

MUNI
MED

BÍLKOVINY

Veronika Suchodolová

MAKROŽIVINY x MIKROŽIVINY

MAKROŽIVINY:

- bílkoviny, tuky, sacharidy
- přijímáme je denně v množství desítek až stovek gramů

MIKROŽIVINY:

- vitaminy, minerální látky, stopové prvky
- přijímáme je denně v potřebném množství miligramů či mikrogramů

BÍLKOVINY

- organické sloučeniny **vodíku**, **uhlíku** a **kyslíku** – stejně jako tuky a sacharidy
- navíc obsahují **dusík** („amino“ znamená „dusík obsahující“) a **síru** (v případě sirných aminokyselin)
- skládají se z velkého množství aminokyselin (stovky až tisíce), které jsou spojeny peptidovou vazbou do řetězce
- základní stavební jednotka: AMINOKYSELINA (AMK)
 - ESENCIÁLNÍ AMK - člověk je není schopen syntetizovat pro svoji potřebu
 - NEESENCIÁLNÍ AMK – člověk je schopen syntetizovat je dle potřeby
 - PODMÍNĚNĚ ESENCIÁLNÍ AMK - v určitých situacích se některé neesenciální aminokyseliny nemohou dobře syntetizovat a stávají se tak podmíněně esenciální

Esenciální **versus** neesenciální

AMINOKYSELINY		
ESENCIÁLNÍ	PODMÍNĚNE ESENCIÁLNÍ	NEESENCIÁLNÍ
Leucin	Tyrozín (v případě	Glycin
Isoleucin	fenylketonurie)	Alanin
Valin	Arginin (ve fetálním období a	Cystein
Lysin	při spermatogenezi)	Serin
Methionin	Glutamin (v případě sepsí)	Prolin
Fenylalanin		Kyselina asparagová
Tryptofan		Kyselina glutamová
Threonin		Asparagin
Histidin		Glutamin

Pozn:

FENYLKETONURIE: Vrozená porucha metabolismu (chybí enzym fenylalaninhydroxydáza, z fenylalaninu se nevytváří tyrozín), dochází k hromadění fenylalaninu, následně k poruše CNS (mentální retardace, ...)

FETÁLNÍ OBDOBÍ: začíná v 9. týdnu těhotenství a končí porodem

SPERMATOGENEZE: tvorba mužských pohlavních buněk

SEPSE: celková reakce organismu na infekci

K čemu jsou bílkoviny?

KOFEIN STARCŮ

KRÁLOVNA MEZI
ŽIVINAMI

- **vazba na veškeré životní funkce** (proteiny, z řeckého *protos* = první)
- **zdroj AMK pro biosyntézu tělesných bílkovin**

- **strukturální:** kolagen, aktin, myozin
- **transportní:** hemoglobin, lipoproteiny
- **hormony:** inzulin
- **enzymy:** amyláza
- **ochrana a obrana organismu:** imunoglobuliny, fibrinogen
- **v případě potřeby zdroj energie:** 17 kJ/g, resp. 4 kcal/g

POTŘEBA BÍLKOVIN

Absolutní množství bílkovin ve stravě

Plnohodnotnost bílkovin
(obsah esenciálních
aminokyselin)

Stravitelnost bílkovin

NUTRIČNÍ HODNOTA BÍLKOVIN ?

ZDROJE BÍLKOVIN

MATEŘSKÉ
MLÉKO
cca 1g/100 g

HOUBY
2,8 g/100 g

Zdroj (www.nutridatabaze.cz)

	bílkoviny (g/100 g)
Rohlík bílý	11,4
Chléb pšenično-žitný, Šumava	6,0
Rýže loupaná, dušená	2,6
Těstoviny nevaječné, vařené	3,5
Ovesné vločky	13,1
Brambory, zimní	2,4
Mrkev	1,0
Paprika červená	1,3
Okurka	0,8
Avokádo	1,5
Banán	1,1
Jablko	0,4
Hroznové víno	0,7
Mléko, kravské, polotučné	3,3
Eidam, 30 % t. v s.	28,9
Tvaroh tučný	12,6
Jogurt bílý, 3,5 % tuku	4,5
Maso vepřové, krkovice bez kosti, libová, pečená	29,6
Losos atlantický, filet s kůží - syrový	18,1
Vejce	12,5
Čočka, vařená	7,9
Sója, vařená	14,5
Tofu	7,8
Ořechy vlašské	16,3
Semena slunečnicová	19,0

