

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



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**HODNOCENÍ DUSÍKOVÉ BILANCE U  
VENTILOVANÝCH POLYTRAUMATIZOVANÝCH  
PACIENTŮ NA JIP.**

**TEREZA SLOVÁKOVÁ**

**Vedoucí diplomové práce: doc. PharmDr. MILOSLAV HRONEK, Ph. D.**

**HRADEC KRÁLOVÉ, 2018**

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu této diplomové práce doc. PharmDr. Miloslavu Hronkovi, Ph.D. za jeho vstřícný a trpělivý přístup a cenné rady při psaní diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat MUDr. Eduardu Havlovi, Ph.D. a celému zdravotnickému týmu JIP FN HK za umožnění a pomoc při vyšetřování pacientů. Poděkování patří také Mgr. Věře Joskové a Mgr. Anně Patkové za rady a spolupráci při vyšetřování pacientů.

„Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem. Veškerá literatura a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a v práci jsou řádně citovány. Práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného titulu.“

V Hradci Králové

Datum:

Tereza Slovákova

# 1. OBSAH

1. Obsah .....	4
2. ABSTRAKT.....	6
3. ABSTRACT .....	7
4. ÚVOD .....	8
5. ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE – CÍL PRÁCE .....	9
6. TEORETICKÁ ČÁST .....	10
6.1 Charakteristika polytraumatu .....	10
6.1.1 AIS (Abbreviated Injury Scale).....	10
6.1.2 ISS (Injury Severity Score) .....	11
6.1.3 APACHE (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation) .....	12
6.2 JIP (Jednotka intenzivní péče) .....	13
6.3 Umělá plicní ventilace (UPV).....	14
6.3.1 Rizika UPV.....	15
6.3.2 Způsoby zajištění dýchacích cest pro UPV .....	15
6.3.3 Typy UPV ventilací.....	16
6.4 Metabolizmus u polytraumatických pacientů .....	17
6.4.1 Proteiny a aminokyseliny .....	19
6.4.2 Dusíková bilance.....	21
6.4.3 Energetická bilance .....	22
6.5 Nutriční podpora v intenzivní péči .....	30
6.5.1 Underfeeding .....	30
6.5.2 Overfeedenig.....	31
6.6 Doporučení a guidelines.....	31
7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	34
7.1 Metodická část .....	34
7.1.1 Charakteristika studie .....	34

7.1.2	Nepřímá (indirektní) kalorimetrie .....	35
7.1.3	Nutriční podpora .....	38
7.1.4	Statistická analýza .....	38
7.2	Výsledky .....	39
7.2.1	Energetický výdej a oxidace nutričních substrátů.....	39
7.2.2	Výživa a bilance .....	44
7.2.3	Korelační analýza.....	47
7.2.4	Regresní analýza.....	49
8.	DISKUSE.....	50
9.	ZÁVĚR.....	52
10.	POUŽITÉ ZKRATKY .....	53
11.	SEZNAM TABULEK.....	54
12.	SEZNAM GRAFŮ .....	54
13.	SEZNAM ROVNIC.....	55
14.	POUŽITÁ LETERATURA .....	56

## 2. ABSTRAKT

Cílem práce bylo zhodnocení vlivu podávané nutriční podpory na energetický výdej a oxidaci nutričních substrátů se zaměřením na proteiny a dusíkovou bilanci u ventilovaných polytraumatizovaných pacientů hospitalizovaných na jednotce intenzivní péče.

Do práce bylo zařazeno 15 pacientů v kritickém stavu (12 mužů a 3 ženy), jejich průměrný věk byl  $43,6 \pm 17,5$  let. 7 pacientů bylo měřeno nalačno, 8 pacientů po podání hypokalorické nutriční podpory. Vyšetření pacientů nalačno probíhalo nejméně po 4 hodinách lačnění a vyšetření pacientů na nutriční podpoře nejméně po 4 hodinách od nasazení nutriční podpory. Pro určení energetického výdeje, klidového energetického výdeje a oxidace nutričních substrátů byla použita nepřímá kalorimetrie.

Statistickou analýzou naměřených dat bylo zjištěno, že podávání hypokalorické nutriční podpory nemělo podstatný vliv na míru oxidace jednotlivých nutričních substrátů. Příjem proteinů souvisel s celkovou dusíkovou bilancí ( $p = 0,0004$ ) a stavem svaloviny ( $p = 0,0004$ ). Výsledky naznačují, že podané proteiny byly částečně využity jako energetický substrát namísto proteinů ze svaloviny a částečně byly využity jiným způsobem, např. k reparaci tkání. Podávaná nutriční podpora se tak podílela na snížení rizik a zlepšení prognózy polytraumatizovaných ventilovaných pacientů.

Dále bylo zjištěno, že hypokalorická nutriční podpora podávaná 2.–6. den po traumatu pokrývala v průměru 81 % energetického výdeje organismu. Obsahovala odpovídající množství sacharidů (106 %), nižší množství lipidů (54 %) a proteinů (57 %).

**Klíčová slova:** dusíková bilance, nutriční podpora, polytrauma, JIP

### 3. ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of nutritional support on energy expenditure and nutritional substrates oxidation, focused on proteins and nitrogen balance, in ventilated polytraumatized patients hospitalized in the intensive care unit.

The study was performed on 15 critically ill patients (12 men and 3 women), their average age was  $43,6 \pm 17,5$  years. 7 patients were examined without nutritional support, 8 patients were examined after administration of hypocaloric nutritional support. The examination of fasting patients was conducted after at least 4 hours of fasting. The examination of patients with nutritional support were conducted after at least 4 hours of nutritional support administration. Energy expenditure, resting energy expenditure and nutritional substrates oxidation were measured by indirect calorimetry.

After statistical analysis of measured data was found, that administration of hypocaloric nutritional support did not significantly influence nutritional substrates oxidation. Protein intake correlated with total nitrogen balance ( $p = 0,0133$ ) and muscular condition. Results suggest, that administered proteins were partly used as source of energy instead of muscle protein and partly used a different way, e.g. for tissue reparation. Therefore, nutritional support administration was involved in risk minimalization and prognosis improvement of polytraumatized ventilated patients.

Hypocaloric nutritional support administered from 3<sup>rd</sup> to 6<sup>th</sup> day of trauma covered approximately 81 % of energy expenditure. It contained sufficient amount of carbohydrates (106 %), low amount of lipids (54 %) and proteins (57 %).

**Keywords:** nitrogen balance, nutritional support, polytrauma, ICU

## 4. ÚVOD

Kriticky nemocní pacienti léčení na jednotkách intenzivní péče (JIP) jsou často v ohrožení života a péče o ně je spojena s nebezpečím komplikací. Nutriční podpora jako součást komplexní terapie má na jejich prognózu velký vliv.

Bylo zjištěno, že kriticky nemocní pacienti na jednotkách intenzivní péče nejvíce profitují v případě, že podávaná nutriční podpora co nejpřesněji odpovídá potřebám jejich těla. (Klein et al., 1998; Wichansawakun et al., 2015) Metabolismus v kritickém stavu se od fyziologického stavu velmi liší a mění se v průběhu onemocnění a jeho léčby. V počáteční hypometabolické fázi je podávané množství nutriční podpory obvykle dostatečné, i když poměr energetických substrátů nemusí být optimální. Okolo pátého dne po traumatu metabolismus obvykle přechází do hypermetabolické fáze, kde jsou pacienti často ohroženi malnutricí (dle některých studií až 40 % pacientů). (Plank et al., 2003) Nedostatečná nutriční podpora pak vede ke zpomalení regenerace a zhoršení prognózy. Velký vliv má nedostatečný příjem proteinů, který vede ke katabolismu svalové hmoty, zhoršení imunitní funkce a celkové prognózy. Zvláště závažný je úbytek svaloviny u uměle ventilovaných pacientů, protože oslabení dýchacích svalů oddaluje (někdy až znemožňuje) jejich odpojení od ventilátoru a prodlužuje dobu strávenou na JIP. (Zadák et al., 2008)

Existuje řada metod, jak určit energetický výdej a potřebu jednotlivých energetických substrátů. Zlatým standardem zůstává nepřímá kalorimetrie, která je ale finančně, časově i technicky náročná a samotné její provedení je pro pacienty často nepříjemné a stresující. V situacích, kdy není dostupný nepřímý kalorimetr, je možné použít výpočtové metody (predikční rovnice) pracující s různými parametry pacienta. Ty ale umožňují pouze odhad, který nemusí vždy odpovídat skutečným energetickým potřebám organismu.

Protože metabolismus bílkovin hraje při léčbě polytraumat velkou roli, je co nejpřesnější zjištění dusíkové bilance důležité. Stávající metody určení dusíkové bilance jsou bohužel značně nepřesné a jejich zdokonalení je v současné době předmětem odborných diskuzí.



## **5. ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE – CÍL PRÁCE**

Metabolismus polytraumatizovaných pacientů hospitalizovaných na JIP je velmi individuální a mění se v průběhu léčby. Optimální množství a složení nutriční podpory podávané v kritickém stavu je v současné době předmětem mnoha odborných diskuzí.

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv podávané hypokalorické nutriční podpory na energetický výdej, oxidaci jednotlivých nutričních substrátů s důrazem na proteiny a dusíkovou bilanci polytraumatizovaných ventilovaných pacientů hospitalizovaných 2.–6. den na JIP.

## 6. TEORETICKÁ ČÁST

### 6.1 Charakteristika polytraumatu

Jako **polytrauma** se označuje postižení dvou a více orgánových systémů současně, kdy minimálně jedno poranění ohrožuje pacienta na životě.

Naopak **sdrúžené poranění** je postižení několika tělních systémů, ale bez přímého ohrožení na životě.

**Monotrauma** je definováno jako postižení jednoho tělního systému, které pacienta přímo ohrožuje na životě.

V klinické praxi je polytrauma nejčastější příčinou úmrtí pacientů do 40 let. (Bartůněk et al., 2016)

Pro hodnocení závažnosti akutního stavu, traumat, rizika komplikací a úmrtí existuje několik skórovacích systémů. Mimo jiné slouží k definování kohort pacientů pro vědecké studie, hodnocení kvality péče a nákladů. Níže jsou popsány pouze tři z nich – AIS, ISS a APACHE. (ZADÁK et al., 2017)

#### 6.1.1 AIS (Abbreviated Injury Scale)

AIS je nejstarší systém pro hodnocení traumat. Zranění hodnotí ze tří pohledů – lokace, typ a závažnost. Závažnost je posuzována ve vztahu k ohrožení života. Výsledkem hodnocení je sedmimístný kód pro každou hodnocenou oblast. Pokud je v dané oblasti více různých zranění, má každé svůj vlastní kód. První číslice vyjadřuje, která část těla je postižena. Druhá číslice určuje typ postižené tkáně (např. kosti, cévy, nervy atd.) Třetí a čtvrtá číslice blíže specifikuje typ tkáně i lokaci (např. hrudní páteř). Pátá a šestá číslice popisuje typ zranění (např. fraktura, kontuze). Poslední číslice na stupnici od 1 do 6 vyjadřuje závažnost poranění. Číslo 1 znamená lehké poranění bez ohrožení života, číslo 6 poranění neslučitelné se životem. Na posledním místě kódu je výjimečně možné použít i číslo 9, které znamená, že není dostatek informací pro hodnocení. Systém byl od doby, kdy se začal používat, už několikrát upravován a aktualizován a stal se základem pro další systém hodnocení traumat, ISS (Injury Severity Score). (Brohi, 2007; The Association for the Advancement of Automotive Medicine)

### 6.1.2 ISS (Injury Severity Score)

ISS je další systém pro hodnocení závažnosti traumat a vychází ze systému AIS. Výsledkem hodnocení není několikanásobný kód, ale pouze jedno číslo. Výpočet probíhá tak, že jsou podle systému AIS vybrány tři nejvíce postižené oblasti. Rozdíl oproti AIS je v počtu oblastí. Tělo je v systému ISS rozděleno pouze do 7 oblastí (AIS rozlišuje 9). Některé oblasti, které jsou v AIS oddělené, jsou v ISS hodnoceny dohromady. Konkrétně se jedná o hlavu a krk, horní a dolní končetiny. Pokud je v jedné oblasti více různých zranění, započítává se se to nejzávažnější. Důležité je tedy poslední číslo v kódu, které nabývá hodnot 1 až 6. Jestliže mají čísla hodnotu od 1 do 5, udělá se součet druhých mocnin těchto čísel. Hodnota ISS může být číslo od 1 do 75. Pokud je některé ze tří čísel rovno 6 (neslučitelné se životem), hodnota ISS je automaticky 75. Když je výsledná hodnota ISS větší nebo rovna 15, jedná se o polytrauma. Vzorec pro výpočet ISS uvádí rovnice 1.

Nevýhodou systému ISS je fakt, že nevypovídá o typu nebo lokaci poranění. Pouze o celkovém riziku. Různí pacienti s odlišnými traumaty v jiných částech těla mohou dosáhnout stejné hodnoty ISS. Další nevýhodou je, že chyby udělané při hodnocení podle AIS se promítnou do výsledku ISS a zkreslí jej. Naopak výhodou systému je jednoduchost a rychlost. (Brohi, 2007; Baker et al. 1974)

#### **Rovnice 1: Výpočet ISS**

$$ISS = A^2 + B^2 + C^2$$

*A, B, C...hodnota poslední číslice AIS kódu nejvíce postižených oblastí*

(Brohi, 2007)

### 6.1.3 APACHE (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation)

APACHE II patří mezi systémy používané na jednotkách intenzivní péče, tzv. ICU scoring systems (intensive care unit scoring systems). Slouží k odhadu morbidit, mortality a délky přežití u kriticky nemocných pacientů při přijetí. K výpočtu se používají informace nasbírané za prvních 24 hodin.

