán pouze u naměřených hodnot z nepřímého kalorimetru, je tento rozdíl zobrazen podrobněji v grafech 2 a 3. Tyto grafy jako jediné znázorňují zjištěné hodnoty jednotlivých pacientů a ne pouze průměrnou hodnotu pacientů jako celku. Graf 2 ukazuje, jaké hodnoty BMR a REE vyšly každému pacientovi, je vidět, u kterého pacienta byl vyšší BMR nebo REE. Graf 3 znázorňuje, jaký byl procentuální rozdíl u každého pacienta mezi měřeními. Jak bylo již v kapitole 1.2. zmíněno, REE by měl být vyšší než BMR přibližně o 3-5%, ovšem toto navýšení BMR o 3-5% na REE je vztahováno na normální smíšenou stravu, přijímanou perorálně a ne na PV. Dále zde musíme počítat ještě s termickým efektem stravy při měření REE, protože pacienti byli měřeni 3 hodiny po vykapání DPV. Jak můžeme vidět v grafu 3, u pacientů, u kterých byl REE větší než BMR, bylo průměrné navýšení 15,25 % ± 11,71 %. Maximální rozdíl byl 30,33 % a minimum 4,35 %.

Graf 2 – Rozdíl mezi jednotlivými naměřenými hodnotami BMR a REE od každého pacienta



Graf 3 – Procentuální rozdíl mezi naměřenými hodnotami BMR a REE od každého pacienta



Potvrdil se předpoklad z kapitoly 1.2., a to, že energetický výdej je vyšší u mužů než u žen. Bylo tomu tak u všech naměřených i vypočítaných BMR a REE. Příkladem je naměřené BMR z nepřímé kalorimetrie, kdy průměrná hodnota byla u žen  $1241,00 \pm 82,64$  kcal/den a u mužů  $1717,20 \pm 362,34$  kcal/den, u naměřeného REE měly ženy  $1277,20 \pm 133,72$  kcal/den a muži  $1660 \pm 295,95$  kcal/den.

### 8.3. Výsledky – porovnání výsledků vypočtených z predikčních rovnic a naměřených nepřímou kalorimetrií

Tato podkapitola se věnuje vyhodnocením výsledků z nepřímého kalorimetru a predikčních rovnic/doporučení ESPEN. Dává si za cíl porovnat, které rovnice/doporučení by mohly být použity místo nepřímého kalorimetru a která z nich je k tomu nejvhodnější. Výsledky byly zpracovány Studentovým t-testem a posléze znázorněny pomocí Bland-Altmanova grafu. U t-testu bylo nutno si zvolit nulovou hypotézu a ji nezamítnout ( $p > 0,05$ ), nebo ji zamítnout ( $p < 0,05$ ) ve prospěch alternativní hypotézy. Nulovou hypotézou je, že je možné rovnici/doporučení použít místo nepřímého kalorimetru, alternativní hypotéza je opakem a to, že rovnice/doporučení není vhodná jako náhrada za nepřímý kalorimetr. Výsledky jsou znázorněny v tabulkách 15, 16 a grafech 3. V tabulkách jsou zaznamenány průměrné hodnoty BMR a REE  $\pm$  výběrová směrodatná odchylka (SE), rozdíl mezi naměřeným energetickým výdejem a vypočteným energetickým výdejem, p hodnota zamítající nebo nezamítající nulovou hypotézu, a dolní a horní hodnota intervalu spolehlivosti (95 % CI).

Tabulka 15 – Hodnoty t-testu pro BMR popisující vztah mezi měřením BMR a vypočteným BMR

BMR	Průměr vypočtené/neměřené hodnoty BMR $\pm$ SE (kcal/den)	Rozdíl průměrných hodnot BMR (kcal/den)	p hodnota BMR	Dolní hodnota 95 % CI BMR	Horní hodnota 95 % CI BMR
Indirektní kalorimetrie	1479 $\pm$ 373				
Harris-Benedictova rovnice	1420 $\pm$ 227	59	0,68	-238,16	350,99
Owenova rovnice	1421 $\pm$ 221	58	0,69	-235,45	351,51
Mifflin- St Jeorova rovnice	1347 $\pm$ 260	133	0,38	-174,03	437,15
Ireton-Jonesova rovnice	1623 $\pm$ 400	-144	0,42	-507,56	220,46



Z tabulky 15 můžeme vyčíst, že všechny rovnice pro výpočet BMR měly hodnotu  $p > 0,05$ , což znamená, že všechny rovnice mohou být teoreticky použity jako náhrada nepřímého kalorimetru. Nejvyšší hodnotu  $p$  má Owenova rovnice 0,69 a hned za ní Harris-Benedictova rovnice s hodnotou  $p$  0,67, to ukazuje, že právě tyto dvě rovnice jsou nejvhodnější jako náhrada za nepřímý kalorimetr při zjišťování BMR. Potvrzuje to i hodnota rozdílu, která je u Owenovi a Harris-Benedictovi rovnice nejmenší. Jako nejméně vhodná se ukazuje Mifflin-St. Jeorova rovnice, v které byla hodnota  $p$  0,38. Rozdíl mezi indirektní kalorimetrií a Ireton-Jonesovou rovnicí vyšel v záporné hodnotě -144, což znamená, že tato rovnice nadhodnocovala průměrné hodnoty BMR pacientů, oproti výsledkům z nepřímé kalorimetrie.

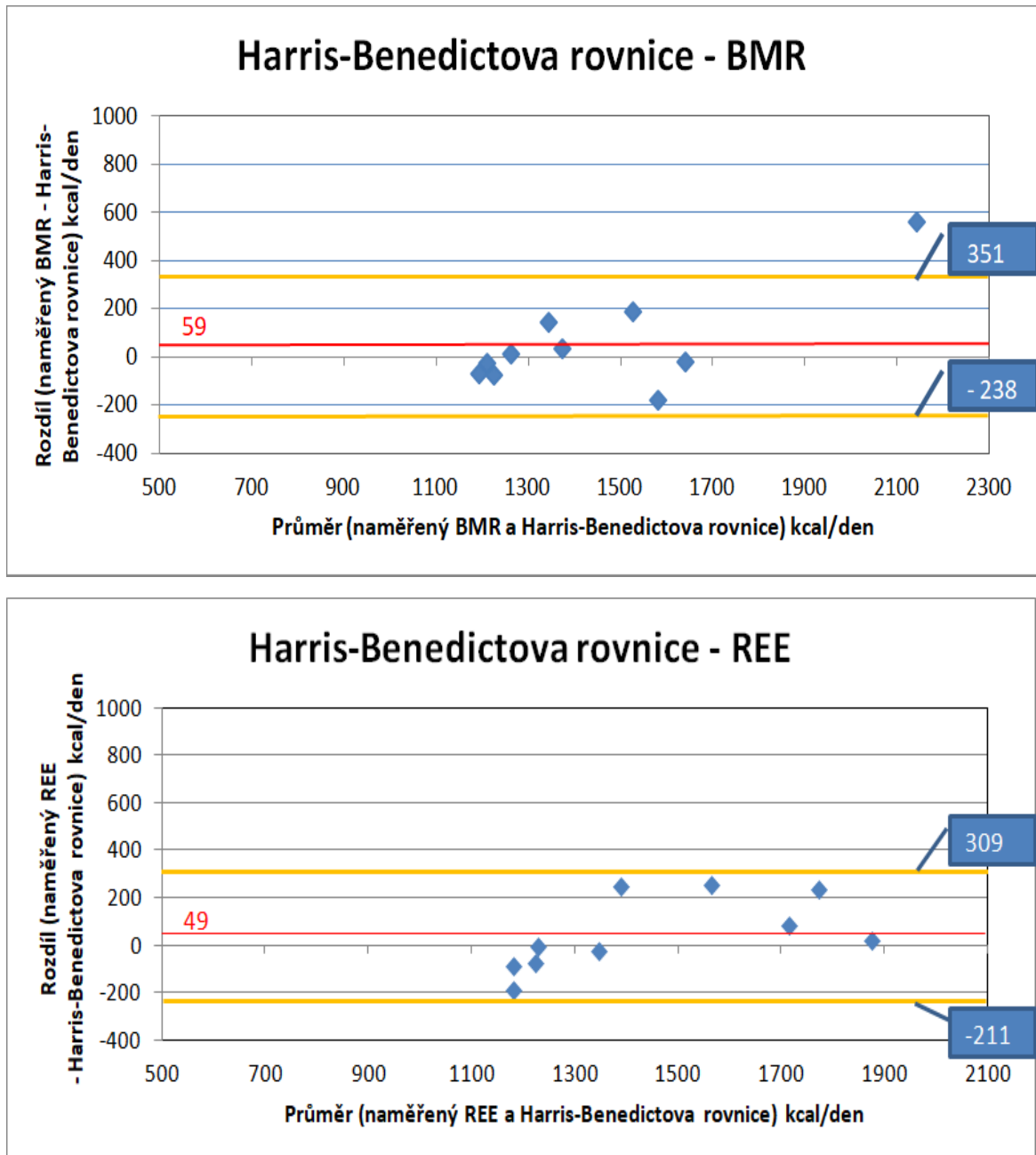
Tabulka 16 – Hodnoty t-testu pro REE popisující vztah mezi měřením BMR a vypočteným REE

REE	Průměr vypočtené/neměřené hodnoty REE $\pm$ SE (kcal/den)	Rozdíl průměrných hodnot REE (kcal/den)	p hodnota REE	Dolní hodnota 95 % CI REE	Horní hodnota 95 % CI REE
Indirektní kalorimetrie	1469 $\pm$ 315				
Harris- Benedictova rovnice	1420 $\pm$ 227	49	0,69	-211,23	308,62
Owenova rovnice	1421 $\pm$ 221	48	0,70	-210,45	305,51
Mifflin- St Jeorova rovnice	1346 $\pm$ 260	123	0,36	-149,25	394,60
Ireton- Jonesova rovnice	1623 $\pm$ 400	-154	0,35	-493,88	185,78
Doporučení ESPEN REE 20 kcal/kg/den	1329 $\pm$ 253	139	0,29	-130,31	408,71
Doporučení ESPEN REE 35 kcal/kg/den	2333 $\pm$ 448	-865	0,00013	-1231,68	-498,02

V tabulce 16 už je situace trochu jiná. Všechny rovnice měly hodnotu  $p > 0,05$ , tudíž mohou být využity místo nepřímého kalorimetru. Jiná situace už je u doporučení ESPEN. To stanovuje energetický výdej pacientů s DPV v rozmezí od 20 do 35 kcal/kg/den. Dolní hranice 20 kcal/kg/den má sice  $p > 0,05$ , u horní hranice tomu už tak není. Doporučení 35 kcal/kg/den mělo jako jediné  $p$  hodnotu  $< 0,05$  a to 0,00013, tudíž tato horní hranice už není vhodná, aby byla využívána místo nepřímého kalorimetru pro zjištění REE. Naopak jako nejvhodnější náhrada za nepřímý kalorimetr u REE se opět ukázaly být Owenova a Harris-Benedictova rovnice a o trochu lépe vyšla Owenova rovnice s hodnotou  $p$  0,70 a hned za ní Harris-Benedictova rovnice s  $p$  0,69. Rozdíl mezi indirektní kalorimetrií a Ireton-Jonesovou rovnicí vyšel opět v záporné hodnotě -154, u doporučení ESPEN (35 kcal/kg/den) je tomu také tak, rozdíl je - 865, takže tato rovnice a doporučení nadhodnocovaly průměrné hodnoty REE pacientů, oproti výsledkům z nepřímé kalorimetrie.