PLNOHODNOTNOST

- AMINOKYSELINOVÉ SKÓRE (*amino acid score, AAS*) hodnotí kvalitu bílkoviny vzhledem k tzv. referenčnímu proteinu
- REFERENČNÍ PROTEIN:
 - obsahuje optimální a vyrovnaný poměr jednotlivých esenciálních AMK
 - většinou se za něj označuje bílkovina vejce či mléka



Složení „referenčního proteinu“ (WHO, 2007)

aminokyselina	g/100 g čisté bílkoviny
Histidin	1,5
Izoleucin	3,0
Leucin	5,9
Lysin	4,5
Methion a cystein	2,2
Fenylalanin a tyrozin	3,8
Threonin	2,3
Tryptofan	0,6
Valin	3,9

Table 23
Summary of the adult indispensable amino acid requirements

Amino acid protein ^b	Present estimates		1985 FAO/WHO/UNU ^a	
	mg/kg per day	mg/g protein ^b	mg/kg per day	mg/g protein ^b
Histidine	10	15	8–12	15
Isoleucine	20	30	10	15
Leucine	39	59	14	21
Lysine	30	45	12	18
Methionine + cysteine	15	22	13	20
<i>Methionine</i>	10	16	–	–
<i>Cysteine</i>	4	6	–	–
Phenylalanine + tyrosine	25	38	14	21
Threonine	15	23	7	11
Tryptophan	4	6	3.5	5
Valine	26	39	10	15
Total indispensable amino acids	184	277	93.5	141

^a From reference 1.

^b Mean nitrogen requirement of 105 mg nitrogen/kg per day (0.66 g protein/kg per day).

PLNOHODNOTNOST

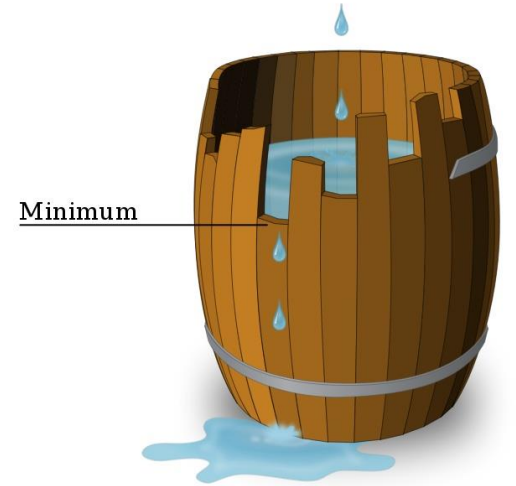
- Srovnání esenciální AMK dle vzorce:

$$\frac{X}{Y} \times 100 = AAS$$

X...množství sledované AMK v testované bílkovině v g/100 g čisté bílkoviny

Y...množství sledované AMK v referenčním proteinu v g/100 g čisté bílkoviny

- Postupně se dle vzorce zhodnotí všechny esenciální AMK - ta, která dosáhla nejnižšího aminokyselinového skóre = **LIMITUJÍCÍ/LIMITNÍ AMINOKYSELINA**, její AAS je zároveň i AAS testované bílkoviny



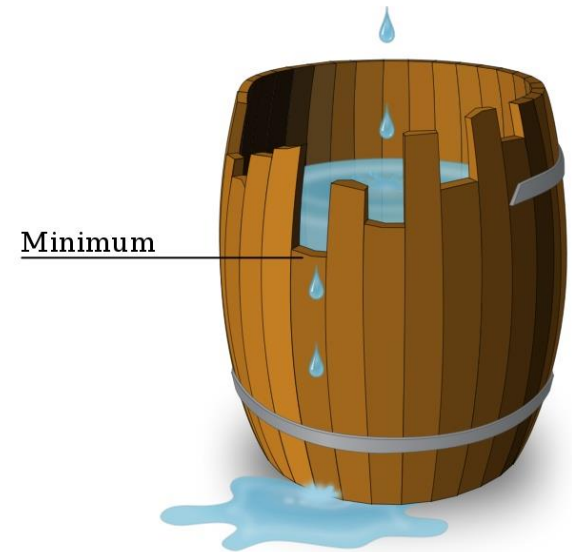
— Rubnerův zákon limitující aminokyseliny:

Z potravin je k proteosyntéze využito jen takové množství aminokyselin, které odpovídá množství nejméně zastoupené esenciální aminokyseliny (limitující aminokyseliny). Nad rámec tohoto množství nemohou aminokyseliny do procesu proteosyntézy vstoupit.