Systém hodnotí stav pacienta ze dvou pohledů. Prvním je závažnost akutního onemocnění, druhým celkový zdravotní stav včetně chronických onemocnění. Pohled je tak komplexnější než u předchozích uvedených systémů.

Systém APACHE byl poprvé představen v roce 1981. Od té doby byl několikrát upravován a zdokonalován.

Hodnotu APACHE II získáme součtem tří bodových hodnot. První složkou je bodové skóre věku. Pokud je pacientovi 44 let nebo méně, je skóre 0. Od 45 let se s narůstajícím věkem v určitých intervalech skóre zvyšuje. Druhou složkou je akutní fyziologické skóre (APS; Acute Physiology Score), které hodnotí parametry jako teplotu, tlak,  $pO_2$ ,  $pCO_2$ , srdeční frekvenci, dechovou frekvenci, některé výsledky laboratorního vyšetření atd. Čím víc se sledované hodnoty liší od fyziologických hodnot (jsou vyšší nebo nižší), tím je bodové skóre vyšší. Pro každý sledovaný parametr jsou stanoveny intervaly s přiřazenými body. Poslední složkou je bodové skóre předchozího stavu a chronických onemocnění. Zohledňují se orgánové insuficience, prodělané operace a stav imunity. Výsledkem je číslo od 0 do 71. Čím vyšší skóre je, tím je stav závažnější. Z hodnoty APACHE II lze jednoduchým výpočtem získat i pravděpodobnost úmrtí uvedenou v procentech. Závislost pravděpodobnosti úmrtí na hodnotě APACHE II není lineární, ale logaritmická. (Knaus et al., 1985; Jabor, 2008)

## **6.2 JIP (Jednotka intenzivní péče)**

Jednotka intenzivní péče je specializované oddělení nemocnice, ve kterém je poskytována intenzivní zdravotnická péče. Je určeno k péči o pacienty, které přímo ohrožuje selhávání základních životních funkcí nebo je u nich vysoká pravděpodobnost jejich selhání. Hlavní charakteristikou JIP je kontinuální péče 24 h denně a kontinuální monitoring.

Do skupiny pacientů, kteří nejvíce profitují z péče na JIP, patří například pacienti po infarktu, kteří vyžadují 24 hodinový monitoring kardiovaskulárních funkcí, pacienti vyžadující umělou ventilaci, podporu kardiovaskulárních nebo renálních funkcí, pacienti s polytraumaty nebo s monotraumaty. (Velký lékařský slovník) Péče o tyto pacienty má svá specifika a vyžaduje také určité přístroje.

Mezi obvyklé přístroje používané na JIP patří ventilátor, kontinuální monitoring vitálních funkcí (tepová frekvence, EKG, tlak, dechová frekvence, saturace krve kyslíkem atd.). Monitory u lůžka jsou napojeny na centrální monitor. Mívají i funkci zvukové a vizuální výstrahy pro případ, že se sledované parametry dostanou mimo fyziologické rozmezí. K výbavě každého lůžka patří přístroje pro přesné dávkování léků a umělé výživy. Dále se zde mohou nacházet také přístroje na podporu cirkulace nebo dialýzu.

Dalším specifikem jednotek intenzivní péče jsou boxy zařízené místo pokojů. V boxu bývá jedno lůžko a okolo něj sestava přístrojů. Pacient je tak oddělený od ostatních pacientů i od personálu. Boxy mají stěny i dveře částečně nebo úplně prosklené, aby měl personál nad pacienty neustálou kontrolu a aby zároveň nebylo nutné tak často otevírat dveře. Další výhodou boxů je určité soukromí a klid, který i přes značnou „průhlednost“ stěn poskytují ve srovnání s vícelůžkovými pokoji na jiných odděleních. Oddělení jednotlivých lůžek je důležité zejména ve chvíli, kdy je některý z pacientů infekční nebo imunosuprimovaný. (Takrouri, 2003, Kelly et al., 2014) K tomu se využívají takzvané izolační boxy, které jsou navíc vybaveny hygienickým filtrem. Každá JIP musí být vybavena alespoň jedním izolačním boxem. Některé boxy mohou mít i více lůžek. V tomto případě ale musí být zajištěno soukromí pacientů systémem zástěn nebo paravánů.

Existují stavební standardy vydávané Ministerstvem zdravotnictví České republiky (MZČR). Je zde uvedená doporučená rozloha, uspořádání a povinné vybavení JIP. Například doporučený počet lůžek na jedné JIP je mezi 6 a 12. To je množství, při kterém je poskytovaná zdravotní péče nejefektivnější. (Standard pro jednotku intenzivní péče)

Péče na JIP je 24 hodinová. Po celou dobu je poblíž pacientova lůžka zdravotní sestra. Lékař musí být bezprostředně na dosah. Personál je speciálně vyškolený a zahrnuje intenzivisty, konziliární lékaře z jiných oddělení nemocnice, sestry a další pomocný personál.

JIP může být koncipovaná jako multioborová nebo specializovaná, například interní JIP, kardiologická JIP, infekční JIP, neurologická JIP atd. Počet a úroveň specializace jednotlivých JIP záleží na velikosti každé nemocnice. Ve větších nemocnicích je JIP součástí téměř každého oddělení (chirurgická JIP na chirurgickém oddělení apod.) (Takrouri, 2003, Kelly et al., 2014)

### **6.3 Umělá plicní ventilace (UPV)**

Umělá plicní ventilace je způsob úplného nebo částečného nahrazení jedné ze základních životních funkcí některých pacientů na JIP a dalších odděleních nemocnice. Je to život zachraňující metoda, která s sebou ale nese určitá rizika.

Princip: UPV může být realizována pomocí přístroje – ventilátoru, masky s vakem (tzv. ambuvak) nebo i dýcháním z úst do úst. Při UPV přístroj částečně nebo úplně nahrazuje funkci dýchacích svalů. Základní princip je při všech typech UPV stejný. Vzduch je vháněn do plic určitým přetlakem ve ventilátoru nebo vaku. Po snížení tlaku vzduch proudí z plic zase ven. Na rozdíl od toho, při spontánní ventilaci je vzduch vháněn do plic vlivem podtlaku v plicích, který vytváří dýchací svaly roztáhnutím hrudníku. Proudění vzduchu ven je naopak způsobeno přetlakem, který vzniká aktivním stahováním hrudníku při výdechu.

Podle délky rozlišujeme krátkodobou a dlouhodobou plicní ventilaci. Častějším typem je krátkodobá ventilace, trvající maximálně několik dní. Používá se pouze k překlenutí nejkritičtější fáze. Pak je snaha pacienta co nejdříve odpojit od ventilátoru a nechat ho dýchat spontánně. (Kittnar, 2011)

### 6.3.1 Rizika UPV

S UPV se kromě výhod pojí také určitá rizika a komplikace. Ty rozdělujeme mezi náhle vzniklé a pozdější. **Komplikace náhle** vznikají při zavádění UPV, nejčastěji se jedná o mechanické poranění měkkých tkání dýchacích cest. Příčinou může být špatná velikost tracheostomické kanyly nebo pochybení při zavádění UPV. (Čermáková, 2011) **Komplikace pozdější** mohou být způsobeny nevhodným nastavením zvlhčení, teploty a složení vdechované směsi (poměrem kyslíku a oxidu uhličitého). Důležitý je i správně nastavený inspirační tlak, neboť příliš velký přetlak mezi ventilátorem a plícemi může způsobit poškození alveolů, tzv. barotrauma. Z toho důvodu jsou ventilátory vybaveny pojistnými ventily omezující tlak vdechovaného vzduchu. (Kittnar, 2011)

Mezi pozdější komplikace patří také infekce (typicky bronchitida nebo pneumonie). (Čermáková, 2011)

Asi nejzávažnější komplikací spojenou s UPV je postupné ochabování dýchacích svalů, které při UPV nejsou používány. Proto je žádoucí pacienta odpojit od ventilátoru co nejdříve, jak je to možné (tzv. weaning). Odpojování neprobíhá naráz, ale postupně. Proces vždy zahajuje lékař a jeho průběh závisí na celkovém stavu pacienta a délce ventilace. Postupně je snižována míra ventilační podpory, až je pacient na ventilátoru zcela nezávislý. Zejména u dlouhodobě ventilovaných pacientů je to proces zdoluhavý, a ne vždy úspěšný. (Bendová, 2015)

### 6.3.2 Způsoby zajištění dýchacích cest pro UPV

Základní způsoby jsou dva. Prvním je neinvazivní tracheální intubace, druhým je invazivní provedení tracheostomie.

**Tracheální intubace** se provádí pomocní tracheální rourky (TR) nosem (nazotracheální intubace) nebo ústy (orotracheální intubace) přes hrtan až do trachey. TR se zavádí laryngoskopicky s vizuální kontrolou – obtížnější intubace lze přesněji kontrolovat buď fibroskopicky nebo pomocí videolaryngoskopu, který má v sobě kameru už zabudovanou. Rourka musí být vyrobena z měkkého nedráždivého materiálu. Na konci bývá nafukovací prstenčitá manžeta, která zabrání úniku vzduchu při ventilaci. (Bendová, 2015)

Výhodou této metody je její neinvazivnost a snadnější provedení. Nevýhodou je nutnost větší sedace pacienta a obtížnější péče o dýchací cesty. To je důležité zejména v případě, kdy je pacient na UPV dlouhodobě.

**Tracheostomie** je chirurgický zákrok, při kterém je otevřena průdušnice mezi 2. a 3. chrupavčítým prstencem. Prvním způsobem je příčný řez a následné vystřížení okénka pro tracheostomickou kanylu. Řez je veden horizontálně tak, aby následná jizva byla co nejméně esteticky rušivá. Druhým způsobem je punkční dilatační perkutánní tracheostomie, kdy je provedena punkce trachey. Vzniklý otvor je pak postupně roztahován řadou dilatátorů.

Nevýhodou tracheostomie je její invazivnost a riziko pooperačních komplikací. Nepříjemná pro pacienta je neschopnost mluvit. Velkou výhodou je snazší péče o dýchací cesty. Snižuje také nutnost velké analgosedace. Tracheostomie se tak používá pro dlouhodobě ventilované pacienty a při odvykání od ventilátoru. Odvykání od ventilace a zároveň od sedativních léků by nebylo možné. Další indikací tracheostomie je nutnost UPV u pacientů s úrazem v oblasti obličeje, kdy je provádění intubace velmi obtížné a často i nebezpečné.

Tracheostomická kanyla je obvykle plastová trubice různých velikostí (ale existují i kovové nebo silikonové) opatřená zavaděčem a těsnící manžetou, která kryje výstup kanyly z těla a chrání před aspirací. Další součástí bývá obturační balónek, který po nafouknutí fixuje kanylu na místě. Výhodou je postranní sání na kanyle, které umožňuje odsávání ze subglotického prostoru. (Bendová, 2015; Stoklasová, 2005)

### **6.3.3 Typy UPV ventilací.**

Do kategorie UPV patří i zmiňovaný ambuvak a dýchání z plic do plic. Obojí je používáno pouze k resuscitaci a je zde uvedeno spíše pro doplnění. Na JIP se nejčastěji využívá UPV s pozitivním přetlakem, a proto bude této kategorii věnováno nejvíce prostoru.

Způsoby ventilace se dělí podle různých parametrů. Například podle míry ventilační podpory rozlišujeme režim s plnou podporou a částečnou podporou. Podle synchronizace s dechovou frekvencí pacienta rozlišujeme režimy synchronizované



a asynchronní. Podle veličiny, na které závisí řízení ventilace, rozlišujeme ventilaci objemově řízenou a tlakově řízenou.

U objemově řízené ventilace je nastaven dechový objem, který se v určitých časových intervalech aplikuje do plic pacienta. Do této kategorie patří například IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation), CMV (Controlled Mechanical Ventilation), CPAP (Continue Positive Airway Pressure), SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation).

U tlakově řízené ventilace se nastavuje konečná hodnota tlaku (tzv. přepínací tlak). Přístroj aplikuje inhalační směs a přepne se ve chvíli, kdy tlak v plicích dosáhne požadované hodnoty. Do této kategorie patří například APRV (Airway Pressure Release Ventilation), BIPAP (Biphasic Positive Airway Pressure), PCM (Pressure Control Ventilation), ASV (Adaptive Support Ventilation). (Bendová, 2015)

## ***6.4 Metabolismus u polytraumatizovaných pacientů***

V kritickém stavu se metabolismus člověka výrazně mění. Rozlišujeme tři fáze: hypometabolickou (ebb phase – fáze odlivu), hypermetabolickou (flow phase – fáze přílivu) a anabolickou fázi. (Simsek et al., 2014).