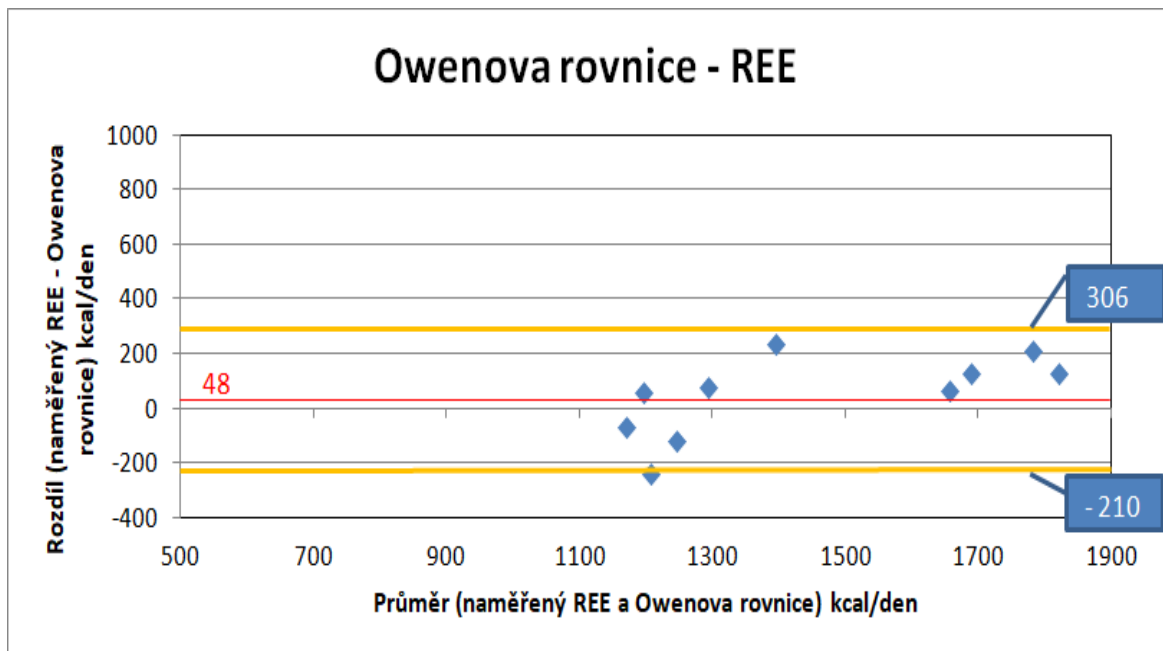
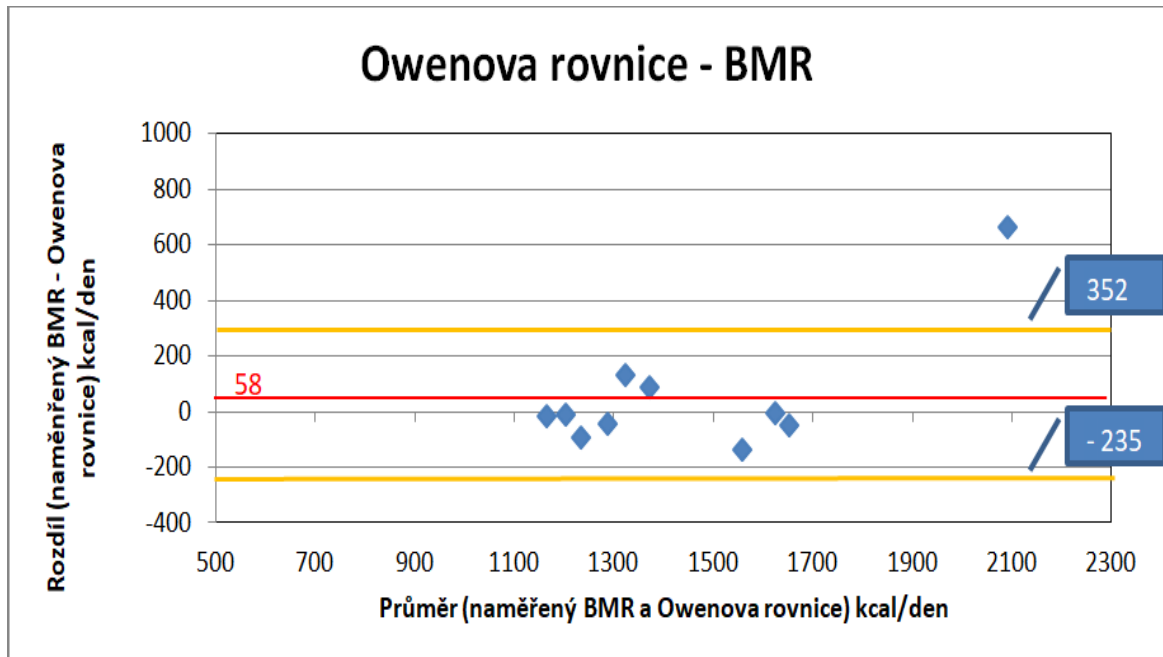
Výsledky z tabulek 15, 16 jsou graficky znázorněny v grafech 4-13, jsou zde jednotlivé naměřené hodnoty každého pacienta (rozdíl a průměr mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou), intervaly spolehlivosti (CI), a rozdíl je zde zároveň i jako medián mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou.

Graf 4, 5 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR/REE a vypočteným BMR/REE Harris-Benedictovou rovnicí



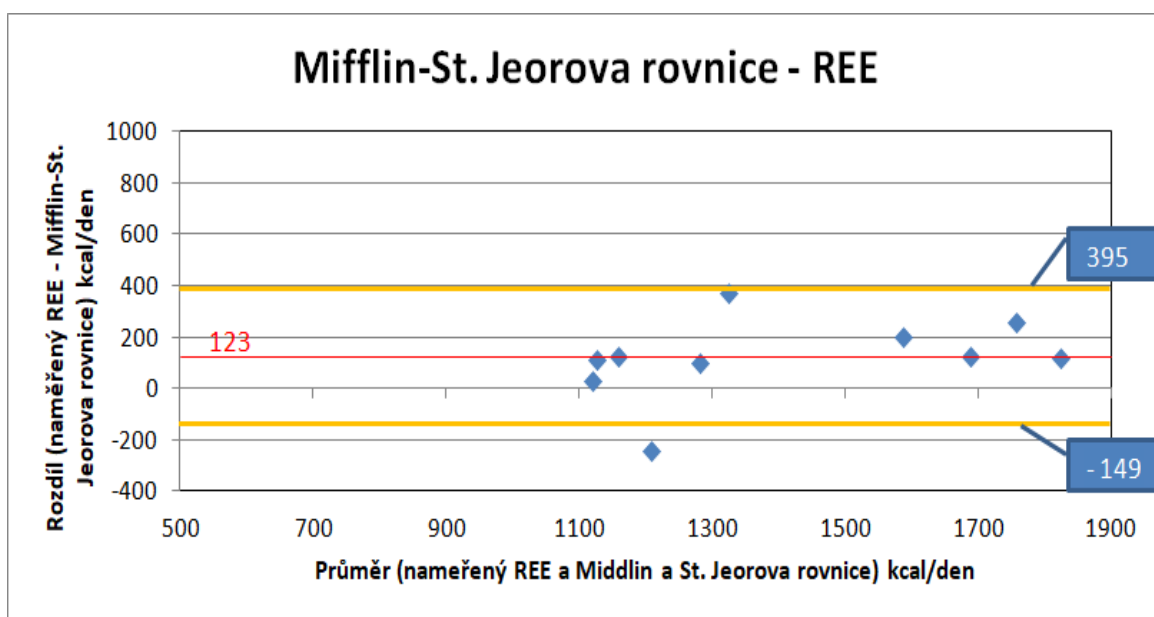
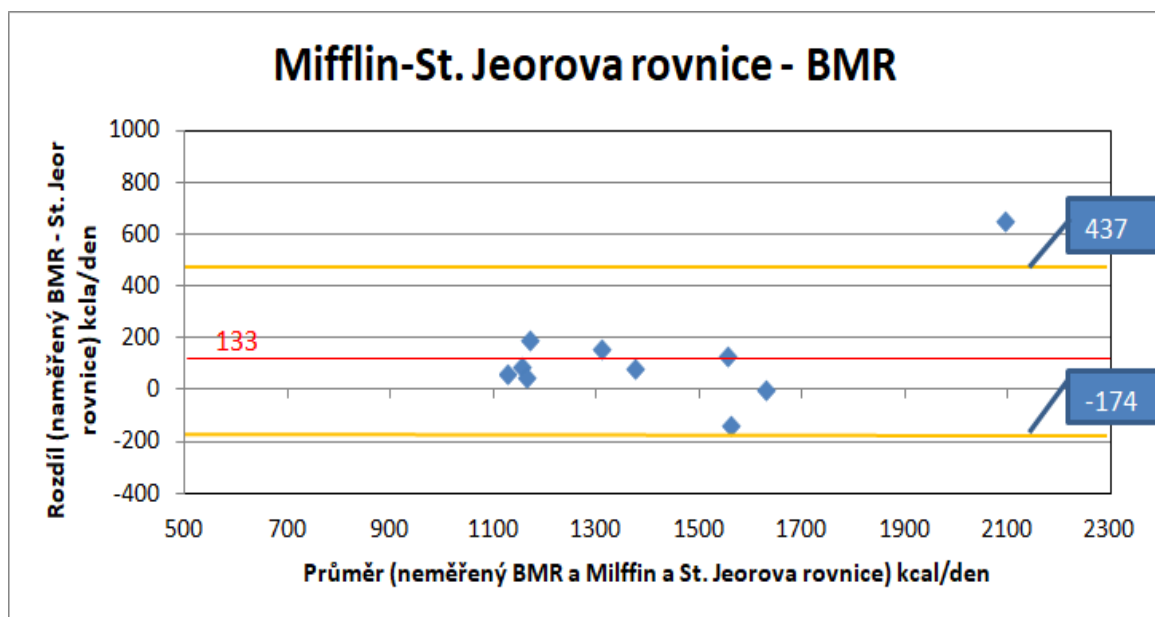
Pozn. žluté čáry – rozsah intervalu spolehlivosti, červená čára – medián

Graf 6, 7 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR/REE a vypočteným BMR/REE Owenovou rovnicí