— Liebigův model dřevěného sudu naplněného vodou:

jednotlivá prkna → esenciální AMK

naplnění sudu → tvorba bílkovin



LIMITUJÍCÍ AMINOKYSELINA

KOMPLEMENTARITA

esenciální AMK s nejnižším zastoupením v dané bílkovině vzhledem k referenčnímu proteinu

	Limitující aminokyselina	Zároveň zdroj bohatý na:
Fazole, čočka (luštěniny)	Methionin	Lysin
Ořechy, semena, obiloviny	Lysin	Methionin
Kukuřice	Lysin, tryptofan	Methionin

KOMPLEMENTARITA

– plnohodnotné

- obsahují všechny esenciální AMK



sója
quinoa

– neplnohodnotné

- hodnotu snižuje **limitující AMK**



Lys, Trp



Met



Lys



Lys

STRAVITELNOST

- BIOLOGICKÁ HODNOTA BÍLKOVIN

- stanovuje, kolik gramů tělesných bílkovin může být vytvořeno ze 100 gramů bílkovin ve stravě
- výsledná hodnota závisí na obsahu esenciálních AMK, jejich vzájemném poměru a stravitelnosti

- AMINOKYSELINOVÉ SKÓRE VZTAŽENÉ NA STRAVITELNOST PROTEINŮ (*protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAS*)

= upravuje AAS o skutečnou stravitelnost dané bílkoviny

- Více viz seminář z Biochemie 😊

POTŘEBA BÍLKOVIN

SMÍŠENÁ
STRAVA

EFSA
doporučení

DACH
doporučení

ZDRAVÝ
JEDINEC

EFSA

European Food Safety Authority
(Evropský úřad pro bezpečnost potravin)

DACH

D-A-CH je oblast označující evropské německy mluvící země, tedy Německo (D), Rakousko (A) a Švýcarsko (CH)

Věk	Referenční příjem populace pro bílkoviny		
	g/kg tělesné hmotnosti na den Muži/Ženy	g/den ^(a)	
		Muži	Ženy
0,5 roku	1,31	10	9
1 rok	1,14	12	11
1,5 roku	1,03	12	11
2 roky	0,97	12	12
3 roky	0,90	13	13
4 roky	0,86	15	14
5 let	0,85	16	16
6 let	0,89	19	19
7 let	0,91	22	22
8 let	0,92	25	25
9 let	0,92	28	28
10 let	0,91	31	31
11 let	0,91/0,90	34	34
12 let	0,90/0,89	37	38
13 let	0,90/0,88	42	42
14 let	0,89/0,87	47	45
15 let	0,88/0,85	52	46
16 let	0,87/0,84	56	47
17 let	0,86/0,83	58	48
18-59 let	0,83	62	52
≥60 let	0,83	61	55
Těhotné^(b)			
První trimestr		-	+1
Druhý trimestr		-	+9
Třetí trimestr		-	+28
Kojící^(b)			
<6 měsíců po porodu		-	+19
>6 měsíců po porodu		-	+13

EFSA doporučení (2012)

pro další živiny: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm>

Vysvětlivky:

(a) Hodnoty referenčního příjmu populace (PRI) v g/kg tělesné hmotnosti na den vynásobeny referenční hmotností pro příslušnou věkovou skupinu. Pro kojence a děti jsou založeny na 50. percentilu referenční hmotnosti pro evropské děti, pro dospělé na mediánu hmotnosti evropských žen a mužů.

(b) Navíc k PRI žen, které nejsou těhotné a nekojí

Co je PRI, percentilový graf a medián?