**Hypometabolická fáze** nastupuje během několika hodin po vzniku traumatu a trvá asi 24–48 h. Je charakterizována hemodynamickými změnami a celkovým snížením metabolismu. Snížený je celkový intravaskulární objem, tepová frekvence, krevní tlak, minutový srdeční výdej, dechová frekvence i tělesná teplota. Vlivem vyplavených katecholaminů a kortizolu dochází k periferní vazokonstrikci. Snížení celkového energetického výdeje chrání špatně perfundované tkáně před hypoxií. Katecholaminy přes hormon-senzitivní lipázu způsobují i aktivaci lipolýzy. Uvolněné mastné kyseliny ale nejsou dostatečně metabolizovány a hromadí se. Kvůli pozměněnému metabolismu glukózy (konečným produktem je pyruvát a laktát) dochází i k hromadění laktátu v tkáních a hrozí metabolická acidóza. Kapiláry poškozené hypoxií a acidózou jsou více permeabilní a intravaskulární tekutina tak přestupuje ve zvýšené míře do mezibuněčného prostoru, což zapříčiňuje edémy a hypovolémii. Ovlivnění průběhu této fáze často rozhoduje o dalším osudu nemocného. (Zadák et al, 2008)

**Hypermetabolická fáze** v ideálním případě navazuje na hypometabolickou a není přesně časově ohraničena. Vrcholu dosahuje okolo 10. dne po vzniku traumatu (Plank et al., 2003). Fáze je charakterizována výrazným nárůstem energetického metabolismu a katabolizmem v tkáních. Cílem je obnovení cirkulačního objemu a reparace tkání poškozených traumatem. (Simsek et al., 2014) Minutový srdeční objem se zvyšuje k normálu nebo mírně stoupá. Nastupuje vazodilatace ve viscerální oblasti, stoupá prokrvení ledvin a jater, zintenzivňuje se metabolismus v místech poškozených traumatem. Retence sodíku a edémy obvykle přetrvávají. I přes intenzivní katabolizmus se tělesná hmotnost příliš nemění nebo může stoupat. Úbytek katabolizované svaloviny je kompenzován zadržnými tekutinami. Hypermetabolizmus se projevuje zvýšenou potřebou energetických substrátů. Hlavním zdrojem energie jsou aminokyseliny a v menší míře i mastné kyseliny. Zvýšení oxidace mastných kyselin a snížení oxidace aminokyselin je ukazatelem návratu k normálnímu metabolismu. Oxidace mastných kyselin však stále nedosahuje hodnot, jaké jsou běžné při prostém nestresovém lačnění. Vlivem zvýšené glukoneogeneze z proteinů a glukózové intolerance dochází k hyperglykemii. Glukoneogenezi však nelze utlumit přiváděním exogenní glukózy. (Zadák et al., 2008)

Po několika dnech (u lehčích traumat 3–8 dní) nebo i týdnech (u těžšího traumatu) přechází intenzivní katabolizmus v anabolizmus. **Časná anabolická fáze** je spojena se zvýšením diurézy. Pacienti v této fázi začínají přijímat i běžnou potravu. Tento stav trvá řádově týdny, ale se může jednat i o měsíce. Velký vliv na průběh má podávaná nutriční podpora. Pozitivní dusíková bilance je důležitá pro zvýšení proteosyntézy, příbytek na váze a nárůst svalové síly. Příjem 4 g dusíku denně zajistí 25 g proteinů, což odpovídá nárůstu hmotnosti o 100 g za den. (Simsek et al., 2014)

**Pozdní anabolická fáze** je konečným stupněm celého procesu regenerace. Nastupuje několik týdnů až měsíců po vzniku traumatu. Dochází při ní k dalšímu ukládání proteinů a tuků. Metabolizmus se postupně normalizuje. (Simsek et al., 2014)

### 6.4.1 Proteiny a aminokyseliny

V kritickém stavu dochází následkem stresové reakce ke zvýšení katabolizmu bílkovin, snížení oxidace mastných kyselin tuků a k rozvoji inzulínové rezistence. Aminokyseliny jsou použity pro reparaci poškozených tkání a navíc se stávají hlavním substrátem pro získávání energie (glukoneogenezi). Tento stav se nazývá kwashiorkový typ malnutrice. Dále jsou aminokyseliny využity na produkci proteinů akutní fáze (CRP, sérový amyloid A, alfa-1-glykoprotein, alfa-1-antitrypsin, fibrinogen atd.).

Mezi aminokyseliny, které jsou hlavním energetickým zdrojem, patří zejména ty rozvětvené – valin, leucin a izoleucin. Jsou přeměňovány na ketolátky, které se stávají náhradním zdrojem energie využitelným ve všech tkáních. Tyto aminokyseliny se v kritických stavech uvolňují ze svalů v několikanásobně větším množství než při normálním metabolismu. Stav se proto někdy označuje jako septický autokanibalismus. Dalším významným zdrojem energie je glutamin, který se deaminací mění na kyselinu alfa-ketoglutarovou.

U polytraumatů významně klesají aminokyseliny glycin, histidin, asparagin a taurin. 3-methylhistidin se dá využít jako ukazatel míry katabolizmu bílkovin, protože po uvolnění ze svalů není metabolizován, ale je nezměněný vylučován močí. Jeho množství v moči může být i trojnásobné oproti normálu a je úměrné úbytku dalších aminokyselin (fenylalanin, izoleucin, valin a tyrozin).

Jako další ukazatel je možné využít fenylalanin, který se zvyšuje až 1,5krát. Typické pro kritické stavy je zvýšení poměru fenylalanin : tyrozin.

Plazmatické hladiny aminokyselin (aminogram) nemusí odpovídat skutečnému stavu. Jejich množství v plazmě ovlivňuje velké množství faktorů jako míra uvolňování, biosyntézy (u neesenciálních aminokyselin), rychlost utilizace a vylučování. Cílem nutriční podpory tak nemůže být úplná normalizace aminogramu. Optimální množství a poměr aminokyselin ve výživě je ale důležité pro dosažení dusíkové rovnováhy nebo alespoň zmírněné negativní bilance. Denní potřeby aminokyselin u dospělého člověka znázorňuje tabulka 1.

Intenzivní katabolizmus bílkovin má za následek úbytek svalové tkáně, který je umocněný imobilizací pacientů. Nejhuře jsou na tom pacienti dlouhodobě napojení

na ventilátor, kterým ochabují i dýchací svaly. Kromě svalové tkáně jsou katabolizovány i plazmatické bílkoviny. Jejich nedostatek způsobí pokles onkotického tlaku, edémy, pokles transportních proteinů a imunoglobulinů. Dochází pak k edémům, zpomalení hojení ran a výraznému oslabení imunity, které pak umožní propuknutí nozokomiální infekce (nejčastěji pneumonie).

Ztráta 1 g dusíku odpovídá přibližně 6,25 g proteinu, tj. 25 g svalové hmoty. Ztráta 20 g dusíku nekompensovaná výživou znamená úbytek až 500 g svalové hmoty za den. U polytraumatických pacientů mohou být ztráty ještě vyšší, a to až 40 g dusíku za den.

Pro co nejlepší kompenzaci ztrát bílkovin je nutné míru katabolizmu nejprve kvantifikovat. K tomu se nejčastěji používá výpočet dusíkové bilance. (Zadák et al., 2008)

**Tabulka 1: Denní potřeba aminokyselin u dospělého člověka**

Aminokyselina	Potřeba v mg/kg/den
Histidin	?
Izoleucin	10
Leucin	14
Lysin	12
Methionin + cystein	13
Fenylalanin + tyrozin	14
Treonin	7
Tryptofan	4
Valin	10

(Zadák et al., 2008)

## 6.4.2 Dusíková bilance

Dusíková bilance je kvantitativní vyjádření katabolizmu nebo naopak anabolizmu bílkovin. Vypočítá se jako rozdíl hodnot přijatého dusíku (ve formě proteinů a aminokyselin) a vyloučeného dusíku (ve formě dusíkatých látek v moči, zejména močovina). Vzorec pro výpočet uvádí rovnice 2.

### *Rovnice 2: Dusíková bilance*

$$N(\text{bilance}) = N(\text{přijatý}) - N(\text{vyloučený})$$

Příjem dusíku se u pacientů na nutriční podpoře vypočítá poměrně snadno z množství aminokyselin v infuzním vaku.

Vyloučený dusík se nejčastěji počítá z koncentrace močoviny v moči za 24 hodin. Malou nevýhodou metody je nutnost 24 hodinového sběru moči. Vzorec je možné použít za předpokladu, že močovina tvoří 80 % odpadního dusíku, tj. u pacientů s normální funkcí ledvin. Vzorec pro výpočet uvádí rovnice 3.

### *Rovnice 3: Výpočet odpadu dusíku*

$$N(\text{vyloučený}) = c(\text{urea}) \times V(\text{moč}) \times 0,028 \times 1,2 + Z$$

*C...koncentrace močoviny v moči za 24 h v mmol/l*

*V...objem moči za 24 h v litrech*

*0,028...koeficient pro výpočet dusíku v močovině v gramech*

*1,2...koeficient pro výpočet celkového odpadního dusíku; platí za předpokladu,*

*že močovina obsahuje 80 % vyloučeného dusíku*

*Z...ztráty dusíku jinou cestou (kůží, stolicí atd.), používá se hodnota 4 g/24 h*

(Zadák et al., 2008)

V případě, že pacient už má nějak poškozené ledviny, koncentraci urey nelze použít. Existují dva alternativní způsoby výpočtu vyloučeného dusíku

První způsob je stanovení **3-methylhistidinu**. 3-methylhistidin je v konstantním poměru uvolňován ze svalů spolu s dalšími aminokyselinami, ale na rozdíl od nich není metabolizován. Nezměněný se vylučuje močí, ze které pak může být stanoven.

Dalším způsobem je výpočet **kreatinin-výškového indexu**. Kreatinin jako odpadní forma dusíku vzniká pouze v kosterním svalstvu, kde vzniká neenzymatickou dehydratací

kreatinu. Množství vylučovaného kreatininu závisí na výšce jedince, pohlaví a množství svalové hmoty. Normální hodnoty kreatininu lze odečíst z tabulky. Porovnáním naměřené hodnoty s tabulkovou je možné odhadnout stav svalové hmoty pacienta. Pokud je hodnota nižší než tabulková nebo se v závislosti na čase snižuje, znamená to úbytek svalové hmoty. (Zadák et al., 2008)

### **6.4.3 Energetická bilance**

Stav pacienta a jeho zotavování neovlivňuje pouze dusíková bilance, ale také energetická bilance. Energetická bilance je rozdíl energie přijaté a vydané. Pro co nejlepší regeneraci je žádoucí, aby energetický příjem odpovídal výdeji. Nedostatečná výživa (underfeeding) stejně jako přílišná (overfeeding) má negativní vliv na stav pacienta.

Výpočet přijaté energie je obdobný jako výpočet přijatých proteinů – z energetické hodnoty výživy přijaté za celý den. (Plank et al., 2003). Zejména v prostředí jednotky intenzivní péče je výpočet snadný, protože většina pacientů dostává parenterální, případně enterální výživu o známém složení a energetické hodnotě.

Výpočet energetického výdeje je složitější. Přímá kalorimetrie používaná v laboratorních podmínkách je v klinické praxi nepoužitelná. Využívá se proto nepřímá kalorimetrie, která je ale náročná finančně, časově i personálně. I pro pacienty je metoda nepříjemná a stres vyvolaný vyšetřením zkresluje naměřené výsledky.

Bylo zjištěno, že energetický výdej pacientů na JIP se zvyšuje v závislosti na čase. V prvních 5 dnech pobytu na JIP byl naměřen menší než v následujících 5 dnech. Na počátku hospitalizace (v prvních 5 dnech) hrozila negativní energetická a dusíková bilance jen některým ze sledovaných pacientů, po 5. dni pobytu na JIP už měli všichni sledovaní pacienti negativní energetickou bilanci, kterou způsobil hypermetabolismus. Negativní bilance byla pozorována, přestože byly dodrženy doporučení ohledně množství podávané výživy American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (105–125 kJ/kg/den). Negativní energetická bilance se projevila ztrátou tuků, proteinů i glykogenu. Naopak pozitivní energetická bilance se projevila zvýšením množství tělesného tuku za současného úbytku proteinů. Prosté zvýšení množství podávané výživy neřeší celý problém negativní energetické i dusíkové bilance, protože v kritickém

stavu se metabolismus mění a snižuje se oxidace tuků. Dusíková bilance na energetické bilanci nezávisí. (Plank et al., 2003)

#### **6.4.3.1 Metody měření energetického výdeje**

**Přímá kalorimetrie** vyžaduje uzavření zvířete do kovové nádoby (kalorimetru) ponořené ve vodě a měření změny teploty vody. Metoda je tak použitelná pouze u laboratorních zvířat. (Špručková, 2013)

**Metoda dvojité značené vody (doubly labelled water)** je založená na rozdílném vylučování vodíku a kyslíku z tělesné vody. Vodík (deuterium  $^2\text{H}$ ) je vylučován pouze močí ve formě vody. Kyslík ( $^{18}\text{O}$ ) je vylučován ve formě vody močí a ve formě oxidu uhličitého ve vydechovaném vzduchu. (Špručková, 2013). Metoda je poměrně drahá a zdlouhavá (průměrně 10–12 dní). Podmínkou je relativně neměnná produkce oxidu uhličitého a konstantní množství vody v těle po celou dobu měření. Toho u kriticky nemocných pacientů trpících edémy není možné dosáhnout. (Plank et al., 2003).