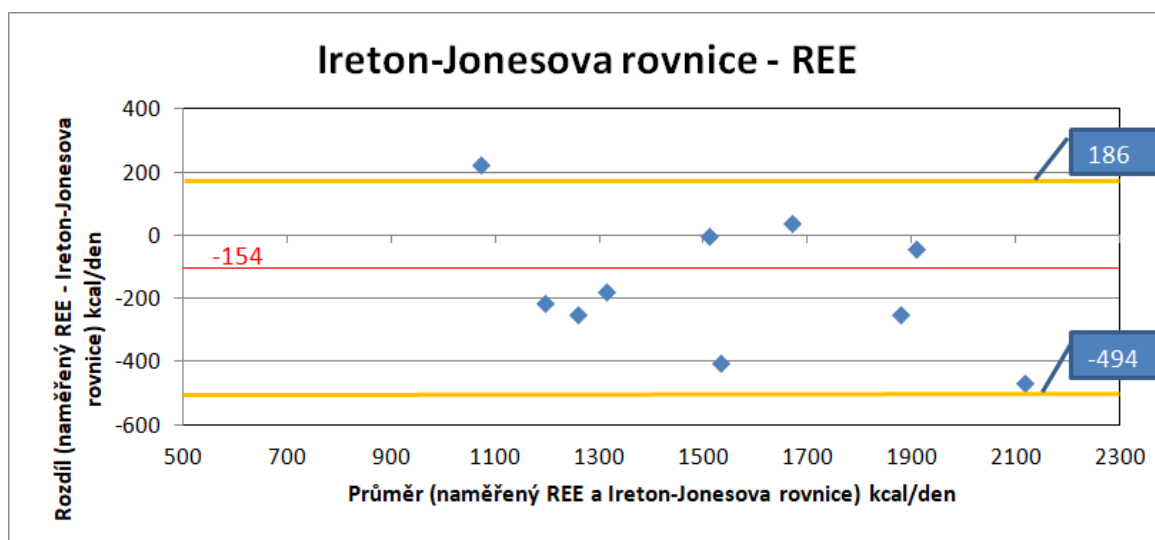
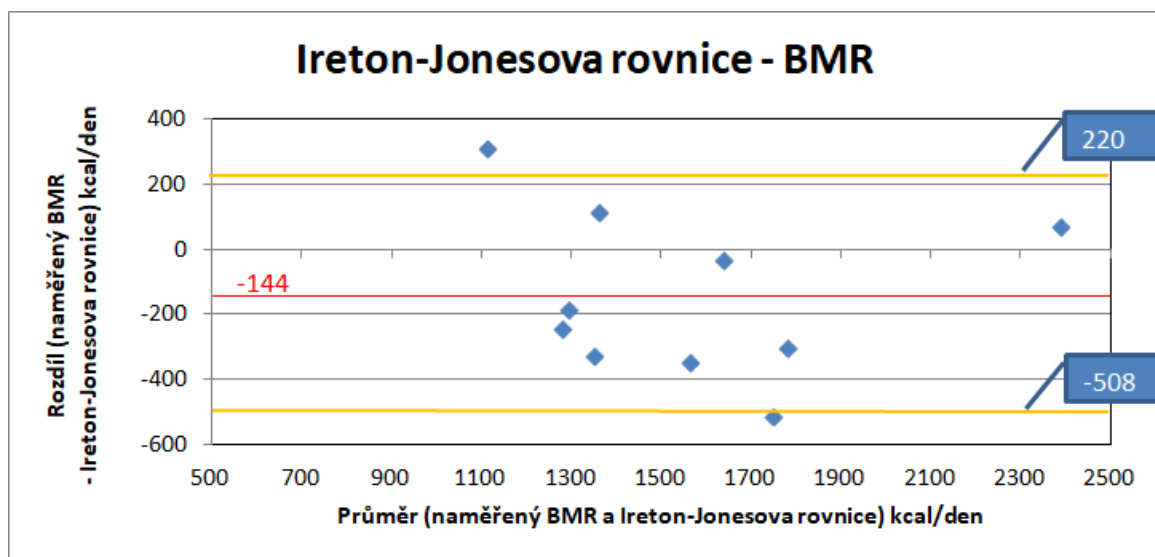
Pozn. žluté čáry – rozsah intervalu spolehlivosti, červená čára – medián

Graf 8, 9 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR/REE a vypočteným BMR/REE Mifflin-St. Jeorovou rovnicí



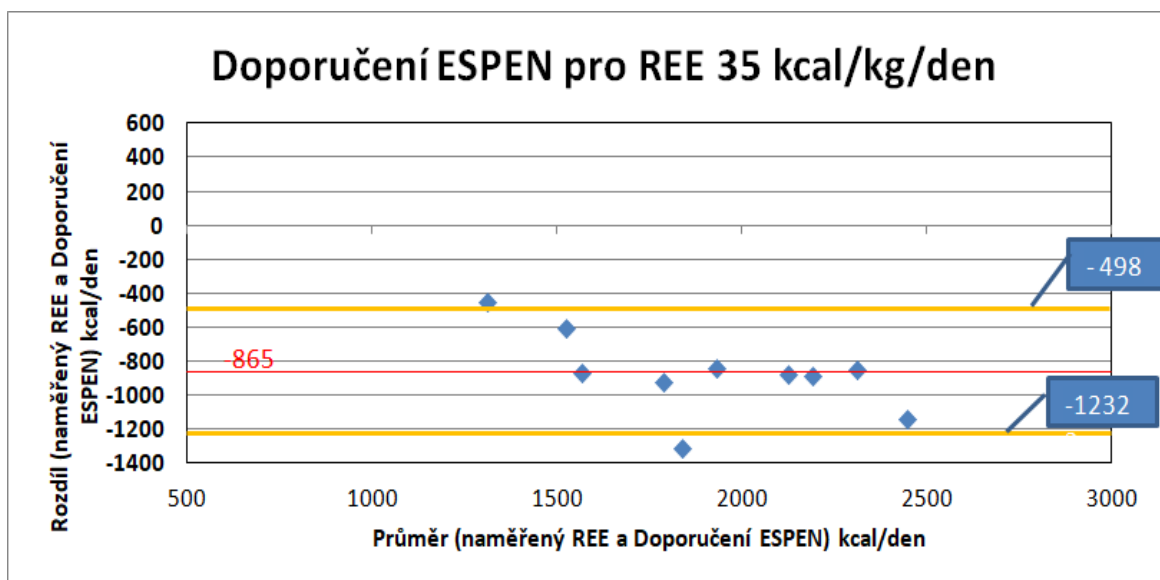
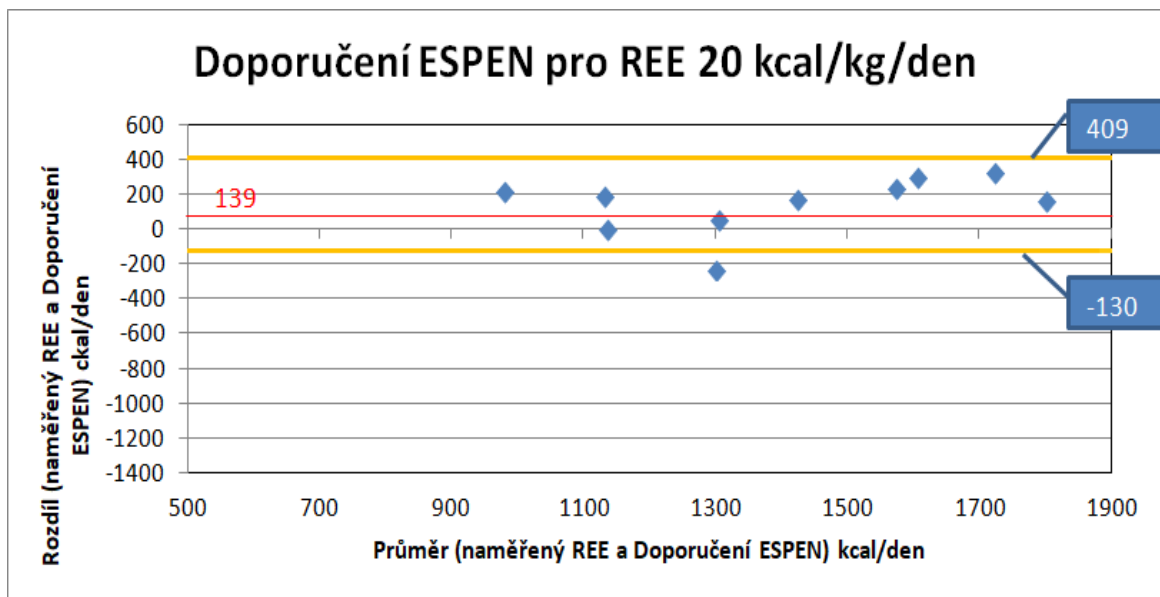
Pozn. žluté čáry – rozsah intervalu spolehlivosti, červená čára – medián

Graf 10, 11 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR/REE a vypočteným BMR/REE Ireton-Jonesovo rovnicí



Pozn. žluté čáry – rozsah intervalu spolehlivosti, červená čára – medián

Graf 12, 13 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a doporučením ESPEN pro REE