PRI

= *Population Reference Intake*

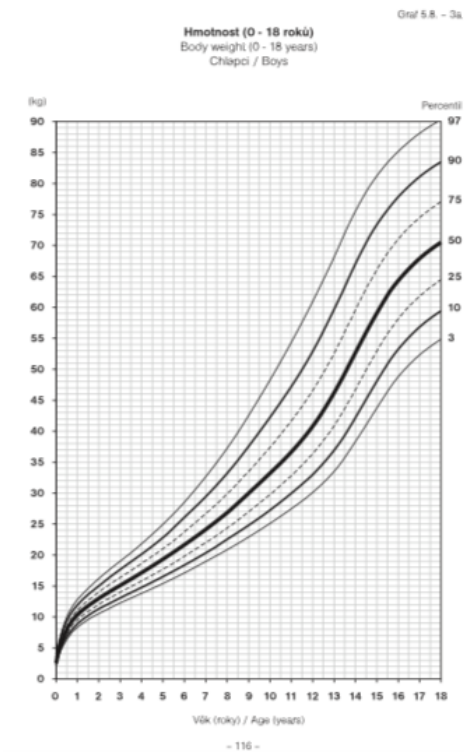
- stanovená hodnota průměrného příjmu nutrientu dostatečná pro pokrytí potřeb 97–98 % zdravých jedinců (např. referenční příjem pro bílkoviny, vápník).

PERCENTILOVÝ GRAF

- slouží ke zhodnocení aktuálního stavu růstu sledovaného dítěte
- PERCENTIL vyjadřuje, jak se jednotlivý účastník umístil v rámci všech ostatních účastníků, nebo jinak vyjádřeno, kolik procent ostatních účastníků dosáhlo horšího výsledku než on

MEDIÁN

- je hodnota, jež dělí řadu vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny
- hodnota, která se nalézá uprostřed



DACH doporučení (2008)

Věk	Bílkoviny g/kg ¹ /den		Bílkoviny g/den		g/MJ ² (hustota živin)	
	Muž	Žena	Muž	Žena	Muž	Žena
Kojenci						
0-≤1 měsíc	2,7		12	12	6,0	6,3
1 měsíc	2,0		10	10	5,0	5,3
2-3 měsíce	1,5		10	10	5,0	5,3
4-5 měsíců	1,3		10	10	3,3	3,4
6-11 měsíců	1,1		10	10	3,3	3,4
Děti						
1-3 roky	1,0		14	13	3,0	3,0
4-6 let	0,9		18	17	2,8	2,9
7-9 let	0,9		24	24	3,0	3,4
10-12 let	0,9		34	35	3,6	4,1
13-14 let	0,9		46	45	4,1	4,8
Dospívající a dospělí						
15-18 let	0,9	0,8	60	46	5,7	5,4
19-24 let	0,8		59	48	5,6	5,9
25-50 let	0,8		59	47	5,8	6,0
51-64 let	0,8		58	46	6,3	6,2
≥65 let	0,8		54	44	6,5	6,4
Těhotné				58		6,3
Kojící³				63		5,8

Vysvětlivky:

¹Vztaženo na referenční tělesnou hmotnost

²Přepočteno na mladistvé a dospělé

s převážně sedavou činností (PAL 1,4)

³Cca 2 g bílkovin jako přídavek na 100 g mateřského mléka

Trávení...

TRÁVENÍ BÍLKOVIN A VSTŘEBÁVÁNÍ AMINOKYSELIN

- Bílkoviny jsou působením enzymů v trávicím traktu (pepsin v žaludku, trypsin, chymotrypsin, karboxypeptidáza a elastáza v pankreatické šťávě a aminopeptidázy a dipeptidázy v tenkém střevě) postupně rozloženy na AMK
- Přibližně za 3-5 hodin po příjmu potravy jsou uvolněné AMK (ale i dipeptidy a tripeptidy) vstřebány buňkami tenkého střeva a dále vstupují do krevního oběhu

KATABOLIZMUS AMINOKYSELIN A TVORBA MOČOVINY

- Katabolizmus většiny aminokyselin probíhá v játrech ve dvou stupních:
 1. z AMK je odstraněna aminoskupina za vzniku amoniaku a uhlíkatého skeletu
 2. z amoniaku se syntetizuje močovina, uhlíkatý skelet je využit dle potřeby, močovina je dále vylučována ledvinami

AMINOKYSELINOVÝ POOL

- Aminokyselinová hotovost (pool) je využívána pro syntézu bílkovin a řady biologicky významných látek
- Velikost a skladba aminokyselinového poolu je regulována prostřednictvím řady nervových a humorálních působků
- V období anabolických reakcí je aminokyselinový pool doplňován aminokyselinami uvolňovanými při štěpení bílkovin potravy
- V období katabolických reakcí je doplňován z endogenních zdrojů (především kosterního svalstva)

Dusíková bilance

= *nitrogen balance (NB)*

Porovnání příjmu dusíku s jeho výdejem = rozdíl mezi množstvím N přijatého potravou (v bílkovinách) a vyloučeného močí a stolicí (především ve formě močoviny)