**Nepřímá kalorimetrie** je v současné době jediná metoda, která je použitelná v prostředí jednotky intenzivní péče u kriticky nemocných pacientů. Je založena na sledování poměru spotřebovaného kyslíku ( $\text{VO}_2$ ) a vydechovaného oxidu uhličitého ( $\text{VCO}_2$ ). Z těchto parametrů je možné vypočítat energetický výdej, pokud známe množství vyloučeného dusíku. Metoda je poměrně rychlá, ale finančně náročná (zejména pořízení kalorimetru). Vyšší nároky jsou kladeny i na personál – kvůli obsluze přístroje, kalibraci, dodržení standartních podmínek při měření, interpretaci výsledků atd. (Svačina et al., 2008) Samotné vyšetření je pro spontánně dýchající pacienty poměrně nepříjemné a stres způsobený vyšetřením ztěžuje měření a zkresluje výsledky. U ventilovaných pacientů je metoda přesnější, protože se využívá již zavedené trubice, pouze se místo ventilátoru zapojí kalorimetr. Ventilovaní pacienti jsou ale často pod vlivem sedativních léků, které ovlivňují vědomí i metabolismus. V minulosti vznikaly nepřesnosti měření při obsahu kyslíku ve vdechované směsi vyšším než 60 %. Modernější technologie tento problém vyřešila a měření je poměrně přesné i při obsahu kyslíku v rozmezí 60–80 %. (Plank et al., 2003).

Nepřímá kalorimetrie je založena na několika **předpokladech**:

- 1) Množství spotřebovaného kyslíku a vydechovaného oxidu uhličitého buňkami je kvantitativně závislé na oxidaci nutričních substrátů.
- 2) Kyslík i oxid uhličitý úplně přecházejí plícemi do vydechovaného vzduchu.
- 3) Kyslík ani oxid uhličitý se nikde v těle nehromadí.
- 4) Plyny mají chování ideálního plynu.

Ve skutečnosti uvedená pravidla neplatí úplně a vzniká tak určitá chyba. Například kyslík je využíván také na tvorbu kyslíkových radikálů a chování reálných plynů je odlišné od chování ideálního plynu.

### **Pojmy v nepřímé kalorimetrii:**

Rozlišujeme **bazální energetický výdej** (basal energy expenditure, BEE), což je množství energie, které tělo potřebuje nalačno, v naprostém psychickém a fyzickém klidu. Je to energie potřebná k základním fyziologickým funkcím, jako je dýchání, tlukot srdce, metabolické procesy atd. Tvoří asi 70–80 % celkového energetického výdeje. V praxi se používá hodnota naměřená hned po probuzení ze spánku.

**Klidový energetický výdej** (resting energy expenditure, REE) je pojem používaný hlavně z praktických důvodů. Je to hodnota naměřená po alespoň 1 hodině klidu na lůžku a 3 hodinách lačnění při neutrální okolní teplotě. Tuto hodnotu je možné změřit i ambulantně. (Zadák et al., 2008)

**Celkový energetický výdej** (energy expenditure, EE) se skládá z bazálního energetického výdeje, který se násobí faktorem teploty (FT), faktorem aktivity (FA) a faktorem onemocnění (injury factor, IF). Vztah vyjadřuje rovnice 4. Přehled faktorů a jejich hodnot ovlivňující energetický výdej uvádí tabulka 2.



#### **Rovnice 4: Celkový energetický výdej**

$$EE = BEE \times FA \times FT \times IF$$

*BEE...bazální energetický výdej*

*FA...faktor aktivity*

*IF...faktor onemocnění*

(Zadák et al., 2008)

**Tabulka 2: Faktory ovlivňující energetický výdej**

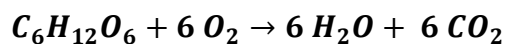
FA	FT	IF
Imobilní, v posteli (1,1)	38 °C (1,1)	Bez komplikací (1,0)
Mobilní, v posteli (1,2)	39 °C (1,2)	Pooperační stav (1,1)
Mobilní (1,3)	40 °C (1,3)	Fraktura (1,2)
	41 °C (1,4)	Sepse (1,3)
		Peritonitida (1,4)
		Polytrauma, rehabilitace (1,5)
		Polytrauma + sepse (1,6)
		Popáleniny 30–70 % (1,7–1,8)
		Popáleniny 70–90 % (2,0)

(Zadák et al., 2008)

**Respirační kvocient** (RQ) je poměr objemu vydýchaného oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ) k 1 litru spotřebovaného kyslíku ( $VO_2$ ). Pomocí této hodnoty je možné určit poměr energetických zdrojů v potravě. Například na oxidaci 1 g glukózy je spotřebováno 0,747 l kyslíku a vyloučeno 0,747 l oxidu uhličitého. Poměr  $VCO_2/VO_2$  je pak roven **1**. U lipidů je na oxidaci 1 g potřeba 0,029 l kyslíku a vyloučeno 1,43 l oxidu uhličitého, RQ je pak **0,7**. Proteiny nemají jednotnou chemickou strukturu, proto se RQ vypočítává nepřímým způsobem pomocí dusíku v odpadu urey v moči. Bylo zjištěno, že 1 g dusíku v moči (NU) odpovídá oxidaci 6,25 g bílkovin. RQ bílkovin je přibližně **0,82** (rovnice 7). Při smíšené oxidaci substrátů se hodnota RQ pohybuje okolo **0,85**. Níže jsou uvedeny

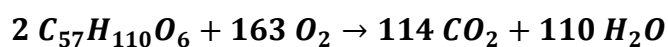
stechiometrické rovnice oxidace glukózy (rovnice 5) a mastných kyselin (rovnice 6) a výpočty příslušného RQ. (Zadák et al., 2011)

**Rovnice 5: Oxidace glukózy**



$$RQ = \frac{6 CO_2}{6 O_2} = 1$$

**Rovnice 6: Oxidace mastných kyselin**



$$RQ = \frac{114 CO_2}{163 O_2} = 0,7$$

**Rovnice 7: Výpočet oxidace bílkovin [g/24 h] pomocí odpadu dusíku**

$$\text{oxidace bílkovin} = 6,25 \times NU$$

$$RQ \approx 0,82$$

(Zadák et al., 2011)

**Přístroj:**

Mezi hlavní **součásti přístroje** patří analyzátor spotřeby kyslíku, analyzátor vydechovaného oxidu uhličitého, zařízení pro kontrolu objemu vdechovaného a vydechovaného vzduchu a procesor pro zpracování dat. Pro spontánně dýchající pacienty se používá kanopa (ventilovaná komora z průhledného plastu pro hlavu pacienta). Ventilované pacienty je možné vyšetřit pomocí napojení na ventilátor.

(Zadák et al., 2008)

Následující část uvádí další výpočty a vztahy, používané v nepřímé kalorimetrii.

### Přehled výpočtů v nepřímé kalorimetrii:

#### **Výpočet energetického výdeje (EE) z $VO_2$ a $VCO_2$ (rovnice 8)**

Spotřeba kyslíku a výdej oxidu uhličitého jsou úměrné k energetickému výdeji. Odpad dusíku je ukazatelem oxidace aminokyselin. Jeho hodnota se zjišťuje z moči sesbírané za 24 h.

#### **Rovnice 8: Výpočet EE**

$$EE = VO_2 \times 3,94 + VCO_2 \times 1,11 - UN \times 2,17$$

*EE...energetický výdej [kcal/den]*

*VO<sub>2</sub>...spotřeba kyslíku [l]*

*VCO<sub>2</sub>...výdej oxidu uhličitého [l]*

*UN...dusík v odpadu urey [g/den]*

(Zadák et al., 2008)

**Klidový energetický výdej (REE) a klidový energetický výdej korigovaný na oxidaci proteinů (REE<sub>k</sub>)** z důvodu neúplné oxidace proteinů (rovnice 9–10). U kriticky nemocných pacientů je oxidace proteinů výrazně vyšší než ve fyziologickém stavu. Proto je nutné udělat korekci na oxidaci proteinů.

#### **Rovnice 9: Výpočet REE**

$$REE = VO_2 \times 3,94 + VCO_2 \times 1,11$$

#### **Rovnice 10: Výpočet REE<sub>k</sub>**

$$REE_k = REE - UN \times 2,17$$

(Zadák et al., 2008)

**Neproteinový respirační kvocient** (rovnice 11) představuje korekci RQ podle množství oxidovaných proteinů (z důvodu neúplné oxidace proteinů). Opět za předpokladu, že 1 g dusíku v moči vznikne oxidací 6,25 g bílkovin za spotřeby 5,9l O<sub>2</sub> a vzniku 4,8 l CO<sub>2</sub>. (Zadák et al., 2011)

**Rovnice 11: Výpočet npRQ**

$$npRQ = \frac{VCO_2 - 4,8 \times UN}{VO_2 - 5,9 \times UN}$$

(Zadák et al., 2008)

**Výpočet podílu energie získané oxidací jednotlivých substrátů** (rovnice 12–14)

Sacharidy a lipidy jsou v těle oxidovány až na vodu a oxid uhličitý. Proteiny jsou oxidovány na močovinu. Její energii už tělo nedokáže využít a vylučuje ji.

**Rovnice 12: Oxidace proteinů**

$$PE = 6,25 \times 4,2 * UN$$

PE...energie z proteinů [kcal/24 h]

**Rovnice 13: Oxidace sacharidů**

$$SE = 4,12 \times VCO_2 - 2,91 \times VO_2 - 2,54 \times UN$$

SE...energie ze sacharidů [kcal/24 h]

**Rovnice 14: Oxidace lipidů**

$$LE = 6,69 \times VO_2 - 1,69 \times VCO_2 - 1,94 \times UN$$

RE...energie z lipidů [kcal/24 h]

(Zadák et al., 2008)

**Tabulka 3: Přehled spotřeby O<sub>2</sub>, výdeje CO<sub>2</sub> a energetické hodnoty jednotlivých substrátů**

Substrát	O <sub>2</sub> [l/g]	CO <sub>2</sub> [l/g]	RQ	Energetická hodnota [kcal/g]
Sacharidy	0,829	0,829	1,0	4,18
Lipidy	2,19	1,427	0,71	9,46
Proteiny	0,966	0,782	0,81	4,32

(Zadák et al., 2008)

Z tabulky vyplývají dvě rovnice pro výpočet měrného VO<sub>2</sub> a VCO<sub>2</sub> nutného pro oxidaci 1 g každého substrátu (rovnice 15).

**Rovnice 15: Výpočet měrného objemu kyslíku a měrného objemu oxidu uhličitého**

$$VO_2 = 0,829 \times S + 2,19 \times L + 6,25 \times 0,966 \times UN$$

$$VCO_2 = 0,829 \times S + 1,427 \times L + 6,25 \times 0,782 \times UN$$

*S...oxidované sacharidy [g]*

*L...oxidované lipidy [g]*

*UN...dusík v odpadu urey za 24 h [g/24 h]*

*VCO<sub>2</sub>...produkce oxidu uhličitého za 24 h [l/24 h]*

*VO<sub>2</sub>...spotřeba kyslíku za 24 h [l/24 h]*

(Zadák et al., 2008)

**6.4.3.2 Harris-Benedictova rovnice**

Jedná se o metodu určení energetického výdeje, resp. bazálního energetického výdeje pouhým výpočtem na základě pohlaví, výšky a váhy jedince. Rovnice byla vytvořena na základě dat z nepřímé kalorimetrie, takto vypočítané hodnoty jsou ale spíše přibližné. (Zadák et al., 2008) Nejpřesnější je výpočet u zdravých jedinců, nepřesnost se zvyšuje s věkem pacientů, s ubývajícím podílem svalové hmoty a při nemoci. Výsledky jsou podhodnocené u zdravých jedinců nad 60 let a nadhodnocené u mladých jedinců. (Svačina et al., 2008)

Rovnice 16 uvádí výpočet BEE [kcal/24 h] pro muže, rovnice 17 pro ženy.

**Rovnice 16: Výpočet BEE pro muže**

$$BEE = 6473 + 13,7516 \times H + 5,0033 \times V - 6,755 \times a$$

**Rovnice 17: Výpočet BEE pro ženy**

$$BEE = 655,0955 + 9,5634 \times H + 1,8496 \times V - 46756 \times a$$

*H...hmotnost [kg]*

*V...výška [cm]*

*a...věk [roky]*

(Zadák et al., 2008)

## **6.5 Nutriční podpora v intenzivní péči**

Jedním z cílů nutriční podpory je léčba negativní dusíkové bilance, předcházení vzniku malnutrice, úbytku svaloviny, imunosuprese a snížení rizika nozokomiální infekce.

Polytraumatizovaní pacienti, kteří by nedostávali žádné aminokyseliny v nutriční podpoře, mohou denně ztratit až 40 g dusíku, což odpovídá 1000 g svalové hmoty. Takto velké ztráty není možné úplně kompenzovat nutriční podporou. (Zadák et al., 2008)

Již bylo prokázáno, že nutriční podpora dokáže u pacientů v kritickém stavu zmírnit negativní dusíkovou bilanci. Na dusíkovou bilanci ale nemá vliv bilance energetická. Ztráty dusíku jsou srovnatelné u pacientů v pozitivní i negativní energetické bilanci. U kriticky nemocných ventilovaných pacientů, jejichž energetický příjem odpovídá naměřenému výdeji, dochází k depozici tuku v těle. Naproti tomu u pacientů v lehce negativní energetické bilanci k ukládání tuku nedochází. Na základě tohoto pozorování se jeví jako prospěšnější lehce hypoenergetická vysokoproteinová nutriční podpora. (Plank et al., 2003)

### **6.5.1 Underfeeding**

Underfeeding je stav, kdy energetická hodnota podávané nutriční podpory je nižší než energetický výdej.