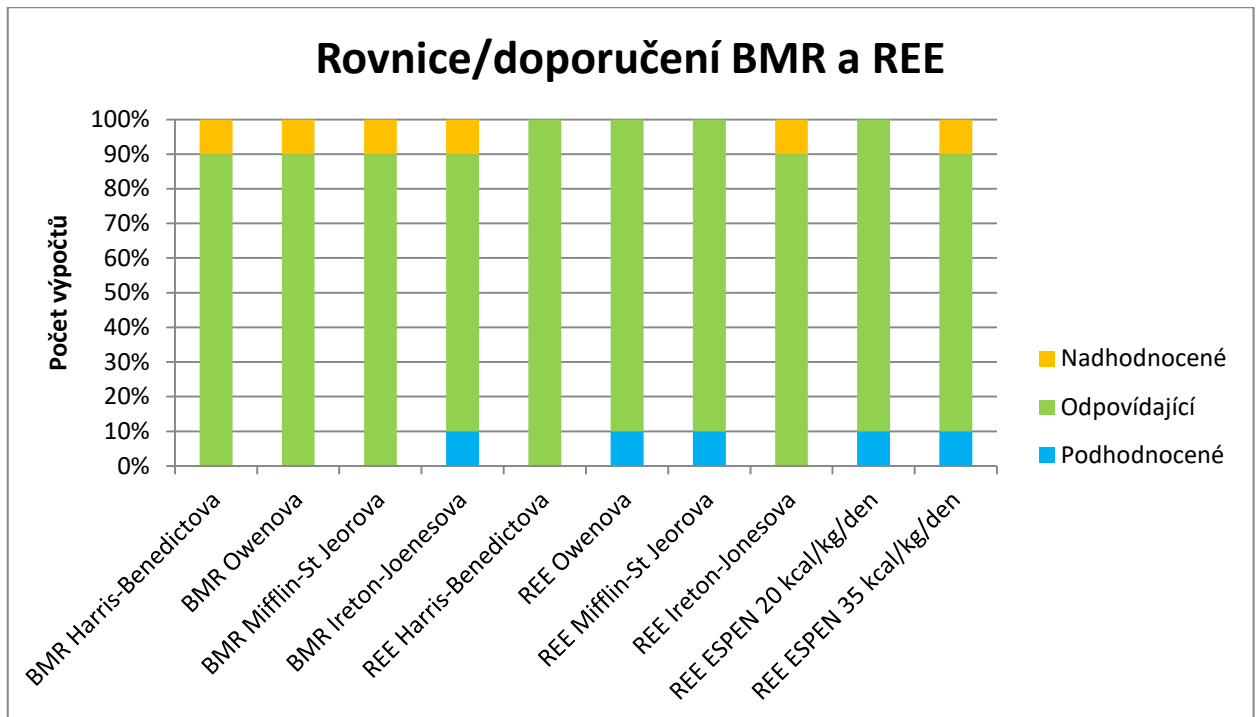


Pozn. žluté čáry – rozsah intervalu spolehlivosti, červená čára – medián

Z grafů 4-13 je možné vidět, kolik vypočtených hodnot se vešlo do intervalu spolehlivosti a to ještě více rozvádí graf 14. Graf 14, který znázorňuje, jestli hodnoty, jenž nezapadaly do intervalu spolehlivosti, byly spíše vyšší než horní interval spolehlivosti, nebo nižší než dolní interval spolehlivosti. Tím se z grafu 14 dá vyčíst, jestli predikční rovnice/doporučení ESPEN spíše mají sklon k podhodnocování, nebo nadhodnocování energetického výdeje. Můžeme vidět, že Ireton-Jonesova rovnice pro výpočet BMR a doporučení ESPEN 35 kcal/kg/den pro REE, měly sklon jak nadhodnocovat, tak i podhodnocovat energetický výdej sledovaných pacientů. Sklon k nadhodnocování BMR můžeme vidět u Harris-Benedictovi, Owenovi a Mifflin-St. Jeorovi rovnice. REE

nadhodnocovala Ireton-Jonesova rovnice a výše zmíněné doporučení ESPEN (35 kcal/kg/den). Owenova a Mifflin-St. Jeorova rovnice zase spíše REE podhodnocovaly, což by se dalo očekávat spíše, protože při měření REE byl dalším faktorem termický efekt stravy, který výsledné REE ještě zvýšil.

Graf 14 – Nadhodnocení nebo podhodnocení predikčních rovnic/doporučení ESPEN pro BMR a REE oproti hodnotám z nepřímé kalorimetrie





## 9. Diskuze

Tato práce se zabývá pacienty s domácí parenterální výživou a tím, která z predikčních rovnic, popřípadě doporučení ESPEN (20-35 kcal/kg/den), je nejvhodnější náhradou za metodu nepřímé kalorimetrie, která je považována za zlatý standard při určování energetického výdeje. Pacienti byli měřeni dvakrát, jednou podle zásad měření BMR a podruhé podle zásad měření REE. Výsledky BMR a REE byly porovnány, jak a o kolik se liší. REE bylo měřeno tak, aby bylo možno odhadnout výši termického efektu DPV.

Nejdříve zhodnotíme pouze výsledky z nepřímého kalorimetru. V současné době neexistuje žádná dřívější práce, která by porovnávala rozdíl mezi BMR a REE přímo u pacientů s DPV. Existují ale u zdravých jedinců bez DPV, ovšem v tom, o kolik by se BMR od REE měl lišit, se autoři rozcházejí. Uvádí rozdíl od 3 % (Hronek, Zadák, 2011) do 5 % (Křížová, 2016a). V čem se ovšem shodují, je, že BMR by mělo dosahovat nižších hodnot než REE. Proč tomu tak v této práci u poloviny měřených pacientů není, není zcela jasné. Přístroj je před každým měřením kalibrován a v únoru 2019 byla na přístroji měněna nefunkční součástka a přitom byla provedena i revize přístroje. Takže vadnou technikou by to, že u poloviny pacientů byl BMR větší než REE, být nemělo. Jedinou technickou limitací je, že přístroj je předně vyroben pro měření REE, ale to by nemělo být závadou, když se jedno měření řídilo pokyny pro správné měření BMR a druhé pro měření REE. Nehledě na to, že do měření REE byl zakomponován (je nutné připočíst) i termický efekt stravy, takže změřený REE by měl zákonitě dosahovat vyšších hodnot, než změřený BMR, po 12-ti hodinovém lačnění. Pokud jde o pacienty, ti byli před měřením poučeni, jak se před a při něm chovat a co dodržovat. Všechna měření proběhla přibližně ve stejnou denní dobu (dopoledne), v termoneutrálním prostředí a během měření nebyli pacienti nijak a ničím vyrušováni. Každý pacient byl před prvním i druhým měřením zvážen, aby byl případně podchycen a zaznamenán větší váhový výkyv, ale u žádného pacienta nebyl váhový rozdíl větší než 0,5 kg. Zbývá tedy, že by pacienti nebyli z nějakého dalšího důvodu v duševním/psychickém klidu, byli nějak emocionálně rozladěni, nebo u nich probíhaly nějaké mentální aktivity, což by znamenalo narušení ustáleného stavu a zkreslení výsledků měření, protože například mentální aktivita může  $VC O_2$  a  $VO_2$  zvýšit až o 40% (Hronek, Zadák, 2011). Tomu by nasvědčovalo měření pacienta č. 1, který při měření BMR nebyl v ustáleném stavu ani 5 minut, kterých je minimálně potřeba, aby byl energetický výdej správně/adekvátně změřen, na rozdíl od měření REE, kdy bylo 5 minut v ustáleném stavu dodrženo. To, že pacient nebyl v ustáleném stavu, dokazuje graficky znázorněná křivka sledovaných parametrů ( $RQ$ ,  $VC O_2$ ,  $VO_2$ , oxidace živin...), kterou dostaneme spolu s ostatními výsledky z nepřímého kalorimetru Quark RMR. Tyto výsledky jsou přiloženy na konci práce v přílohách (viz příloha 5-7). Dalším možným vysvětlením, proč měření u některých pacientů nedopadlo tak, jak bylo očekáváno, je jejich BMI, protože jeden z pacientů, kteří byli takto změřeni, byl v pásmu podvýživy (BMI 14,8 kg/m<sup>2</sup>) a druhý pacient v pásmu obezity (BMI 34,2 kg/m<sup>2</sup>) a jejich křivky

sledovaných parametrů také silně kolísaly (viz přílohy 6-7). Ještě je možné, že sledovaní pacienti nedodrželi předem dané pokyny pro měření, což by výsledky také značně zkreslilo.

Díky tomu, že REE bylo měřeno 3 hodiny po dokapání výživy, bylo možno zmapovat i termický efekt stravy (Fullmer et al., 2015) u těch měření, u kterých vyšel REE > BMR. Studií zkoumajících vliv termického efektu PV bylo také provedeno málo. Ve většině uskutečněných studií byl termický efekt výživy měřen už během podávání výživy a nešlo o domácí PV, ale výživu podávanou na určitou dobu v nemocnicích. Příkladem je studie (Bajnárek et al, 2009), která termický efekt měřila u nemocných pacientů na oddělení JIP, a ta říká, že termický efekt se po 12ti hodinách po zahájení PV vrátil k výchozím hodnotám před zahájení PV (po 12 ti hodinách efekt vymizel), největší termický efekt byl pozorován při 5. hodině podávání PV. Další studie (Arnold, 1989), která už část výzkumu prováděla na zdravých jedincích, zjišťovala termický efekt už hodinu po zahájení PV a říká, že energetický výdej se zvedl o 25%. Studie (Verne et al., 1986), která měřila termický efekt výživy až po ukončení PV a byla i prováděna na zdravých jedincích (ovšem jen u žen) říká, že termický efekt stravy byl 3 hodiny po PV ještě 10 % (podmínky v této studii se nejvíce blíží podmínkám při měření méj práce). Je tedy vidět, že studie se velmi rozcházejí v tom jaký je termický efekt PV, ať už to jsou studie, kdy měření bylo provedeno během PV nebo až po ní. V této práci vyšlo měření REE, které bylo měřeno po podání DPV (3 hodiny po vykapání PV), vyšší o 15,25 % ± 11,71 %, oproti měřenému BMR (po 12-ti hodinovém lačnění). Dalo by se tedy říct, že DPV 3 hodiny po vykapání DPV zvyšuje energetický výdej cca o 15 % (termický efekt výživy). Je to ovšem velmi hrubý odhad, protože tato práce byla vedena pouze na 10 pacientech, z čehož se průměrná hodnota dělala pouze od pěti měřených pacientů, protože u zbývajících vyšel rozdíl BMR > REE. A směrodatná odchylka 11,71 % u souboru o pěti pacientech ukazuje, že jednotlivá měření dosahovala dosti rozličných hodnot (viz graf 2,3).

U zjišťování, které rovnice se nejvíce přibližují výsledkům z nepřímého kalorimetru, se nejdříve zastavíme u samotných rovnic. V této práci byly použity čtyři predikční rovnice pro určení energetického výdeje. Jsou to rovnice, které se shodně vyskytovaly v obou dříve provedených studiích hledajících nejvhodnější predikční rovnici namísto nepřímé kalorimetrie u pacientů s DPV (Skallerup et al, 2017; Ławiński et al., 2015). Tyto rovnice byly ve studiích použity v naprosto stejném tvaru, i když jedna jimi stanovovala BMR a druhá REE. Přitom úplně původně byla Harris-Benedictova rovnice určena pro výpočet BMR (Harris, Benedict, 1918), Owenova a Mifflin-St. Jeorova rovnice pro výpočet REE (Owen, 1988; Mifflin et al., 1990) a Ireton-Jonesova rovnice byla původně určena pro ventilované pacienty, poté pro výpočet TEE (Ireton-Jones, Jones, 2002). Dá se tedy předpokládat, že každá rovnice bude vhodnější a přesnější pro výpočet toho, pro co byla původně určena. Proto byla v této práci stanovena hypotéza, že nejbližší se výsledku z nepřímého kalorimetru při měření BMR bude blížit Harris-Benedictova rovnice a u výsledku z nepřímého kalorimetru při měření REE se budou nejvíce blížit

Owenova a Mifflin-St. Jeorova rovnice, i když to v jedné z výše uvedených studií tak nedopadlo (Ławiński et al., 2015). Doporučení ESPEN 20-35 kcal/kg/den v hypotéze jako vhodná náhrada za nepřímou kalorimetrii při určování REE není, protože 20-35 kcal je velký rozsah, který má pravděpodobně zahrnout všechny pacienty s DPV a dolní a horní hranice je tedy nejspíše vhodná jen pro některé jedince s DPV, než obecně pro většinu pacientů s DPV. Takže se dá předpokládat, že dolní hranice doporučení bude příliš nízká oproti průměrným výsledkům z nepřímého kalorimetru a horní hranice bude naopak příliš vysoká.