Odpad N do moče za 24 hodin

16 g N ve 100 g bílkovin

Ztráta 1g N = 20–25 g svalové hmoty

NB vyrovnaná (příjem=ztráty)

NB negativní (výdej>příjem)

NB pozitivní (výdej<příjem)

NB vyrovnaná
(příjem=ztráty)

NB negativní
(výdej>příjem)

NB pozitivní
(výdej<příjem)

kosmonaut

zdravý
člověk

těhotenství

hladovění

dítě
v růstu

nemoc

silový
sportovec

NB vyrovnaná
(příjem=ztráty)

NB negativní
(výdej>příjem)

NB pozitivní
(výdej<příjem)

kosmonaut

zdravý
člověk

těhotenství

dítě v
růstu

silový
sportovec

hladovění

nemoc

ZDROJE BÍLKOVIN

ZDROJE BÍLKOVIN

MATEŘSKÉ
MLÉKO
cca 1g/100 g

HOUBY
2,8 g/100 g

Zdroj (www.nutridatabaze.cz)

Zdroj (www.nutridatabaze.cz)	bílkoviny (g/100 g)
Rohlík bílý	11,4
Chléb pšenično-žitný, Šumava	6,0
Rýže loupaná, dušená	2,6
Těstoviny nevaječné, vařené	3,5
Ovesné vločky	13,1
Brambory, zimní	2,4
Mrkev	1,0
Paprika červená	1,3
Okurka	0,8
Avokádo	1,5
Banán	1,1
Jablko	0,4
Hroznové víno	0,7
Mléko, kravské, polotučné	3,3
Eidam, 30 % t. v s.	28,9
Tvaroh tučný	12,6
Jogurt bílý, 3,5 % tuku	4,5
Maso vepřové, krkovice bez kosti, libová, pečená	29,6
Losos atlantický, filet s kůží - syrový	18,1
Vejce	12,5
Čočka, vařená	7,9
Sója, vařená	14,5
Tofu	7,8
Ořechy vlašské	16,3
Semena slunečnicová	19,0

Informace na obalech potravin

– VÝŽIVOVÉ TVRZENÍ

Zdroj bílkovin¹

S vysokým obsahem bílkovin²

¹Tvrzení, že se jedná o potravinu, která je zdrojem bílkovin, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, pokud bílkoviny představují alespoň 12 % energetické hodnoty potraviny.

²Tvrzení, že se jedná o potravinu s vysokým obsahem bílkovin, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, pokud bílkoviny představují alespoň 20 % energetické hodnoty potraviny.

– ZDRAVOTNÍ TVRZENÍ

Bílkoviny přispívají k růstu svalové hmoty³

Bílkoviny přispívají k udržení svalové hmoty³

Bílkoviny přispívají k udržení normálního stavu kostí³

³Tvrzení smí být použito pouze u potravin, které jsou přinejmenším zdrojem bílkovin podle vymezení v tvrzení ZDROJ BÍLKOVIN na seznamu v příloze nařízení (ES) č. 1924/2006.

SATIATION X SATIETY

SATIATION

proces sycení neboli uspokojení chuti k jídlu, které probíhá v průběhu konzumace jídla a vede k ukončení příjmu potravy

SATIETY

stav sytosti, který brání dalšímu příjmu potravy a objevuje se jako důsledek příjmu potravy

Feeding cycle :

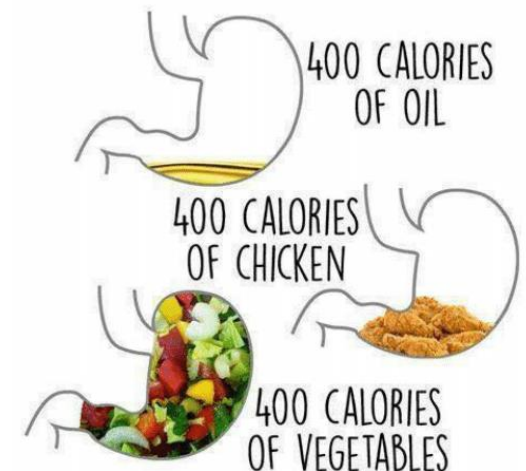
- ▷ **Appetite**
 - ▷ **Hunger**
 - ▷ **Satiation**
 - ▷ **Satiety**
- } Eat
- } Stop eating