Mezi následky underfeedingu patří malnutrice spojená s prodloužením pobytu na JIP a prodloužením doby rekonvalescence.

Nejčastěji je underfeeding spojený s enterální výživou. Nedostatečné využití živin podávaných touto cestou může být způsobeno gastrointestinální intolerancí, podávanými narkotiky nebo myorelaxancií. Tyto léky snižují motilitu zažívacího traktu a prokrvení splachnické oblasti. (Plank et al., 2003).

### **6.5.2 Overfeedenig**

Overfeeding je více spojen s parenterální cestou podávání nutriční podpory, kdy jsou na rozdíl od enterálního podání využity všechny podané živiny. Parenterální cesta podání také zvyšuje riziko infekčních komplikací. (Klein et al., 1998)

Overfeeding navíc zhoršuje hyperglykemii, která vzniká při stresové reakci. Zhoršují se edémy a přetížení ledvin může vést až k renální insuficienci. (Wichansawakun et al., 2015) Zvyšuje se také produkce oxidu uhličitého a tím se prodlužuje potřeba umělé ventilace. Nadbytečný příjem lipidů vede ke steatóze jater a hypertriacylglycerolémii.

Nadbytečný příjem proteinů může vést k azotémii a metabolické acidóze. (Klein et al., 1998)

Bylo zjištěno, že kriticky nemocní pacienti více profitují z nutriční podpory, která obsahuje dostatek proteinů a jako zdroj energie glukózu v kombinaci v inzulinem. Inzulin snižuje hyperglykemii a současně podporuje anabolismus proteinů. Podávaný inzulin tak snižuje míru proteolýzy u kriticky nemocných pacientů. Bylo potvrzeno, že „inzulinová terapie“ celkově snižuje mortalitu i morbiditu na JIP. (Plank et al., 2003)

## **6.6 Doporučení a guidelines**

### **The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN)**

Již dlouho jsou známé důkazy o tom, že nedostatečná nutriční podpora v kritickém stavu je samostatný rizikový faktor, který má vliv na vyšší morbiditu i mortalitu, prodloužení času zotavení, nižší kvalitu života, vyšší výdaje na léčbu atd. Nových poznatků ohledně nutriční podpory stále přibývá. Aby byly postupy na různých pracovištích standardizované, racionální a byly založené, pokud možno na nejnovějších poznatcích, ESPEN vydává doporučené postupy (guidelines). Doporučení se týkají načasování, dávky složení i cesty podání nutriční podpory. Doporučené postupy jsou rozděleny podle věku pacientů a typu péče a typu onemocnění. Doporučené postupy jsou publikovány v oficiálním časopise Clinical Nutrition nebo jsou volně dostupné na webových stránkách společnosti. (Lochs et al., 2006)

Na základě těchto doporučení je nutriční podpora podávána pacientům na JIP, u kterých se neočekává, že během tří dnů budou přijímat normální stravu. V těchto případech

by měla být nasazena během 24–48 hodin. Parenterální cesta podání není možností volby, ale je to alternativa, pokud je enterální výživa kontraindikována, pacient ji netoleruje nebo z jiného důvodu selhala. Cílem je dodat pacientovi takovou směs nutričních složek, která bude nejlépe odpovídat jeho potřebám. Zároveň je třeba eliminovat všechna rizika a komplikace která s sebou přináší parenterální cesta podání.

Parenterální nutriční podpora (PN) by měla být kompletní a měla by pokrýt veškeré (nutriční) potřeby. Zároveň by měla být podávána ve formě all-in-one vaku.

Energetický příjem by měl co nejtěsněji odpovídat energetickému výdeji naměřenému pomocí indirektní kalorimetrie. Pokud není k dispozici indirektní kalorimetrie, doporučeno je začít příjmem 25 kcal/kg/den a dávku postupně zvyšovat během následujících 2–3 dnů.

Doporučené množství sacharidů se pohybuje okolo 2 g/kg glukózy denně. Hyperglykemie je velmi nežádoucí, protože zvyšuje riziko infekčních komplikací. Glykemie by se měla pohybovat ve standardním rozmezí 4,5–6,1 mmol/l.

Lipidy obsažené ve výživě by měly obsahovat dostatek esenciálních mastných kyselin (EPA, DHA), které mají příznivý efekt na buněčné membrány, zánětlivé procesy i na celkovou délku pobytu na JIP. Intravenózní lipidové emulze je bezpečné podávat v rozsahu 0,7–1,5 g/kg/den.

Aminokyseliny se dávkuje podle ideální hmotnosti, a to v rozmezí 1,3–1,5 g/kg/den. Směs musí obsahovat dostatek L-glutaminu (0,2–0,4 g/kg/den). Podávané aminokyseliny poskytují prekurzory pro proteosyntézu probíhající v poškozených tkáních a chrání tak (alespoň částečně) kosterní svalstvo před proteolýzou. Potřebné množství se těžko odhaduje, protože naměřená dusíková bilance není spolehlivé vodítko a nevypovídá o skutečném stavu dusíkového metabolismu. Směs aminokyselin musí být vyvážená, tj. musí obsahovat všechny esenciální aminokyseliny v poměru, který odpovídá potřebám zdravého člověka. Optimální efekt na proteosyntézu mají aminokyseliny v uvedeném množství podávané současně s glukózou a inzulínem. Taková kombinace má nejlepší anabolický účinek. U pacientů v kritickém stavu se ale určitým ztrátám svalové hmoty zabránit nedá. Glutamin je v uvedeném množství ve směsi důležitý, přestože je to neesenciální aminokyselina. Ve fyziologickém stavu je endogenní produkce dostatečná,



ale v kritickém stavu jeho potřeba roste a endogenní produkce nedostačuje. (Singer et al., 2009)

**American Society for Parenteral and Enteral Nutrition guidelines (ASPEN)**

ASPEN doporučuje energetický příjem **25–30 kcal/kg/den** po celou dobu trvání traumatu. (McClave et al., 2016) Takový příjem pacientům na JIP stačí nejdéle prvních 5 dní, když jsou v hypometabolické fázi. Po 5. dni už příjem není dostatečný a pacienti zůstávají v negativní energetické bilanci. (Plank et al., 2005) (Ve studii z roku 2005 byly použity stejné dávky nutriční podpory jako doporučuje guideline ASPEN z r. 2016)

Jiné studie ale ukazují, že pacienti kritickém stavu na počátku akutní fáze více profitují z hypoenergetické výživy (odpovídající asi 60–70 % naměřeného energetického výdeje) než z výživy pokrývající 90–100 % energetického výdeje. (Arabi et al. 2011)

Zároveň se ukazuje, že v kritickém stavu je třeba vyšší dávky proteinů (**2–2,5 g/kg/den**), (Hoffer et al., 2012; Pavlíčková Aimová et al., 2014) a méně sacharidů (**1–2 g/kg/den**), které při stresovém metabolismu spíše prohlubují hyperglykémii. (Bolder et al., 2009)

Guidelines ASPEN naproti tomu doporučují spíš nižší příjem proteinů (**1,2–2 g/kg/den**). (McClave et al., 2016)

## 7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 7.1 Metodická část

#### 7.1.1 Charakteristika studie

Do této práce bylo zařazeno 15 pacientů z JIP Fakultní nemocnice v Hradci Králové. Jednalo se o polytraumatické pacienty s nejméně dvěma život ohrožujícími poraněními nebo sepsí a s vyšším ISS skóre (17–57). Zahrnuti byli pacienti 2.–6. den po vniku traumatu nebo sepse, u kterých byla předpokládána delší doba podávání nutriční podpory (minimálně dalších 5–7 dní). Všichni pacienti byli na napojení na ventilátoru, žádný nedýchal spontánně. Věk pacientů se pohyboval od 21 do 70 let (průměr 44 let), většinou se jednalo o muže (80%).

Mezi kritéria vyloučení patřil obsah vydechovaného kyslíku  $< 0,6$ ; únik vzduchu z hrudníku drénami, terapie oxidem dusnatým, příjem běžné stravy, diuréza  $< 500\text{ml/den}$ , dialýza, gravidita, diabetes mellitus, dysfunkce štítné žlázy a kardiorespirační nestabilita

Sledovány byly biochemické markery (hladina urey a kreatininu v séru, glykemii, hladina urey a kreatininu v moči za 24 h). Odpad dusíku urey v moči byl použit pro stanovení dusíkové bilance.

Dále byly sledovány parametry ovlivňující energetický metabolismus, jako je tělesná teplota (zjištěno z dekurzů), tepová frekvence, krevní tlak, dechová frekvence, saturace kyslíkem (data z monitoru u lůžka).

Ke stanovení hmotnosti byla použita kalibrovaná lůžková váha s přesností na 0,1 kg.

Tělesná výška byla zjišťována komunikací s pacientem nebo odhadována.

Podrobné charakteristiky pacientů popisují tabulky 4 a 5.

### 7.1.2 Nepřímá (indirektní) kalorimetrie

K měření klidového energetického výdeje, celkového energetického výdeje a oxidace nutričních substrátů byl použit nepřímý kalorimetr (Vmax Series, V6200 Autobox, SensorMedics Corporation, Yorba Linda, CA, USA) s napojením na ventilátor.

**Skupina měřená nalačno:** 4 muži a 3 ženy, průměrný věk  $35 \pm 13,2$  let, průměrná hmotnost  $97 \pm 15,7$  kg, BMI  $31,7 \pm 5,8$ . Měření probíhalo 2.–6. den pobytu na JIP po minimálně 4 hodinách lačnění. Stanoven byl klidový energetický výdej (REE), oxidace jednotlivých nutričních substrátů.

**Skupina měřená na nutriční podpoře:** 8 mužů, průměrný věk  $51 \pm 17,3$  let, průměrná hmotnost  $101 \pm 18,7$  kg, BMI  $32,1 \pm 5,5$ . Energetický výdej (EE) a oxidace nutričních substrátů byly měřeny 2.–6. den pobytu na JIP po minimálně 4 hodinách podávání nutriční podpory.

**Tabulka 4: Charakteristika pacientů měřených nalačno**

Pacient	Pohlaví	Věk	ISS	Den pobytu na JIP	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	Ideální hmotnost [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Tlak – systolický [mmHg]	Tlak – diastolický [mmHg]	Tepová frekvence [tepů/min]	Dechová frekvence [dechů/min]	sO <sub>2</sub> [%]	Axilární teplota [C°]
JE	Ž	51	50	4	168	111,1	61	39	182	88	53	13	100	36
MR	Ž	30	38	3	171	111,4	63	38	150	77	95	21	–	37,1
FI	Ž	24	22	3	170	72,2	62	25	159	86	63	14	98	37,2
MJ	M	59	36	3	177	104,1	72	33	156	74	88	14	100	37
DP	M	30	50	3	179	107,8	73	34	96	78	117	18	95	38,1
MC	M	21	50	5	180	74,5	74	23	122	52	98	15	100	37,1
DM	M	30	43	6	180	95,4	74	29	147	83	96	16	97	37,9
P	57 % muži	35,0	41,3	3,9	175	96,6	68,4	31,7	144,6	76,9	87,1	15,9	98,3	37,2
SO		13,2	9,6	1,1	4,8	15,6	5,6	5,8	25,8	11,2	20,4	2,6	1,9	0,6
VK		37,8	23,2	29,2	2,8	16,1	8,2	18,2	17,8	14,5	23,4	16,3	1,9	1,7

P...průměr

SO...směrodatná odchylka

VK...variční koeficient

**Tabulka 5: Charakteristika pacientů měřených na nutriční podpoře**

Pacient	Pohlaví	Věk	ISS	Den pobytu na JIP	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	Ideální hmotnost [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Tlak – systolický [mmHg]	Tlak – diastolický [mmHg]	Tepová frekvence [tepů/min]	Dechová frekvence [dechů/min]	sO <sub>2</sub> [%]	Axilární teplota [C°]
DJ	1	33	57	5	176	104	71,1	33,8	169	79	60	17	100	37,6
KIM	1	25	38	3	178	75	72,6	23,6	136	75	93	17	100	37,1
RJ	1	62	29	4	179	143	73,1	44,7	100	52	78	18	96	37,1
TM	1	32	34	6	185	101	77,1	29,6	114	67	102	15	95	37,7
KoM	1	66	34	2	170	90	67,2	31,1	160	60	122	15	92	38,1
SJ	1	52	41	5	181	103	74,4	31,6	141	70	68	15	93	37
PP	1	69	17	3	177	103	71,8	32,8	113	51	83	17	92	36,2
KF	1	70	–	3	170	86	67,3	29,8	140	47	66	15	100	37
P	100 % muži	51,1	35,7	3,9	177	101	71,8	32,1	134,1	62,6	84	16,1	96	37,2
SO		17,3	11,3	1,3	4,8	18,7	3,1	5,5	22,3	11,1	19,5	1,1	3,4	0,5
VK		33,8	31,5	32,7	2,7	18,6	4,4	17,2	16,6	17,8	23,2	7,2	3,5	1,4

P...průměr

SO...směrodatná odchylka

VK...variační koeficient

### **7.1.3 Nutriční podpora**

Sedm pacientů bylo měřeno nalačno (v ranních hodinách, minimálně po 4 hodinách lačnění) a osm na hypokalorické nutriční podpoře (v odpoledních hodinách, minimálně 4 hodiny po podání NP).