Jak už bylo výše uvedeno, studie, které by se zabývaly tím, která predikční rovnice by byla nejvhodnější pro určení energetického výdeje u pacientů na DPV, pokud není možnost změřit je na nepřímém kalorimetru, byly zatím provedeny pouze dvě. První, která hledala nejvhodnější predikční rovnici pro určení BMR, určila za nejvhodnější Harris-Benedictovu rovnici (Skallerup et al, 2017). Druhá studie hledala náhradu v rovnicích za nepřímý kalorimetr pro určení REE a jako nejvhodnější určila Ireton-Jonesovu rovnici a doporučení ESPEN na 20 kcal/kg/den (Ławiński et al., 2015). Tato práce určila za nejvhodnější rovnici pro určení BMR Owenovu a Harris-Benedictovu rovnici, u Owenovi rovnice byla průměrná hodnota 1421 kcal/den  $\pm$  221 kcal/den a u Harris-Benedictovi 1420 kcal/den  $\pm$  227 kcal/den a při měření na nepřímém kalorimetru byl průměrný výsledek 1479 kcal/den  $\pm$  373 kcal/den. Rozdíl mezi Harris-Benedictovou a Owenovou rovnicí byl naprosto minimální, u prvé vyšla v t-testu hodnota p 0,68 a u druhé 0,69, což je tak malý rozdíl, že by se mohl ztratit, kdyby se během výpočtů průběžné výsledky zaokrouhlovaly na celá čísla. Výsledek znamená, že hypotéza byla Harris-Benedictovou rovnicí z části potvrzena a výsledek se i z části shoduje s původní studií (Skallerup et al, 2017). Výsledek se z části shodoval i s jinou studií (Araújo et al, 2007), ve které také vyšla Harris-Benedictova rovnice jako nejvhodnější náhrada za nepřímou kalorimetrii pro určení BMR. Tato studie byla ovšem uskutečněna pouze na pacientech se syndromem krátkého střeva na DPV a ne obecně u všech pacientů, kteří mají z nějakého důvodu DPV. Jako nejvhodnější rovnici pro určení REE místo nepřímého kalorimetru určila tato práce opět Owenovu a Harris-Benedictovu rovnici. Průměrné hodnoty rovnic jsou stejné a hodnota z nepřímé kalorimetrie pro REE je 1469 kcal/den  $\pm$  315 kcal/den. Rozdíl mezi rovnicemi byl opět naprosto minimální, vzhledem k tomu, že se průměrné hodnoty obou rovnic liší pouze o 1 kcal/den, a p hodnoty t-testu se tím pádem také skoro nelišily, pro Owenovu rovnici je p 0,70 a pro Harris-Benedictovu rovnici 0,69. Tento výsledek se opět pouze z části shoduje s předem stanovenou hypotézou díky Owenově rovnici. Neshoduje se ovšem s původní studií (Ławiński et al., 2015), to je nejspíše způsobeno tím, že pro měření na nepřímém kalorimetru byly stanoveny jiné podmínky. V původní studii byli pacienti měřeni minimálně 3 hodiny po podání PV a v této práci byly měření maximálně 3 hodiny po skončení PV. Z této práce tedy vyplývají jako nejvhodnější rovnice pro určení energetického výdeje Owenova a Harris-Benedictova rovnice a to jak pro určení BMR, tak i REE.

## 10. Závěr

Nejvhodnějšími rovnicemi pro výpočet energetického výdeje, na místo metody nepřímé kalorimetrie, se ukázaly Harris-Benedictova a Owenova rovnice, a to bez ohledu na to, jestli zjišťujeme BMR nebo REE. Pokud tedy není možno změřit energetický výdej metodou nepřímé kalorimetrie, zdají se být tyto dvě rovnice jako adekvátní náhrada a zároveň jsou i rychlejší a cenově dostupnější metodou, s menší zatížeností personálu. Bohužel se nepodařilo potvrdit, že BMR je vždy nižší než REE, a to i přesto, že REE mělo být vyšší ještě o termický efekt PV, ale u pacientů u kterých tomu tak bylo, bylo REE v průměru o 15 % vyšší než BMR. Nicméně rozdíl mezi BMR a REE se ovšem nejeví jako úplně podstatný, vzhledem k tomu, že jak pro BMR, tak pro REE vyšly jako nejvhodnější náhrada za nepřímou kalorimetrii stejné rovnice. Tato práce byla sice provedena na malém počtu jedinců, ale mohla by být základem pro budoucí další práce, které by díky většímu počtu sledovaných pacientů zpřesnily výsledky této práce. Znat totiž co nejpřesněji energetický výdej pacientů na DPV je základ pro kvalitní nutriční péči o tyto pacienty.

## Zkratky slov

- TEE - Celkový energetický výdej (total energy expenditure)  
BMR - Bazální energetický výdej (basic metabolit rate)  
REE - Klidový energetický výdej (resting energy expenditure)  
EE – energetický výdej  
FA - Faktor aktivity  
TF - Faktor teploty  
IF - Faktor postižení  
CO<sub>2</sub>- Oxid uhličitý  
VO<sub>2</sub> – spotřebovaný kyslík (l/den)  
VCO<sub>2</sub> – vydechovaný oxid uhličitý (l/den)  
RQ – respirační kvocient  
NRQ – nebílkovinný respirační kvocient  
UN – odpad dusíku  
SS - ustálený stav (steaty-state)  
PV – parenterální výživa  
EV – enterální výživa  
CŽK – centrální žilní katétr  
PICC - periferně implantovaný centrální katétr  
DPV – domácí parenterální výživa  
ESPEN - European Society for Clinical Nutrition  
BMI – index tělesné hmotnosti (body mass index)  
SD - směrodatná odchylka  
SE - výběrová směrodatná odchylka  
CI - interval spolehlivosti

## Použitá literatura

1. ARAÚJO, EC. et al., 2007. Ideal weigh better predicts rating energy expenditure than does achal weight in patiens with short bowel syndrom. *Nutrition*. 23(11/12), 778-781. ISSN 0899-9007.
2. ARNOLD, J. et al., 1989. Thermic effect of parenteral nutrition in septic and nonseptic individuals. *The American Journaal of Clinical Nutrition*. 50(4), 853-860. ISSN 0002-9165.
3. BAJNÁREK, J., SOBOTKA, L., 2007. Energetický výdej člověka a možnosti zhodnocení energetických potřeb organismu. *Praktický lékař*. 87(7), 399-404. ISSN 0032-6739; 1805-4544 (elektronická verze)
4. BAJNÁREK, J. et al., 2009. Modifikuje těžké onemocnění vliv parenterální výživy na energetický metabolismus?. *Klinická biochemie a metabolismus*. 17/38(4), 245-251. ISSN 1210-7921.
5. BENEŠ, P., 2015. Domácí parenterální výživa v onkologii. Díl 1 - Vývoj metody domácí parenterální výživy v ČR. *Klinická onkologie*. 28(1), 61-62. ISSN 0862-495X; 1802-5307 (elektronická verze).
6. CARPENTIER, YA., SOBOTKA, L., SOETERS, P., 2011. Carbohydrates. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 252-257. ISBN 978-80-7262-821-6.
7. COSMED THE METABOLIC COMPANY, 2012. Prospekt Querk RMR – přístroj pro nepřímou kalorimetrii [online]. [cit. 2019-10-10]. Dostupné z: <https://www.s-medics.cz/ke-stazeni>
8. DA ROCHA, E. E. M., ALVES, V. G. F., DA FONSECA, R. B.V., 2006. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 9(3), 247-256. ISSN 1363-1950; 1473-6519 (elektronická verze); DOI 10.1097/01.mco.0000222107.15548.f5
9. ELIA, M., STRATTON RJ., 2011. Indications for nutritional support. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 223-203. ISBN 978-80-7262-821-6.

10. FENCL, F., BLÁHOVÁ, K., 2012. Parenterální výživa. *Československá pediatrie*. 67(1), s. 52-59. ISSN 0069-2328; 1805-4501 (elektronická verze).
11. FENCL, F., ©2019. *Příručka pro rodiče pacientů na domácí parenterální výživě* [online]. Pracovní skupina dětské gastroenterologie a výživy České pediatrické společnosti JEP [cit. 2019-05-02]. Dostupné z:  
[https://gastroped.cz/\\_files/200000147-484054a34f/parenteralni-vyziva-prirucka.pdf](https://gastroped.cz/_files/200000147-484054a34f/parenteralni-vyziva-prirucka.pdf)
12. FULLMER, S. et al., 2015. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *J Acad Nutr Diet*. 115(9), 1417-1446. ISSN 2212-2672.
13. HARRIS, JA., BENEDICT, FG. 1918. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 4(12). 370–373. ISSN 0027-8424.
14. HRONEK, M., ZADÁK, Z. 2011. Stanovení potřeby energie. In: ZADÁK, Z., KVĚTINA, J. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Praha: Galén., s. 255-269. ISBN 978-80-7262-748-6.
15. IRETON-JONES, C., JONES, JD., 2002. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones Equations. *Nutr Clin Pract*. 17(1). 29-31. ISSN 1941-2452.
16. JANŮ, M., 2010. Příprava parenterálních infúzí směsí all in one v lékárnách. In: KOHOUT, P., RUŠAVÝ, Z., ŠERCLOVÁ, Z. *Vybrané kapitoly z klinické výživy I*. Praha: Forsapi., s. 169-175. ISBN 978-80-87250-08-2.
17. KAFKOVÁ, P., 2012. Domácí parenterální výživa (DPV) v České republice. *Časopis lékařů českých*. 151(7), 372. ISSN 0008-7335; 1805-4420 (elektronická verze).
18. KALOUSOVÁ, J., ROUSKOVÁ, B., STÝBLOVÁ, J., 2010. Domácí parenterální výživa u dětí. *Pediatrie pro praxi*. 11(6), 363-367. ISSN 1213-0494; 1803-5264 (elektronická verze).

19. KOEA, JB., WOLFE, RR., SHAW, JH., 1995. Total energy expenditure during total parenteral nutrition: ambulatory patients at home versus patients with sepsis in surgical intensive care. *Surgery*. 118(1), 54-62. ISSN 0039-6060.
20. KOHOUT, P., LIŠKOVÁ, M., MENGEROVÁ, O., 2007. *Onemocnění slinivky břišní – dieta pankreatická*. Praha: Forsapi. 132 s. ISBN 978-80-903820-3-9.
21. KOMOŇOVÁ, A., 2010. Nové trendy v léčebné výživě – nutriční postupy při léčbě pacienta. *Interní medicína pro praxi*. 12(7-8), 390-394. ISSN 1212-7299; 1803-5256 (elektronická verze)
22. KOTRLÍKOVÁ, E., KŘEMEN, J., 2008. Domácí parenterální výživa. *Interní medicína pro praxi*. 10(2), 76-79. ISSN 1212-7299; 1803-5256 (elektronická verze)
23. KURUCOVÁ, K., 2014. *Hodnocení klidového energetického výdeje a utilizace substrátů u pacientů s pokročilým bronchogenním karcinomem*. Hradec Králové. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové. Vedoucí práce doc. PharmDr. Miloslav Hronek, Ph.D.
24. KŘÍŽOVÁ, J., 2016a. Energetický metabolismus. In: ZLATOHLÁVEK, L. et al. *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media., s. 47-54. ISBN 978-80-88129-03-5.
25. KŘÍŽOVÁ, J., 2016b. Umělá výživa. In: ZLATOHLÁVEK, L. et al. *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media., s. 285-294. ISBN 978-80-88129-03-5.
26. ŁAVIŇSKI, M. et al., 2015. Predicted versus measured resting energy expenditure in patients requiring home parenteral nutrition. *J Nut.* 31(11-12), 1328-1332. ISSN 0022-3166; 1541-6100 (elektronická verze).
27. MAŇÁK, J., 2012. Výživa a metabolická intervence v intenzivní péči. *Postgraduální medicína*. 14(5), 527-531. ISSN 1212-4184.
28. MAŠEK, Z., SCHNEIDERKA, P., 2004. Biochemické aspekty malnutrice a její léčby. In: SCHNEIDERKA, P. et al. *Kapitoly z klinické biochemie*. Praha: Karolinum, s. 290-306. ISBN 80-246-0678-X.
29. MIFFLIN MD., ST JEOR, ST. et al., 1990. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 51(2). 241-7. ISSN 0002-9165.