(<http://www.humankinetics.com/excerpts/excerpts/understanding-energy-expenditure-or-output>, accessed on-2/3/2017)

**BÍLKOVINY
OVLIVŇUJÍ
SYTOST**

SATIATION
PROCES SYCENÍ
X
SATIETY
STAV SYTOSTI



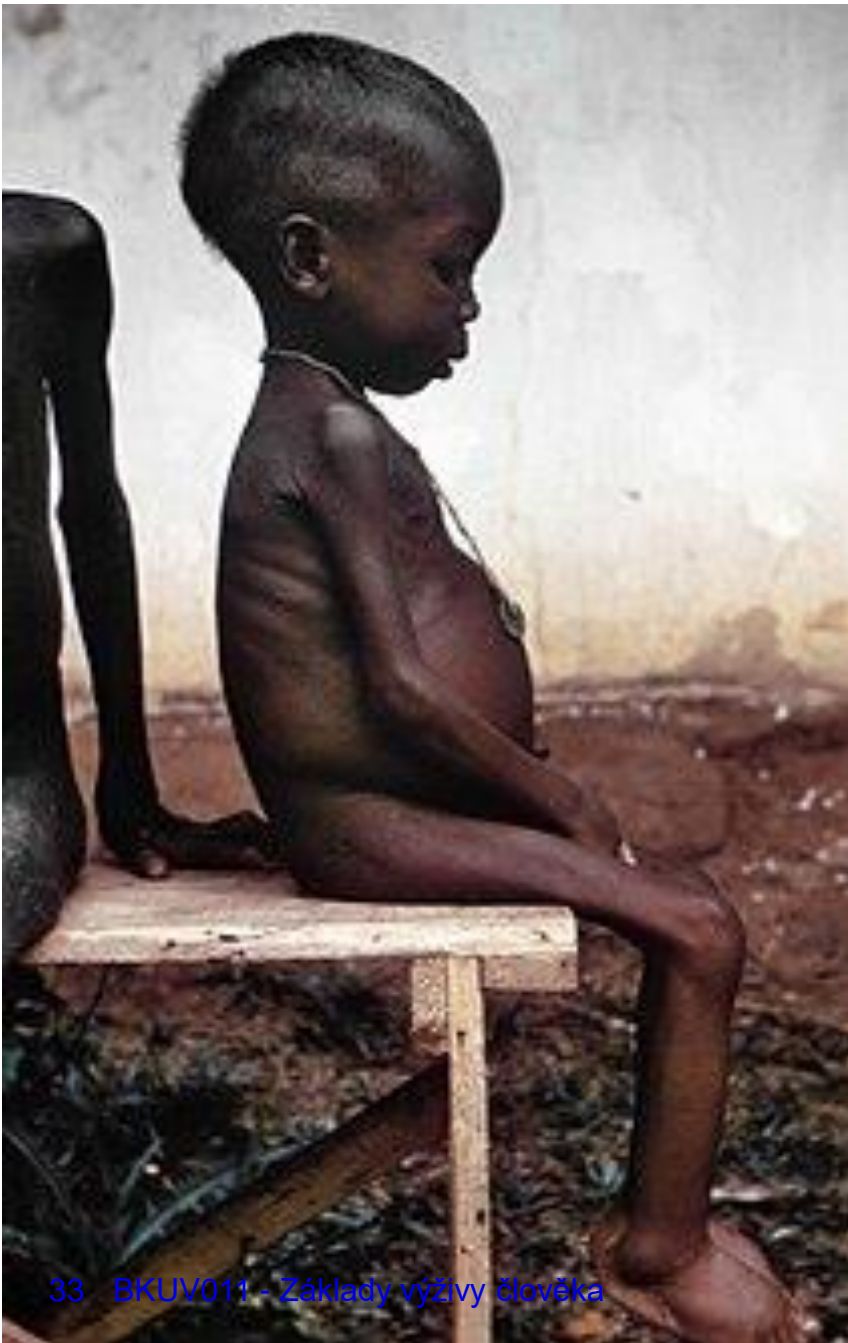
TERMICKÝ EFEKT POTRAVY

Dietary Induced Thermogenesis, DIT

- je způsoben metabolickými nároky organismu (konzumace, trávení a absorpce) na zpracování stravy
 - Obligatorní DIT je spojen se žvýkáním, salivací, motilitou gastrointestinálního traktu a resorpcí živin
 - Fakultativní DIT je způsoben hormonální odezvou organismu na přívod stravy
- **uvádí se v procentech energetické hodnoty potravy**
- Každá živina má jiný termický efekt (rozdílné metabolické cesty), pokud jsou živiny požitý samostatně, pak:
 - bílkoviny 20-30 % DIT
 - sacharidy 5-10 % DIT
 - tuky 0-3 % DIT
- DIT jednotlivých živin se nesčítá, u normální smíšené stravy se udává do 10 % energetické hodnoty potravy
(př. pokud přijmeme 2000 kJ, vzroste klidový energetický výdej o 200 kJ)

NEDOSTATEK BÍLKOVIN

KWASHIORKOR, MARASMUS,
ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY STRAVOVÁNÍ, SARKOPENIE