Všichni pacienti na nutriční podpoře dostávali parenterální výživu, pouze jeden pacient dostával i enterální výživu. Proto jsou použity pouze údaje o celkovém příjmu živin.

Někteří pacienti měření nalačno dostávali propofol ve formě olejové emulze, jejichž tuk byl započítán do energetického příjmu.

Konkrétní hodnoty energetického příjmu a příjmu jednotlivých nutrientů pro každého pacienta zvlášť jsou uvedeny v kapitole Výsledky v tabulkách 10 a 11.

### **7.1.4 Statistická analýza**

Pro statistickou deskriptivní analýzu byl využit software Excel (Office 2016, Microsoft). Použity byly funkce průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient, dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylu a regresní analýza.

Dále byl použit software GraphPadPrism 7 (GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). Byl proveden D'Agostino-Pearsonův test normality a korelační analýza. Hladina statistické významnosti byla stanovena jako  $p < 0,05$ .

## **7.2 Výsledky**

Níže jsou shrnuty informace o energetickém výdeji, oxidaci jednotlivých nutričních substrátů, energetickém příjmu rozděleném podle jednotlivých substrátů, bilancích substrátů včetně dusíkové bilance.

### **7.2.1 Energetický výdej a oxidace nutričních substrátů**

Tabulka 6 obsahuje naměřené hodnoty  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , RQ, klidový energetický výdej a oxidace jednotlivých nutričních substrátů u pacientů měřených nalačno. V tabulce 8 jsou pro lepší názornost hodnoty vztaženy na kg.

Tabulka 7 obsahuje obdobné parametry jako tab. 6, naměřené u pacientů po podání hypokalorické nutriční podpory. Hodnoty přepočtené na kg a den jsou uvedeny v tabulce 9.

Většina pacientů v obou skupinách byla v době měření v normometabolizmu (90–110 % predikované hodnoty), 3 pacienti v hypometabolizmu (pod 90 % predikované hodnoty) a 2 v hypermetabolizmu (nad 110 % predikované hodnoty). Mezi skupinami nebyl statisticky významný rozdíl v energetickém výdeji.

V oxidacích jednotlivých nutričních substrátů se obě skupiny statisticky významně také neliší.

**Tabulka 6: Pacienti nalačno – naměřené hodnoty**

Pacient	VO <sub>2</sub> [l/min]	VCO <sub>2</sub> [l/min]	RQ [bez jednotky]	REE [kcal/den]	Oxidace sacharidů [g/den]	Oxidace lipidů [g/den]	Oxidace proteinů [g/den]
JE	0,22	0,13	0,59	1406,53	190,23	31,23	1,14
MR	0,47	0,28	0,6	3065,88	303,34	207,03	–
FI	0,26	0,14	0,55	1691,20	279,63	43,95	1,78
MJ	0,28	0,15	0,54	1830,35	279,96	82,91	0,88
DP	0,28	0,24	0,86	1912,68	174,41	38,70	1,21
MC	0,26	0,23	0,86	1815,13	194,24	56,90	0,99
DM	0,34	0,22	0,66	2203,75	169,85	89,45	1,80
P	0,30	0,20	0,67	1989,36	227,38	78,60	1,30
SO	0,07	0,05	0,13	492,08	53,26	56,24	0,36
VK	24,76	26,57	19,23	24,74	23,42	71,55	27,85

VO<sub>2</sub>...objem vdechovaného kyslíku za minutu [l/min]

VCO<sub>2</sub>...objem vydechovaného oxidu uhličitého za minutu [l/min]

RQ...respirační kvocient

REE...energetický výdej [kcal/24 h]



**Tabulka 7: Pacienti na nutriční podpoře – naměřené hodnoty**

Pacient	VO <sub>2</sub> [l/min]	VCO <sub>2</sub> [l/min]	RQ [bez jednotky]	EE [kcal/den]	Oxidace sacharidů [g/den]	Oxidace lipidů [g/den]	Oxidace proteinů [g/den]
DJ	0,28	0,22	0,78	1910,24	64,60	112,24	0,88
KIM	0,26	0,21	0,79	1778,44	78,20	93,49	1,20
RJ	0,41	0,27	0,65	2673,58	200,34	138,16	1,15
TM	0,35	0,24	0,71	1184,87	51,25	162,01	1,06
KoM	0,48	0,28	0,58	3162,13	363,02	197,56	1,20
SJ	0,31	0,19	0,62	2032,03	191,81	110,00	1,03
PP	0,31	0,19	0,61	2027,04	180,05	141,46	0,60
KF	0,25	0,15	0,59	1645,32	183,18	91,67	0,87
P	0,33	0,22	0,67	2051,71	164,06	130,83	1,00
SO	0,07	0,04	0,078	573,59	95,06	34,09	0,19
VK	22,14	18,60	11,75	27,96	57,94046	26,06	19,51

VO<sub>2</sub>...objem vdechovaného kyslíku za minutu [l/min]

VCO<sub>2</sub>...objem vydechovaného oxidu uhličitého za minutu [l/min]

RQ...respirační kvocient

EE...energetický výdej [kcal/24 h]

**Tabulka 8: Pacienti nalačno – energetický výdej a oxidace NS; vztaženo na kg hmotnosti**

Pacient	REE/kg [kcal/kg/den]	REE/predikce [%]	Oxidace sacharidů [g/kg/den]	Oxidace lipidů/kg [g/kg/den]	Oxidace proteinů/kg [g/kg/den]
JE	12,7	78,6	1,7	0,3	1,6
MR	27,5	161,7	2,7	1,9	1,2
FI	23,4	109,3	3,9	0,6	2,6
MJ	17,6	92,3	2,7	0,8	1,3
DP	17,7	85,3	1,6	0,4	1,7
MC	24,4	98,1	2,6	0,7	1,4
DM	23,1	106,2	1,8	0,9	2,6
P	20,9	104,5	2,4	0,8	1,8
SO	4,7	25,4	0,7	0,5	0,5
VK	22,6	24,3	30,6	60,5	29,9

REE/kg...REE na kg hmotnosti [kcal/kg/den]

REE/predikce...poměr naměřeného a vypočteného REE [%]

oxidace sacharidů/kg...oxidace sacharidů na kg hmotnosti [g/kg/den]

oxidace lipidů/kg...oxidace lipidů na kg hmotnosti [g/kg/den]

oxidace proteinů/kg...oxidace proteinů na kg [g/kg/den]

**Tabulka 9: Pacienti na nutriční podpoře – energetický příjem, výdej a oxidace NS; vztaženo na kg hmotnosti**

Pacient	EE/kg [kcal/kg/den]	EE/predikce [%]	Energetický příjem/kg [kcal/kg/den]	výdej/příjem [%]	Oxidace sacharidů [g/kg/den]	Příjem sacharidů/kg [g/kg/den]	Oxidace lipidů/kg [g/kg/den]	Příjem lipidů/kg [g/kg/den]	Oxidace proteinů/kg [g/kg/den]	Příjem proteinů/kg [g/kg/den]
DJ	18,3	88,5	25,6	140,0	0,6	2,5	1,1	1,1	1,3	1,4
KIM	23,7	97,7	20,0	84,2	1,0	2,0	1,2	0,9	1,7	0,9
RJ	18,7	106,5	9,2	49,5	1,4	0,9	1,0	0,4	1,7	0,4
TM	22,5	105,3	13,5	59,7	0,5	1,3	1,6	0,6	1,5	0,6
KoM	35,1	185,2	15,7	44,6	4,0	1,6	2,2	0,7	1,7	0,7
SJ	19,7	99,5	21,1	107,6	1,9	2,5	1,1	0,8	1,5	0,80
PP	19,7	106,7	15,4	78,4	1,7	1,5	1,4	0,7	0,9	0,7
KF	19,1	101,0	16,2	84,7	2,1	1,7	1,1	0,7	1,3	0,7
P	22,1	111,3	17,1	81,1	1,7	1,8	1,3	0,7	1,4	0,8
SO	5,2	28,5	4,7	29,6	1,0	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
VK	23,7	25,6	27,6	36,5	62,8	29,3	28,9	26,3	19,5	33,5

EE/kg...EE na kg hmotnosti [kcal/kg/den]

EE/predikce...poměr naměřeného a vypočteného EE [%]

oxidace sacharidů/kg...oxidace sacharidů na kg hmotnosti [g/kg/den]

oxidace lipidů/kg...oxidace lipidů na kg hmotnosti [g/kg/den]

oxidace proteinů/kg...oxidace proteinů na kg [g/kg/den]

## 7.2.2 Výživa a bilance

Většina pacientů z těch, kteří v době měření dostávali nutriční podporu (NP) dostávali pouze parenterální výživu, pouze jeden dostával parenterální i enterální. V tabulkách 10 a 11 jsou pro zjednodušení uvedeny údaje o celkovém příjmu živin a celkové bilanci.

I pacienti měření nalačno měli určitý (velmi nízký) energetický příjem související zejména s podáváním léků. Například propofol ve formě olejové emulze.

Energetický příjem, příjem jednotlivých substrátů a bilance u pacientů měřených nalačno znázorňuje tabulka 9, obdobné hodnoty u pacientů měřených po podání NP znázorňuje tabulky 10. V tabulce 11 jsou pro větší názornost hodnoty vztaženy na kg a den.

Všem byla podávána hypoenergetická NP ( $17,1 \pm 4,7$  kcal/kg/den), která pokrývala  $81,1 \pm 29,6$  % EE. Vzhledem ke složení NP bylo podáváno dostatečné množství sacharidů ( $1,8 \pm 0,5$  g/kg/den při oxidaci  $1,7 \pm 1,0$  g/kg/den), menší množství lipidů ( $0,7 \pm 0,2$  g/kg/den při oxidaci  $1,3 \pm 0,4$  g/kg/den) i menší množství proteinů ( $0,8 \pm 0,3$  g/kg/den při oxidaci  $1,4 \pm 0,3$  g/kg/den). Znázorněno v grafu 1.

Mezi skupinou měřenou nalačno a po podání NP nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v energetickém výdeji ani v oxidaci jednotlivých nutričních substrátů.

Statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami byl nalezen v dusíkové bilanci, kde skupina měřená po podání NP měla bilanci signifikantně nižší díky přijatým proteinům. Signifikantní rozdíl byl také nalezen ve stavu svaloviny. Její úbytek byl výrazně nižší než u pacientů měřených nalačno (graf 2).

**Tabulka 10: Pacienti nalačno – bilance**

Pacient	Celkový příjem energie [kcal/den]	Celková bilance příjmu energie [kcal/den]	Celkový příjem sacharidů [g/den]	Celková bilance příjmu sacharidů [g/den]	Celkový příjem lipidů [g/den]	Celková bilance příjmu lipidů [g/den]	Celkový příjem proteinů [g/den]	Celková bilance příjmu proteinů [g/den]	Celkový příjem dusíku [g/den]	Celková bilance příjmu dusíku [g/den]
JE	151,2	-1255,3	0	-190,2	16,8	-14,4	0	-182,2	0	-29,1
MR	21,6	-3044,3	0	-303,3	2,4	-204,6	0	-136,8	0	-21,9
FI	172,8	-1518,4	0	-279,6	19,2	-24,8	0	-184,7	0	-29,6
MJ	43,2	-1787,2	0	-280,0	4,8	-78,1	0	-131,5	0	-21,0
DP	129,6	-1783,1	0	-174,4	14,4	-24,3	0	-188,5	0	-30,2
MC	108	-1707,1	0	-194,2	12	-44,9	0	-106,5	0	-17,0
DM	64,8	-2139,0	0	-169,8	7,2	-82,3	0	-247,7	0	-39,6
P	98,7	-1890,6	0	-227,4	11,0	-67,6	0	-168,2	0	-26,9
SO	52,7	533,3	0	53,3	5,9	61,1	0	43,7	0	7,0
VK	53,4	28,2	–	23,4	53,4	90,4	–	25,9	–	25,9