30. NOVÁK, F., 2013. Parenterální výživa. In: SZITÁNYI, P., TĚŠÍNKSY P. *Současné trendy v klinické výživě a intenzivní metabolické péči*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví., s. 46-54. ISBN 978-80-87023-22-8.
31. NOVÁK, F., MEISNEROVÁ, E., 2015. Domácí parenterální výživa v onkologii. Díl 6 – Síť center domácí parenterální výživy a péče o onkologické pacienty. *Klinická onkologie*. 28(6), 450-452. ISSN 0862-495X; 1802-5307 (elektronická verze).
32. OWEN, OE., 1988. Resting metabolit requirements of men and women. *Mayo Clin Proc*. 63(5). 503-10. ISSN 0025-6196.
33. PERTKIEWICZ, M., DUDRICK, S., 2011a. Peripheral parenteral nutrition. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 348-353. ISBN 978-80-7262-821-6.
34. PERTKIEWICZ, M., DUDRICK, S., 2011b. Central parenteral nutrition. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 353-356. ISBN 978-80-7262-821-6.
35. PERTKIEWICZ, M., SITGES-SERRA, A., DUDRICK, S., 2011. Complications associated with central catheter insertion and care. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 363-369. ISBN 978-80-7262-821-6.
36. Pracovní skupina pro domácí parenterální výživu, 2018. *Provádění DPV v ČR (3. Revize doporučení PSDPV)* [online]. SKVIMP - Společnost klinické výživy a intenzivní metabolické péče [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [www.skvimp.cz/soubory/Vstupy-pro-DPV-2.-revize-Brno-v-Praze-11.1.2018-KONCEPT-2.pptx](http://www.skvimp.cz/soubory/Vstupy-pro-DPV-2.-revize-Brno-v-Praze-11.1.2018-KONCEPT-2.pptx)
37. RUŠAVÝ, Z., 2010. Energetická bilance a nepřímá kalorimetrie. In: KOHOUT, P., RUŠAVÝ, Z., ŠERCLOVÁ, Z. *Vybrané kapitoly z klinické výživy I*. Praha: Forsapi., s. 13-18. ISBN 978-80-87250-08-2.
38. RUŠAVÝ, Z., 2008. Parenterální výživa. In: SVAČINA, Š. et al. *Klinická dietologie*. Praha: Grada., s. 67-70. ISBN 978-80-247-2256-6; 978-80-247-7031-4 (elektronická verze)

39. SADÍLKOVÁ, A., 2017. *Stanovení hodnoty klidového energetického výdeje u osob s obezitou*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 1. Lékařská fakulta. Vedoucí práce MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.
40. SKALLERUP, A. et al., 2016. Can We Rely on Predicted Basal Metabolic Rate in Patients With Intestinal Failure on Home Parenteral Nutrition?. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 41(7), 1139-1145. ISSN: 1941-2444; DOI 10.1177/0148607116657648.
41. SKVIMP, ©2019. *Domácí parenterální výživa* [online]. Společnost klinické výživy a intenzivní metabolické péče [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.skvimp.cz/pracovni-skupiny/domaci-parentalni-vyziva/>
42. SOBOTKA, L., WANTEN, G., CAMILO, M., 2011. Metabolic complications of parenteral nutrition. In: SOBOTKA, L., *Basics in clinical nutrition*. Praha: Galén., s. 411-417. ISBN 978-80-7262-821-6.
43. STAUN, M. et al., 2009. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Home Parenteral Nutrition (HPN) in adult patient. *Clinical Nutrition*. 28(4), 467-479. ISSN 0261-5614.
44. SVAČINA, Š., 2012. Poruchy výživy. In: KELNER, P. et al. *Vnitřní lékařství, čtvrté přepracované vydání*. Praha: Galén., s. 813-839. ISBN 978-80-7262-857-5.
45. ŠENKYŘÍK, M., 2015. Domácí nutriční péče v České republice. *Vnitřní lékařství*. 61(7-8), 691-694. ISSN 0042-773X; 1801-7592 (elektronická verze).
46. ŠENKÝŘ, M., GOJDA, J., DOLINA, J., KRŠEK, M., ©2019. Registr domácí parenterální výživy [online]. [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/105792302-Registr-domaci-parenteralni-vyzivy.html>
47. ŠVRČKOVÁ, A., 2014. *Energetický výdej u kriticky nemocných pacientů*. Hradec Králové. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové. Vedoucí práce Doc. PharmDr. Miloslav Hronek Ph.D.
48. VERNET, O. et al., 1986, Enteral versus parenteral nutrition: comparison of energy metabolism in lean moderately obese women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 43(2), 194-209. ISSN 0002-9165.

49. VÍŠEK, J. et al., 2012. Péče o tunelizované žilní katétry u nemocných na domácí parenterální výživě podle současných doporučení. *Vnitřní lékařství*. 58(12), 955-957. ISSN 0042-773X; 1801-7592 (elektronická verze).
50. VYROUBAL, P., ZADÁK, Z., 2009. Umělá výživa v klinické praxi. Část 2. - Nutriční podpora. *Fons. Informační bulletin*. 19(2), 26-32. ISSN 1211-7137.
51. ZDRAVOTNICTVÍ A MEDICÍNA, 2017, domácí parenterální výživa u pacientů s pokročilým karcinomem žaludku. 2017(2 sestra), 27. ISSN 2336-2987.
52. ZEZULA, R., WOHL, P., WOHL, P., 2006. Hodnocení metabolického a nutričního stavu nemocných. *Medicína pro praxi*. 3(1), 12-14. ISSN 1214-8687; 1803-5310 (elektronická verze)
53. ŽOUREK, M., ČECHUROVÁ, D., KOVÁŘOVÁ, K., 2015. Domácí parenterální výživa v onkologii. Díl 2 – Kdy indikovat domácí parenterální výživu. *Klinická onkologie*. 28(2), 139-140. ISSN 0862-495X; 1802-5307 (elektronická verze).

## Seznam tabulek, grafů a příloh

Tabulka 2 – Faktory ovlivňující velikost celkového energetického výdeje

Tabulka 2 – Ideální a akceptovatelné podmínky pro měření nepřímé kalorimetrie

Tabulka 3 – Obvyklé hodnoty z nepřímé kalorimetrie

Tabulka 4 – Obvyklé hodnoty NRQ a jeho vztah k metabolismu nutričních substrátů

Tabulka 5 – Je-li možné stanovit hodnotu odpadního dusíku

Tabulka 6 – Není-li možné stanovit hodnotu odpadního dusíku

Tabulka 7 – Podíl ze sacharidů (CH)

Tabulka 8 – Podíl z tuků (FAT)

Tabulka 9 – Podíl z bílkovin (PRO)

Tabulka 10 – Metabolické komplikace parenterální výživy a jejich prevence a léčiva

Tabulka 11 – Základní charakteristika pacientů

Tabulka 12 – Výsledky BMR z indirektní kalorimetrie a predikčních rovnic

Tabulka 13 – Výsledky REE z indirektní kalorimetrie a predikčních rovnic

Tabulka 14 – Predikční rovnice pro výpočet Bazálního energetického výdeje (BMR) a klidového energetického výdeje (REE)

Tabulka 15 – Hodnoty t-testu pro BMR popisující vztah mezi měřením BMR a vypočteným BMR

Tabulka 16 – Hodnoty t-testu pro REE popisující vztah mezi měřením BMR a vypočteným REE

Graf 1 – Přehled výsledných průměrných hodnot REE a BMR z predikčních rovnic a indirektní kalorimetrie

Graf 2 – Rozdíl mezi jednotlivými naměřenými hodnotami BMR a REE od každého pacienta

Graf 3 – Procentuální rozdíl mezi naměřenými hodnotami BMR a REE od každého pacienta

Graf 4 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR a vypočteným BMR Harris-Benedictovou rovnicí

Graf 5 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a vypočteným REE Harris-Benedictovou rovnicí

Graf 6 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR a vypočteným BMR Owenovou rovnicí

Graf 7 - Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a vypočteným REE Owenovou rovnicí

Graf 8 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR a vypočteným BMR Mifflin-St Jeorovou rovnicí

Graf 9 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a vypočteným REE Mifflin-St Jeorovou rovnicí

Graf 10 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným BMR a vypočteným BMR Ireton-Jonesovo rovnicí

Graf 11 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a vypočteným REE Ireton-Jonesovo rovnicí

Graf 12 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a doporučením ESPEN pro REE

Graf 13 – Bland-Altmanův graf popisující vztah mezi měřeným REE a doporučením ESPEN pro REE

Graf 14 – Nadhodnocení nebo podhodnocení predikčních rovnic/doporučení ESPEN pro BMR a REE oproti hodnotám z nepřímé kalorimetrie

Příloha 1 – Základní údaje pacientů

Příloha 2 – Výsledky měření a propočtů BMR všech pacientů

Příloha 3 – Výsledky měření a propočtů REE všech pacientů

Příloha 4 – Procentuální rozdíl mezi naměřenými hodnotami BMR a REE

Příloha 5 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 1

Příloha 6 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 4

Příloha 7 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 8

Příloha 8 – Souhlas etické komise VFN v Praze

# Přílohy

## Příloha 1 – Základní údaje pacientů

Pacient	Pohlaví	Věk (roky)	Váha (kg)	Výška (cm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Pacient č. 1	Žena	61,00	57,00	160,00	22,30
Pacient č. 2	Muž	73,00	73,00	171,00	25,00
Pacient č. 3	Muž	39,00	86,00	175,00	28,10
Pacient č. 4	Žena	76,00	71,00	144,00	34,20
Pacient č. 5	Muž	59,00	78,00	182,00	23,50
Pacient č. 6	Muž	41,00	73,00	175,00	23,80
Pacient č. 7	Žena	48,00	52,00	156,00	21,40
Pacient č. 8	Muž	38,00	43,70	172,00	14,80
Pacient č. 9	Žena	45,00	64,00	156,00	26,30
Pacient č. 10	Žena	72,00	67,00	158,00	26,80