P...průměr

SO...směrodatná odchylka

VK...variační koeficient

**Tabulka 11: Pacienti na nutriční podpoře – bilance**

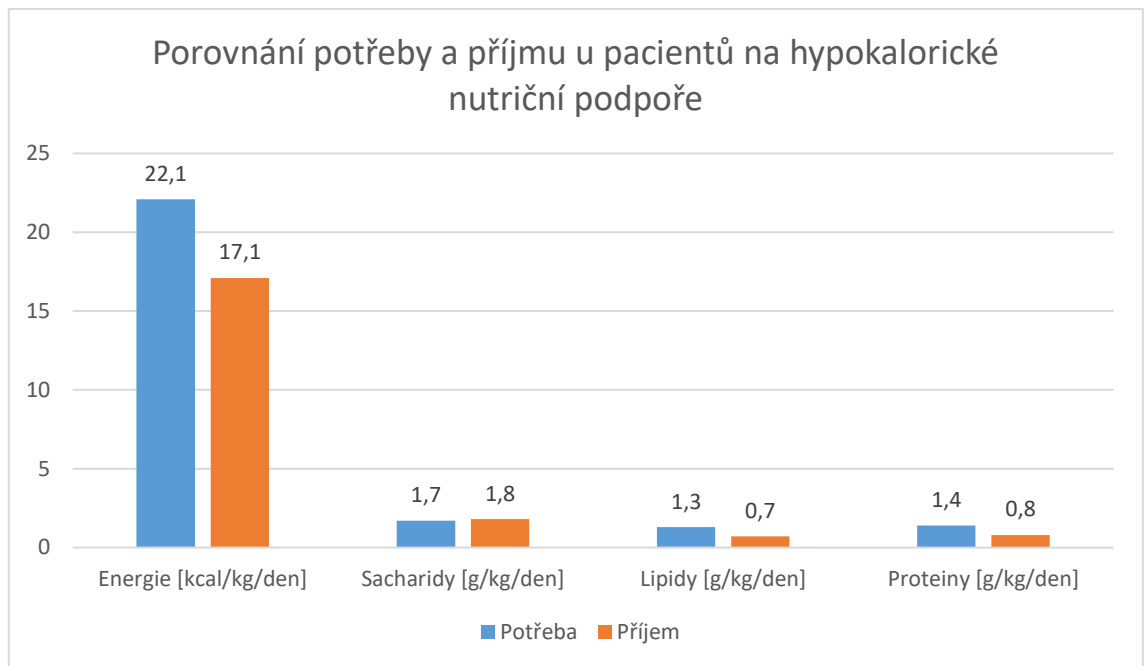
Pacient	Celkový příjem energie [kcal/den]	Celková bilance příjmu energie [kcal/den]	Celkový příjem sacharidů [g/den]	Celková bilance příjmu sacharidů [g/den]	Celkový příjem lipidů [g/den]	Celková bilance příjmu lipidů [g/den]	Celkový příjem proteinů [g/den]	Celková bilance příjmu proteinů [g/den]	Celkový příjem dusíku [g/den]	Celková bilance příjmu dusíku [g/den]
DJ	2674,8	764,6	265,2	200,6	113,3	1,0	143,3	11,4	22,9	1,8
KIM	1497,3	-281,2	153,2	75,0	63,8	-29,7	68,1	-61,45	10,9	-9,8
RJ	1323	-1350,6	135	-65,3	57,0	-81,2	60	-177,8	9,6	-28,4
TM	1364,8	-920,5	135	83,7	61,0	-101,0	60	-94,8	9,6	-15,2
KoM	1409,2	-1752,9	146,3	-216,7	58,5	-139,0	65,0	-91,1	10,4	-14,6
SJ	2185,9	153,9	259,2	67,4	86,4	-23,6	82,9	-71,1	13,3	-11,4
PP	1588,8	-438,2	158,3	-21,8	70,5	-71,0	70,3	-18,2	11,3	-2,9
KF	1392,9	-252,5	144,6	-38,5	57,9	-33,9	64,3	-43,6	10,3	-7,0
P	1679,6	-509,7	174,6	10,5	71,0	-59,8	76,7	-68,3	12,3	-10,9
SO	456,9	759,0	51,1	117,1	18,4	43,5	26,1	53,3	4,2	8,5
VK	27,2	-148,9	29,3	1111,3	25,9	-72,8	34,0	-78,0	34,0	-78,0

P...průměr

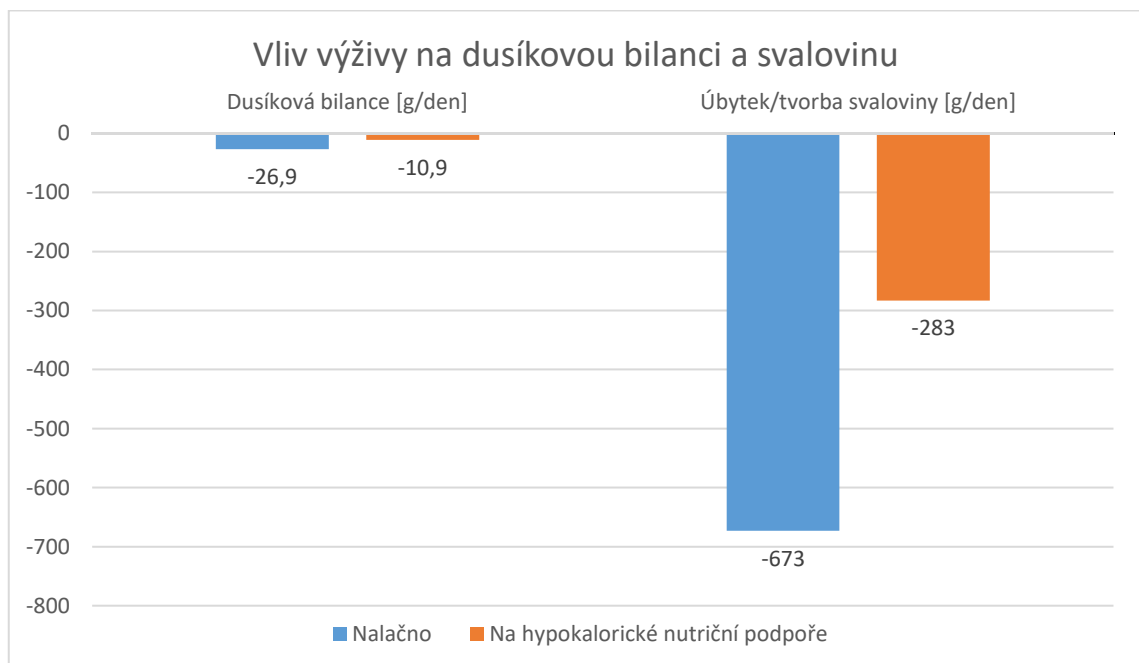
SO...směrodatná odchylka

VK...variační koeficient

**Graf 1: Porovnání příjmu a energetického výdeje a oxidace nutričních substrátů**



**Graf 2: Vliv nutriční podpory na dusíkovou bilanci stav svaloviny**



### 7.2.3 Korelační analýza

Po statistickém vyhodnocení v programu GraphPadPrism 7 bylo prokázáno několik korelací. V tabulce 12 jsou vybrány ty nejdůležitější. Naopak ty předpokládané byly vynechány.

**Tabulka 12: Korelační analýza pacientů na nutriční podpoře**

x	y	p value	r value
celkový příjem proteinů [g/den]	Glykemie [mmol/]	0,0120	0,6291
celkový příjem proteinů [g/den]	Oxidace sacharidů [%]	0,0355	-0,5452
celkový příjem proteinů [g/den]	Oxidace lipidů [%]	0,0133	0,6218
celková bilance příjmu proteinů	Oxidace proteinů [g/den]	0,0002	-0,8119
celkový příjem proteinů [g/den]	celková bilance příjmu N2	0,0004	0,7977
celkový příjem proteinů [g/den]	úbytek/tvorba svaloviny/den	0,0004	0,7919

*x, y...korelované parametry*

*p value...hladina významnosti; pokud je  $p \leq 0,05$ , pak je 95 % pravděpodobnost, že spolu dva parametry statisticky souvisí*

*r value...míra shody; pokud je  $|r| \leq$  tabelované hodnotě určené podle hodnoty p value, pak spolu dva parametry statisticky souvisí, pokud je  $r < 0$ , pak je souvislost nepřímá úměrná, pokud je  $r > 0$ , pak je souvislost přímo úměrná*

Bylo zjištěno, že vyšší příjem proteinů je spojen s vyšší glykemií ( $p = 0,0120$ ). Příjem proteinů souvisel se sníženou oxidací sacharidů ( $p=0,0355$ ) a zvýšenou oxidací lipidů ( $p=0,0133$ ).

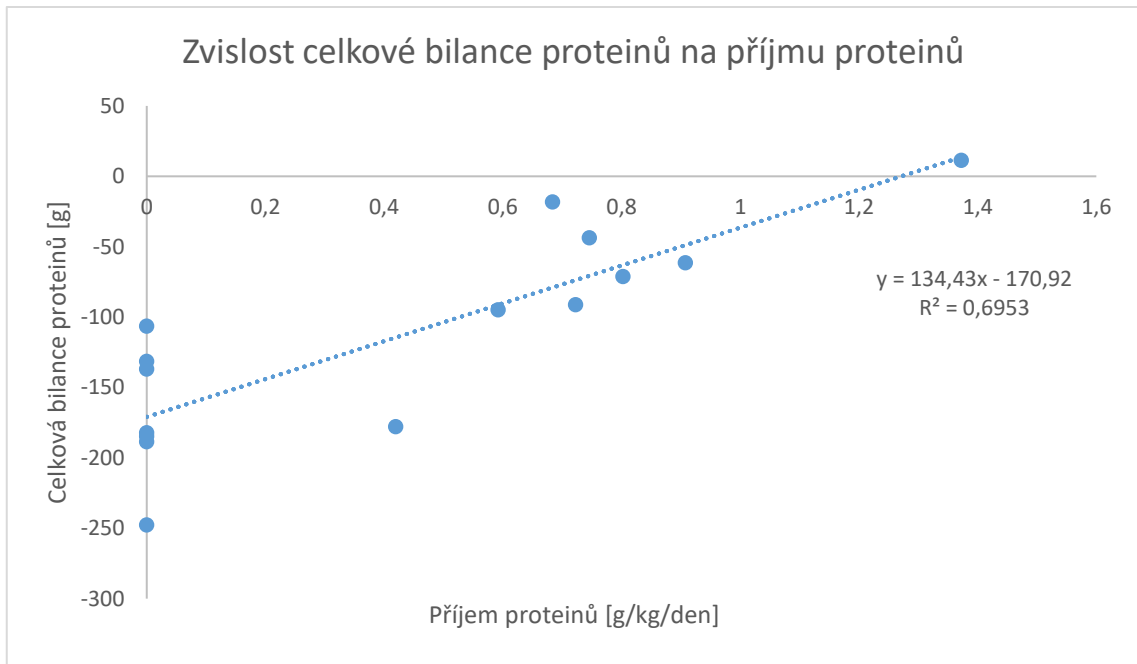
Příjem proteinů dále koreloval s nižší oxidací proteinů ( $p = 0,0002$ ), se zvýšenou celkovou dusíkovou bilancí ( $p = 0,0004$ ) a se zlepšováním stavu svaloviny ( $p = 0,0004$ ), resp. se snížením jejího úbytku.



## 7.2.4 Regresní analýza

Na základě korelační analýzy byla v programu Excel provedena regresní analýza některých parametrů, které spolu souvisely. Důraz byl kladen na parametry související s dusíkovou bilancí (resp. bilancí příjmu proteinů) a podanou nutriční podporou. V grafu 3 je znázorněn vliv příjmu proteinů na celkovou bilanci proteinů.

**Graf 3: Závislost bilance proteinů na příjmu proteinů**



## 8. DISKUSE

Většina pacientů v obou skupinách byla v době měření v normometabolizmu (90–110 % predikované hodnoty), 3 pacienti v hypometabolizmu (pod 90 % predikované hodnoty) a 2 v hypermetabolizmu (nad 110 % predikované hodnoty). Ve studii (Plank et al., 2003) se uvádí, že energetický příjem 25 kcal/kg/den pokrývá energetický výdej pacientů pouze v počáteční hypometabolické fázi. V naší studii pacienti měření 2.–6. den po traumatu měli energetický výdej  $21,5 \pm 5,0$  kcal/kg/den.

Podle novějších doporučení (Arabi et al., 2011) je v prvních dnech po traumatu výhodnější podávat hypoenergetickou nutriční podporu (odpovídající 60–70 % EE). To by v případě naší studie znamenalo podávat 13–15 kcal/kg/den.

V hypoenergetické NP by příjem proteinů měl být vyšší než doposud (2–2,5 g/kg/den) (Hoffer et al., 2012; Pavlíčková Aimová et al., 2014), příjem lipidů také (až 1,5 g/kg/den) (Singer et al., 2009) naopak sacharidů stačí méně (1–2 g/kg/den) (Bolder et al., 2009). Naše výsledky tyto závěry potvrzují. Podávaná hypoenergetická NP ( $17,1 \pm 4,7$  kcal/kg/den) pokrývala v průměru  $81,1 \pm 29,6$  % EE, obsažené sacharidy převyšovaly jejich oxidaci (106 %). Naopak příjem proteinů (57 % oxidovaného množství) a lipidů (54 % oxidovaného množství) byl v hypoenergetickém režimu nižší.

Podávaná nutriční podpora neměla statisticky významný vliv na oxidaci jednotlivých nutričních substrátů, ale má významný vliv na dusíkovou bilanci a úbytek svaloviny.

Příjem proteinů podle jiných studií snižuje inzulínovou rezistenci, zejména pokud jsou proteiny podávány společně s inzulínem. V kritickém stavu jsou ale aminokyseliny využívány přednostně jako zdroj energie. Při vyšším příjmu sacharidů, ale nezměněném metabolismu, se pak oxidace sacharidů jevila jako snížená a glykemie jako zvýšená. Pravděpodobně to ale souviselo se složením podávané NP, která obsahovala vyšší množství sacharidů vzhledem k jejich oxidaci.

Mezi skupinou pacientů měřených nalačno a po podání NP však nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v oxidaci žádného z nutričních substrátů. Je možné, že tam závislost není, nebo se projeví až při vyšších dávkách NP.

Snížení oxidace proteinů, zvýšení celkové dusíkové bilance a zlepšení stavu svaloviny v souvislosti s podáváním proteinů naznačuje, že podané proteiny byly částečně využity

jako energetický substrát, namísto proteinů ze svalové hmoty. Zároveň byly využity jiným způsobem, např. na reparaci tkání, což ukazuje, že podaná nutriční podpora se podílela na snížení rizik morbidit a mortality.