Příloha 2 – Výsledky měření a propočtů BMR všech pacientů

Pacient	BMR - Nepřímá kalorimetrie (kcal/den)	BMR Harris- Benedictova rovnice (kcal/den)	BMR Owenova rovnice (kcal/den)	BMR Mifflin- St Jeorova rovnice (kcal/den)	BMR Ireton- Jonesova rovnice (kcal/den)
Pacient č. 1	1200,00	1225,67	1204,26	1108,31	1383,00
Pacient č. 2	1622,00	1431,77	1623,60	1443,86	1651,00
Pacient č. 3	2424,00	1860,36	1756,20	1790,58	2350,00
Pacient č. 4	1268,00	1260,97	1304,78	1074,37	959,00
Pacient č. 5	1630,00	1650,20	1674,60	1631,44	1930,00
Pacient č. 6	1492,00	1668,89	1623,60	1626,30	2003,00
Pacient č. 7	1159,00	1230,86	1168,36	1097,32	1401,00
Pacient č. 8	1418,00	1270,50	1324,74	1329,60	1303,50
Pacient č. 9	1390,00	1360,70	1254,50	1231,96	1734,00
Pacient č. 10	1188,00	1266,90	1276,06	1141,60	1512,00

Příloha 3 – Výsledky měření a propočtů REE všech pacientů

Pacient	REE - Nepřímá kalorimetrie (kcal/den)	REE Harris- Benedictova rovnice (kcal/den)	REE Owenova rovnice (kcal/den)	REE Mifflin-St Jeorova rovnice (kcal/den)	REE Ireton- Jonesova rovnice (kcal/den)	REE Doporučení ESPEN 20 kcal/kg/den	REE Doporučení ESPEN 35 kcal/kg/den
Pacient č. 1	1135,00	1220,96	1204,26	1105,00	1383,00	1140,00	1995,00
Pacient č. 2	1689,00	1431,19	1623,60	1483,75	1651,00	1460,00	2555,00
Pacient č. 3	1883,00	1860,30	1756,20	1763,75	2350,00	1720,00	3010,00
Pacient č. 4	1184,00	1255,09	1304,78	1069,00	959,00	1420,00	2485,00
Pacient č. 5	1887,00	1649,82	1674,60	1627,50	1930,00	1560,00	2730,00
Pacient č. 6	1753,00	1668,00	1623,60	1623,75	2003,00	1460,00	2625,00
Pacient č. 7	1224,00	1226,53	1168,36	1094,00	1401,00	1040,00	1820,00
Pacient č. 8	1088,00	1270,40	1324,74	1327,00	1303,50	874,00	1529,50
Pacient č. 9	1332,00	1355,30	1254,50	1229,00	1734,00	1280,00	2240,00
Pacient č. 10	1511,00	1261,45	1276,06	1136,50	1512,00	1340,00	2345,00



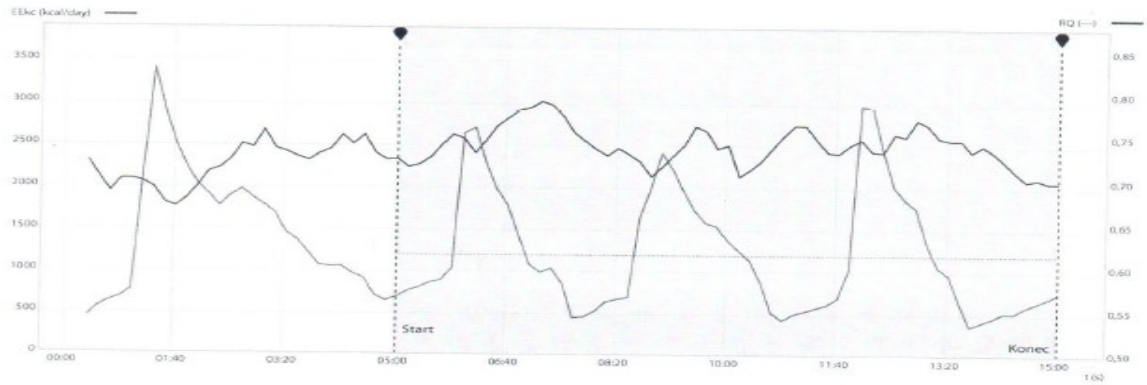
Příloha 4 - Procentuální rozdíl mezi naměřenými hodnotami BMR a REE

Pacient	BMR – Nepřímá kalorimetrie (kcal/den)	REE - Nepřímá kalorimetrie (kcal/den)	Rozdíl mezi BMR a REE (%)
Pacient č. 1	1200,00	1135,00	5,73
Pacient č. 2	1622,00	1689,00	4,13
Pacient č. 3	2424,00	1883,00	28,73
Pacient č. 4	1268,00	1184,00	7,09
Pacient č. 5	1630,00	1887,00	15,77
Pacient č. 6	1492,00	1753,00	17,49
Pacient č. 7	1159,00	1224,00	5,61
Pacient č. 8	1418,00	1088,00	30,33
Pacient č. 9	1390,00	1332,00	4,35
Pacient č. 10	1188,00	1511,00	27,19

Příloha 5 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 1

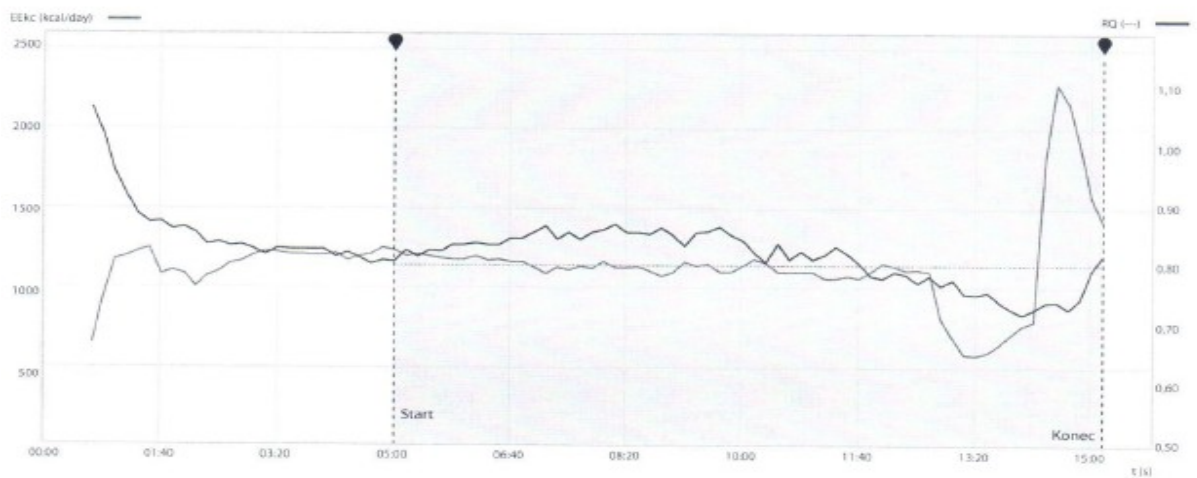
Metabolické		Měř.	Před	% CV	Třída
RMR	kcal/day	1200	1211	59,7	
RQ	---	0,74	0,85	3	
VO <sub>2</sub>	mL/min	181	200	57,8	
VCO <sub>2</sub>	mL/min	135	170	57,9	
Ventilační		Měř.	% CV		
VP	L/min	22,1	58,6		
FeO <sub>2</sub>	%	19,91	1,3		
FeCO <sub>2</sub>	%	0,83	22,8		
Substráty		Měř.			
FAT%	%	53,9			
CHO%	%	3,0			
PRO%	%	43,1			

**1**  
**BMR**  
**Pohlaví: ŽENA**  
**Věk: 61 let**  
**Váha: 57 kg**  
**Výška: 160 cm**  
**BMR: 22,3 kg/m<sup>2</sup>**



Metabolické		Měř.	Před	% CV	Třída
RMR	kcal/day	1135	1211	26,6	
RQ	---	0,82	0,85	5,3	
VO <sub>2</sub>	mL/min	169	200	26,1	
VCO <sub>2</sub>	mL/min	138	170	24,2	
Ventilační		Měř.	% CV		
VP	L/min	21,7	22,7		
FeO <sub>2</sub>	%	19,99	0,7		
FeCO <sub>2</sub>	%	0,82	11,1		
Substráty		Měř.			
FAT%	%	41,6			
CHO%	%	23,4			
PRO%	%	34,9			

**1**  
**REE**



Příloha 6 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 4

Metabolické				Měř.	Před	% CV	Třída
RMR	kcal/day	1268	1245	54,9			
RQ	---	0,74	0,85	5,1			
VO <sub>2</sub>	mL/min	191	248	53,6			
VCO <sub>2</sub>	mL/min	141	211	51,4			
Ventilační				Měř.	% CV		
VP	L/min	22,5	45,9				
FeO <sub>2</sub>	%	19,91	1,4				
FeCO <sub>2</sub>	%	0,83	24,7				
Substráty				Měř.			
FAT%	%	55,9					
CHO%	%	4,8					
PRO%	%	39,5					

**4**

**BMR**

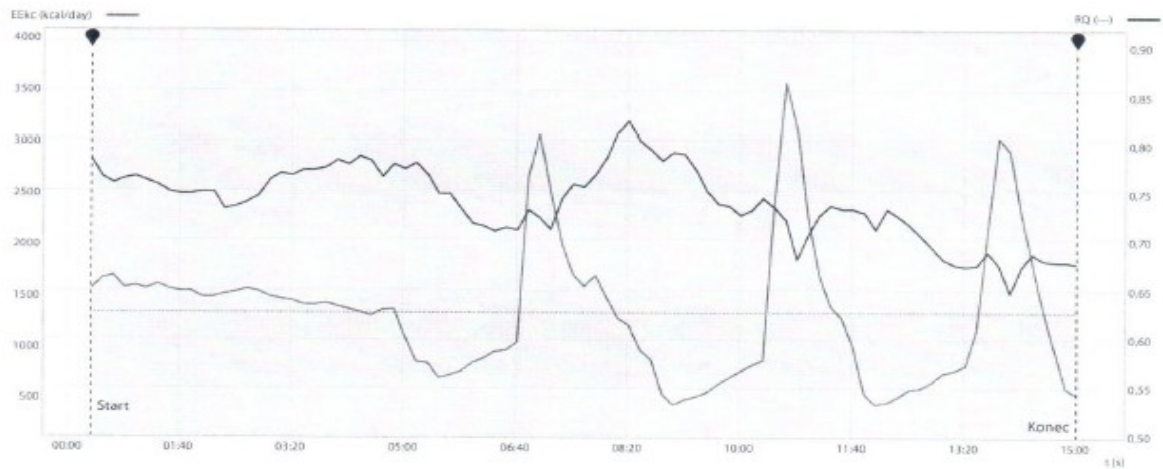
**Pohlaví: ŽENA**

**Věk: 76 let**

**Váha: 71 kg**

**Výška: 144 cm**

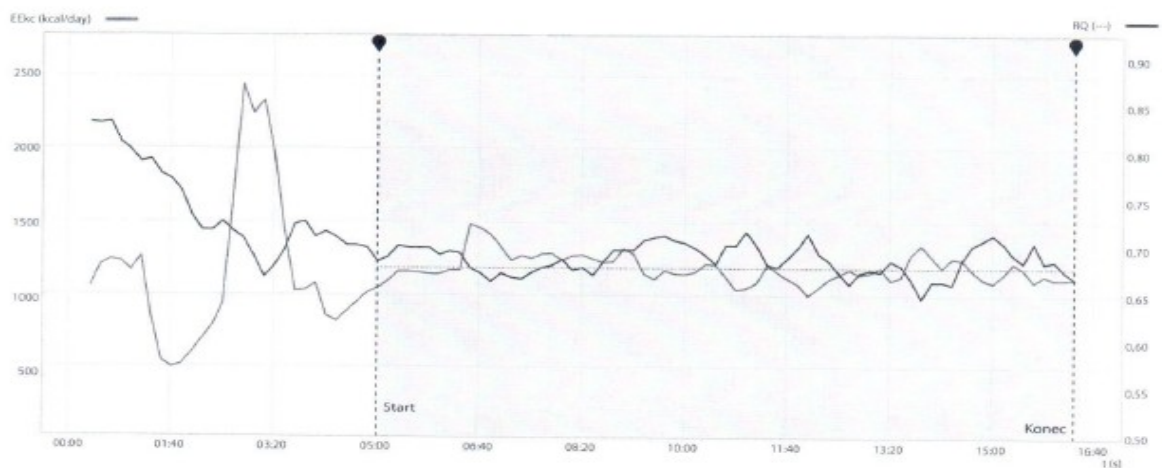
**BMR: 34,2 kg/m<sup>2</sup>**



Metabolické				Měř.	Před	% CV	Třída
RMR	kcal/day	1184	1245	7,9			
RQ	---	0,69	0,85	2,2			
VO <sub>2</sub>	mL/min	181	248	7,9			
VCO <sub>2</sub>	mL/min	125	211	6,8			
Ventilační				Měř.	% CV		
VP	L/min	18,3	9				
FeO <sub>2</sub>	%	19,76	0,7				
FeCO <sub>2</sub>	%	0,88	11,5				
Substráty				Měř.			
FAT%	%	68,9					
CHO%	%	0,0					
PRO%	%	31,1					

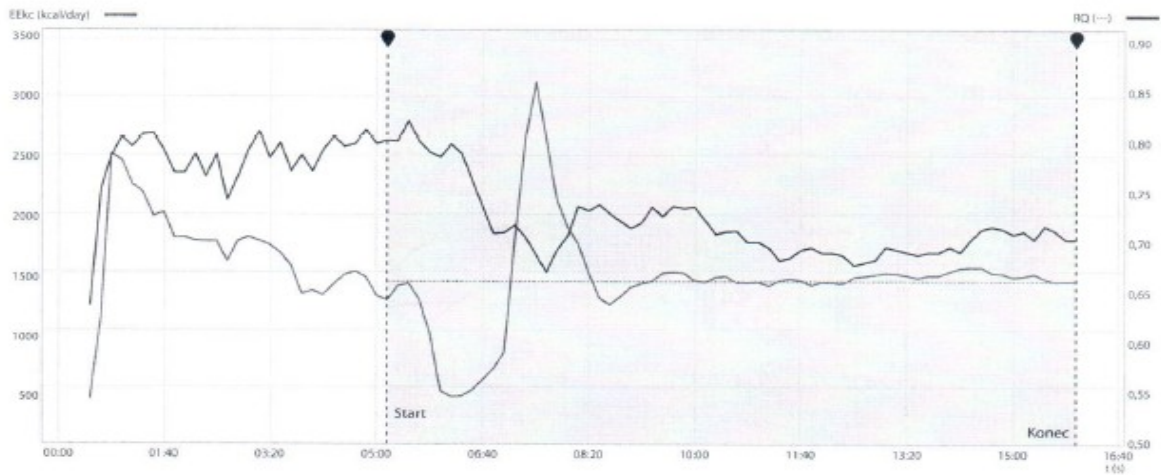
**4**

**REE**

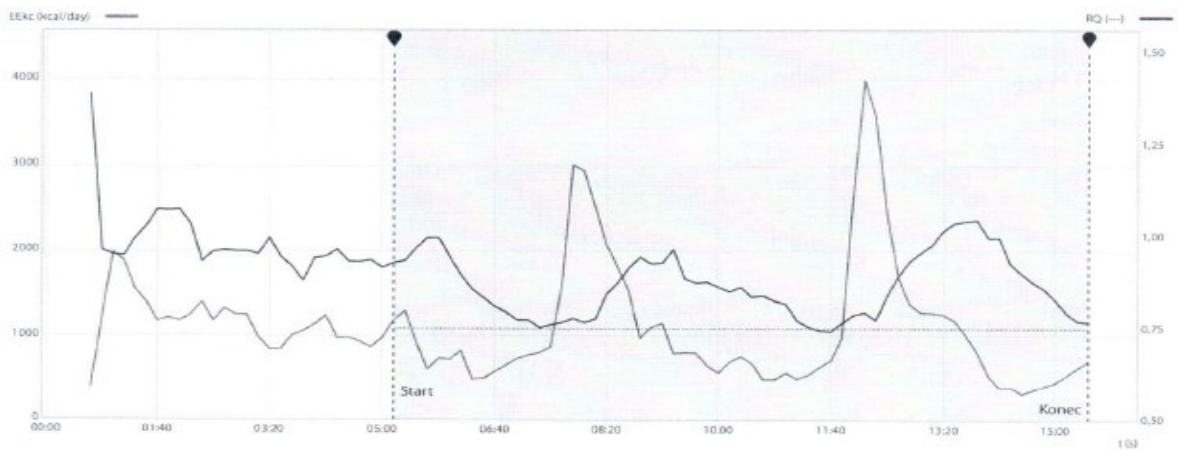


Příloha 7 – Výsledky měření z nepřímého kalorimetru pacienta č. 8

Metabolické				Měř.	Před	% CV	Třída	8 BMR Pohlaví: MUŽ Věk: 38 let Váha: 43,70 kg Výška: 172 cm BMR: 14,8 kg/m <sup>2</sup>
RMR	kcal/day	1418	1271	31				
RQ	---	0,72	0,85	4,8				
VO <sub>2</sub>	mL/min	214	153	30,4				
VCO <sub>2</sub>	mL/min	153	130	28,8				
Ventilační				Měř.	% CV			
VP	L/min	24,4	26,3					
FeO <sub>2</sub>	%	19,89	1					
FeCO <sub>2</sub>	%	0,84	16,3					
Substráty				Měř.				
FAT%	%	68,7						
CHO%	%	1,6						
PRO%	%	29,7						



Metabolické				Měř.	Před	% CV	Třída	8 REE
RMR	kcal/day	1088	1271	73,2	Pomalý			
RQ	---	0,87	0,85	9,9				
VO <sub>2</sub>	mL/min	160	153	71,7				
VCO <sub>2</sub>	mL/min	137	130	66,3				
Ventilační				Měř.	% CV			
VP	L/min	25,0	52,8					
FeO <sub>2</sub>	%	20,12	1,7					
FeCO <sub>2</sub>	%	0,75	33,2					
Substráty				Měř.				
FAT%	%	23,3						
CHO%	%	29,3						
PRO%	%	47,6						



Příloha 8 – Souhlas etické komise VFN v Praze

Etická komise  
Všeobecná fakultní nemocnice v Praze  
ETHICS COMMITTEE  
of the General University Hospital, Prague

Na Bojišti 1  
128 08 Praha 2  
tel.: 224964131  
e-mail: eticka.komise@vfn.cz

Vážená paní  
Bc. Andrea Neradová  
U Hvizdařů 17  
370 11 České Budějovice

3.12.2018  
č.j.: 1953/18 S-IV

Etická komise VFN projednala na svém zasedání 15.11.2018 Vámi předložený individuální výzkum č.j. 1953/18 S-IV – diplomovou práci

Název studie/Title of CT: Nepřímá kalorimetrie u pacientů s domácí parenterální výživou.

Žadatel/ Applicant: Bc. Andrea Neradová, IV. Interní klinika VFN a 1. LF UK v Praze, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2

Lhůta pro podání písemné zprávy o průběhu KH od jeho zahájení/ Time schedule for submission of the written Annual Report:  1x ročně/Once a year  Jiná lhůta/Other

Úhrada nákladů spojených s posouzením žádosti a vydáním stanoviska /Reimbursement of costs related to assessment of the EC:  Ano/Yes  Ne, důvod/No, reasons: Nesponzorovaný projekt

Datum doručení žádosti / Date of submission of the Application Form: 5.11.2018

Datum jednání EK+čas/Date and time of Ethics Committee's session: 15.11.2018 (15,30 – 18,15 hod.) – pozastaveno pro připomínky, zaslány e-mailem, po opravě a kontrole lze vydat stanovisko bez zasedání. Opravené dokumenty dodány 29.11.2018 pod č.j. 2093/18 IS. Po kontrole 3.12.2018 vydán souhlas.

Seznam míst hodnocení s označením míst, ke kterým se EK vyjádřila jako místní EK a kde vykonává dohled

Místo hodnocení / Justice knowledgeable Trial Site / Name of Investigator	Místní EK Local EC	Adresa místní EK Address
Bc. Andrea Neradová, IV. Interní klinika VFN a 1. LF UK v Praze, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2	<input checked="" type="checkbox"/>	EK při VFN, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2

Seznam hodnocených dokumentů / List of all submitted documents:

Název dokumentu, verze, datum Document title, version, date	Schváleno /Approved		Na vědomí / Taken into account	
	ANO Yes	NE No	ANO Yes	NE No
Průvodní dopis, nedatován	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zkrácený formulář EK VFN k neintervenci doznaníkové studii ze dne 1.11.2018	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Žádost o doznaníkovou akci se souhlasem vedení pracoviště ze dne 2.11.2018	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informace pro pacienta, bez data	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Čestné prohlášení o provádění výzkumu, nedatováno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Souhlas se shromažďováním a zpracováním osobních údajů	Dokument doručen			
Životopis hlavní zkoušející: Bc. Andrea Neradová	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2093/18 IS			
Průvodní dopis ze dne 29.11.2018	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informace a informovaný souhlas, bez data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Stanovisko etické komise:

EK vydává / EC issues

- Souhlasné stanovisko/Favourable opinion  
 Nesouhlasné stanovisko/Unfavourable opinion

EK VFN vydává souhlasné stanovisko k provedení individuálního výzkumu – diplomové práce na IV. Interní klinice 1. LF UK a VFN v Praze.

Podpis předsedy EK / Signature of Chairperson

Etická komise  
Všeobecná fakultní nemocnice  
v Praze  
Na Bojišti 1  
128 08 Praha 2

MUDr. Josef ŠEDIVÝ, CSc.