## 9. ZÁVĚR

Metabolismus kriticky nemocných pacientů na ventilátoru je velmi individuální a je obtížné ho odhadnout bez použití nepřímé kalorimetrie. Hodnoty námi naměřeného energetického výdeje se pohybovaly od 78,6 do 185,2 % predikované hodnoty.

Cílem této práce bylo zjistit, zda má podávání hypokalorické nutriční podpory vliv na energetický výdej a oxidaci jednotlivých nutričních substrátů se zaměřením na metabolismus proteinů a dusíkovou bilanci.

Bylo zjištěno, že energetický výdej a oxidace nutričních substrátů se po podání NP významně neliší. Podané proteiny ale mají příznivý vliv na celkovou dusíkovou bilanci ( $p = 0,0004$ ), stav svaloviny ( $p = 0,0004$ ) a tím ovlivňují celkovou prognózu. Podávání NP také souviselo se zvýšením glykemie ( $p = 0,0120$ ).

Podle naměřených hodnot oxidace nutričních substrátů podávaná hypokalorická nutriční podpora odpovídala 81 % energetického výdeje, obsahovala vyšší dávku sacharidů (106 % oxidovaného množství), nižší množství lipidů (54 % oxidovaného množství) a proteinů (57 % oxidovaného množství).

Optimalizace složení NP podávané kriticky nemocným ventilovaným pacientům jako součást komplexní péče je důležitá, protože NP a zejména dostatečný příjem proteinů zlepšuje dusíkovou bilanci, chrání svalovinu před katabolizmem a pozitivně ovlivňuje morbiditu a mortalitu. Umožňuje tak zkrátit dobu umělé ventilace, celkovou dobu léčby na JIP a rekonvalescenci.

## 10. POUŽITÉ ZKRATKY

Zkratka	Význam	Český význam
APS	Acute physiological score	Akutní fyziologické skóre
AIS	Abbreviated Injury Scale	Zkrácená stupnice závažnosti úrazů
APACHE	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation	Hodnocení akutního a chronického zdravotního stavu
ASPEN	American Society for Parenteral and Enteral Nutrition	Americká společnost pro parenterální a enterální výživu
BEE	Basal energy expenditure	Bazální energetický výdej
BMI	Body Mass Index	Index tělesné hmotnosti [kg/m <sup>2</sup> ]
EE	Energy expenditure	Energetický výdej (celkový)
ESPEN	European Society for Parenteral and Enteral Nutrition	Americká společnost pro parenterální a enterální výživu
ICU	Intensive Care Unit	Jednotka intenzivní péče
IK	Indirect calorimetry	Nepřímá kalorimetrie
ISS	Injury Severity Score	Skóre závažnosti úrazu
JIP	–	Jednotka intenzivní péče
MZČR	–	Ministerstvo zdravotnictví ČR
NP	–	Nutriční podpora
NU	–	Odpadní dusíku urey
P	–	Průměr
pO <sub>2</sub>	–	Parciální tlak kyslíku v krvi
pCO <sub>2</sub>	–	Parciální tlak oxidu uhličitého v krvi
REE	Resting energy expenditure	Klidový energetický výdej
RQ	Respiratory quotient	Respirační kvocient
SO	–	Směrodatná odchylka
sO <sub>2</sub>	–	Saturace krve kyslíkem
UPV	–	Umělá plicní ventilace
VK	–	Variační koeficient
VCO <sub>2</sub>	–	Objem vydechaného oxidu uhličitého
VO <sub>2</sub>	–	Objem spotřebovaného kyslíku

## 11. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Denní potřeba aminokyselin u dospělého člověka .....	20
Tabulka 2: Faktory ovlivňující energetický výdej .....	25
Tabulka 3: Přehled spotřeby O <sub>2</sub> , výdeje CO <sub>2</sub> a energetické hodnoty jednotlivých substrátů .....	28
Tabulka 4: Charakteristika pacientů měřených nalačno .....	36
Tabulka 5: Charakteristika pacientů měřených na nutriční podpoře .....	37
Tabulka 6: Pacienti nalačno – naměřené hodnoty .....	40
Tabulka 7: Pacienti na nutriční podpoře – naměřené hodnoty.....	41
Tabulka 8: Pacienti nalačno – energetický výdej a oxidace NS; vztaženo na kg hmotnosti .....	42
Tabulka 9: Pacienti na nutriční podpoře – energetický příjem, výdej a oxidace NS; vztaženo na kg hmotnosti .....	43
Tabulka 10: Pacienti nalačno – bilance.....	45
Tabulka 11: Pacienti na nutriční podpoře – bilance .....	46
Tabulka 12: Korelační analýza pacientů na nutriční podpoře .....	48

## 12. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Porovnání příjmu a energetického výdeje a oxidace nutričních substrátů .....	47
Graf 2: Vliv nutriční podpory na dusíkovou bilanci stav svaloviny .....	47
Graf 3: Závislost bilance proteinů na příjmu proteinů.....	49

## 13. SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1: Výpočet ISS.....	11
Rovnice 2: Dusíková bilance .....	21
Rovnice 3: Výpočet odpadu dusíku.....	21
Rovnice 4: Celkový energetický výdej.....	25
Rovnice 5: Oxidace glukózy.....	26
Rovnice 6: Oxidace mastných kyselin .....	26
Rovnice 7: Výpočet oxidace bílkovin [g/24 h] pomocí odpadu dusíku.....	26
Rovnice 8: Výpočet EE.....	27
Rovnice 9: Výpočet REE .....	27
Rovnice 10: Výpočet REE <sub>k</sub> .....	27
Rovnice 11: Výpočet npRQ .....	28
Rovnice 12: Oxidace proteinů.....	28
Rovnice 13: Oxidace sacharidů .....	28
Rovnice 14: Oxidace lipidů.....	28
Rovnice 15: Výpočet měrného objemu kyslíku a měrného objemu oxidu uhličitého ...	29
Rovnice 16: Výpočet BEE pro muže .....	29
Rovnice 17: Výpočet BEE pro ženy.....	29

## 14. POUŽITÁ LITERATURA

ARABI, Y. M., H. M. TAMIM, G. S. DHAR, A. AL-DAWOOD, M. AL-SULTAN, M. H. SAKKIJHA, S. H. KAHOUL a R. BRITS. Permissive underfeeding and intensive insulin therapy in critically ill patients: a randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2011, 93(3), 569-577. DOI: 10.3945/ajcn.110.005074. ISSN 0002-9165. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/93/3/569-577/4597686>

BAKER, Susan P., Brian O'NEILL, William HADDON a William B. LONG. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of Trauma*[online]. 1974, 14(3), 187-196 [cit. 2017-12-28]. DOI: 10.1097/00005373-197403000-00001. ISSN 0022-5282. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4814394>

BARTŮNĚK, Petr, Dana JURÁSKOVÁ, Jana HECZKOVÁ a Daniel NALOS, ed. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4343-1.

BENDO VÁ, Šárka. Ošetrovatelská péče u hospitalizovaného pacienta s umělou plicní ventilací. Praha, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Alice Strnadová, MBA.

BOLDER, U., C. EBENER, H. HAUNER, K. W. JAUCH, G. KREYMANN,, J. OCKENGA a K. TRAEGER. Carbohydrates – Guidelines on Parenteral Nutrition, Chapter 5. *GMS German Medical Science*. 2009, (7), Doc23. DOI: 10.3205/000082. Dostupné také z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2795380/>

BROHI, Karim. Abbreviated Injury Scale (AIS) Score: Overview of the anatomical scoring tool. *Trauma.org*[online]. London, 2007 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <http://www.trauma.org/index.php/main/article/510/>

BROHI, Karim. Injury Severity Score: Overview and Desktop Calculator. *Trauma.org* [online]. Londýn, 2007 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://www.trauma.org/index.php/main/article/383/>

ČERMÁKOVÁ, Lucie. Ošetrování pacientů na UPV s dg. cévní mozková příhoda. *Sestra* [online]. 2011, 12.12.2011, (12), s. 31-33 [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/osetrovani-pacientu-na-upv-s-dg-cevni-mozkova-prihoda-462703>

HOFFER, L. John a Bruce R. BISTRIAN. Appropriate protein provision in critical illness: a systematic and narrative review. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2012, 96(3), 591-600. DOI: 10.3945/ajcn.111.032078. ISSN 0002-9165. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/96/3/591/4576842>



JABOR, Antonín. Skórovací systémy v intenzivní péči. *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008, s. 467-469. ISBN 978-80-247-1221-5.

JIP. In: *Velký lékařský slovník* [online]. Praha: Maxdorf [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/pojem/jip>

KELLY, F. E., K. FONG, N. HIRSCH a J. P. NOLAN. Intensive care medicine is 60 years old: the history and future of the intensive care unit. *Clinical Medicine*. 2014, **14**(4), 376–9. DOI: 10.7861/clinmedicine.14-4-376. ISBN 10.7861/clinmedicine.14-4-376. Dostupné také z: <http://www.clinmed.rcpjournals.org/cgi/doi/10.7861/clinmedicine.14-4-376>

KITTNAR, Otomar a kol. Umělá plicní ventilace (UPV). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011, s. 288. ISBN 978-80-247-3068-4.

KLEIN, Catherine J., Gena S. STANEK a Charles E. WILES. Overfeeding Macronutrients to Critically Ill Adults. *Journal of the American Dietetic Association*. 1998, **98**(7), 795-806. DOI: 10.1016/S0002-8223(98)00179-5. ISSN 00028223. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822398001795>

KNAUS, William A., Elizabeth A. DRAPER, Douglas P. WAGNER a Jack E. ZIMMERMAN. APACHE II. *Critical Care Medicine* [online]. 1985, **13**(10), 818-829 [cit. 2017-12-27]. DOI: 10.1097/00003246-198510000-00009. ISSN 0090-3493.

LOCHS, H., C. PICHARD a S.P. ALLISON. Evidence supports nutritional support. *Clinical Nutrition* [online]. 2006, **25**(2), 177-179 [cit. 2018-03-08]. DOI: 10.1016/j.clnu.2006.02.002. ISSN 02615614. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261561406000495>

MCCLAVE, Stephen A., Beth E. TAYLOR, Robert G. MARTINDALE, et al. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2016, **40**(2), 159-211. DOI: 10.1177/0148607115621863. ISSN 0148-6071. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1177/0148607115621863>

MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Manuál stavební standardy: Standard pro jednotku intenzivní péče. Dostupné také z: <http://www.mzcr.cz/Soubor.ashx?souborID=5188&typ=application/pdf&nazev=Standard%20-%20JIP.pdf>

PAVLÍČKOVÁ AIMOVÁ, Petra, Miloslav HRONEK a Zdeněk ZADÁK. The importance and dosage of amino acids in nutritional support of various pathological conditions in ICU patients. *Biomedical papers*[online]. 2014, **158**(3), 346-355 [cit. 2018-04-12]. DOI: 10.5507/bp.2014.034. ISBN 10.5507/bp.2014.034. Dostupné z: <http://biomed.papers.upol.cz/doi/10.5507/bp.2014.034.html>

- PLANK, Lindsay D. a Graham L. HILL. Energy balance in critical illness. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2003, **62**(2), 545–552. DOI: 10.1079/PNS2003259. ISBN 10.1079/PNS2003259. Dostupné také z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0029665103000715](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0029665103000715)
- SIMSEK, Turgay, Hayal UZELLI SIMSEK a Nuh Zafer CANTURK. Response to trauma and metabolic changes: posttraumatic metabolism. *Turkish Journal of Surgery*. 2014, **30**(3), 153-9. DOI: 10.5152/UCD.2014.2653. ISBN 10.5152/UCD.2014.2653. ISSN 2564-6850. Dostupné také z: <http://www.ulusalcerahidergisi.org/eng/abstract/1137/eng>
- SINGER, Pierre, Mette M. BERGER, Greet VAN DEN BERGHE, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Intensive care. *Clinical Nutrition* [online]. 2009, **28**(4), 387-400 [cit. 2018-03-08]. DOI: 10.1016/j.clnu.2009.04.024. ISBN 10.1016/j.clnu.2009.04.024. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261561409000983>
- STOKLASOVÁ, Iveta. Perkutánní dilatační tracheostomie. *Sestra* [online]. 2005, 17.5.2005, (5), s. 46 [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/perkutanni-dilatacni-tracheostomie-298076>
- ŠVAČINA, Štěpán a kol. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
- ŠPRUČKOVÁ, Markéta. *Klidový energetický výdej člověka*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Mgr. Michal Kumstát.
- TAKROURI, M. Intensive Care Unit. *The Internet Journal of Health* [online]. 2003, **3**(2), 1-6 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <http://ispub.com/IJH/3/2/10345>
- THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE. The Abbreviated Injury Scale: Overview. *The Association for the Advancement of Automotive Medicine* [online]. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/>
- WICHANSAWAKUN, Sanit, Liisa MEDDINGS, Cathy ALBERDA, Sarah ROBBINS a Leah GRAMLICH. Energy requirements and the use of predictive equations versus indirect calorimetry in critically ill patients. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015, **40**(2), 207-210. DOI: 10.1139/apnm-2014-0276. ISSN 1715-5312. Dostupné také z: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2014-0276>
- ZADÁK, Zdeněk et al. *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2844-5.
- ZADÁK, Zdeněk, Eduard HAVEL et al. *Intenzivní medicína na principech vnitřního lékařství*. 2. vydání. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-271-0282-2.
- ZADÁK, Zdeněk, Jaroslav KVĚTINA et al. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-807-2627-486.