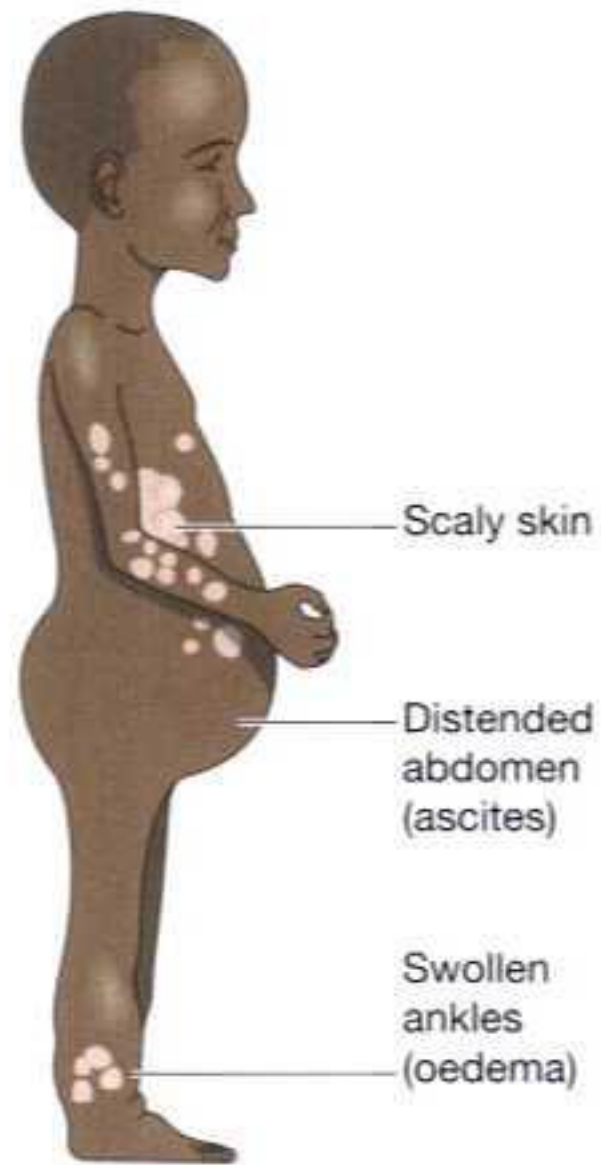
KWASHIORKOR

- Z ghanského překladu: „*Evil spirit that infects the first child when the second child is born*“
- U malého dítěte nejčastěji vzniká poté, co jej matka přestane kojit, když do rodiny přibude mladší sourozenec. Mateřské mléko je nahrazeno stravou z obilovin (neboli plnohodnotné bílkoviny jsou nahrazeny neplnohodnotnými)
- Dostatečný příjem energie, při nedostatečném příjmu bílkovin
- Starší kojenci (1-3 roky, země třetího světa)
- Otoky, depigmentace kůže, vlasů, průjmy, chudokrevnost, závažné psychomotorické změny, apatie

MARASMUS

- Prosté hladověn
- Proteino-energetická malnutrice
- Nízký příjem bílkovin současně s nedostatečným příjmem energie, nedostatečný příjem všech živin
- Hladovějící populace, ale i pacienti, u kterých je přívod stravy z nějakých důvodů omezen
- Autokanibalismus, nízká hmotnost, ztráta podkožního tuku





Scaly skin

Distended abdomen
(ascites)

Swollen ankles
(oedema)

A Kwashiorkor



Hair loss

Old person's
face

Wrinkled
skin

Severe
muscle
wasting

B Marasmus

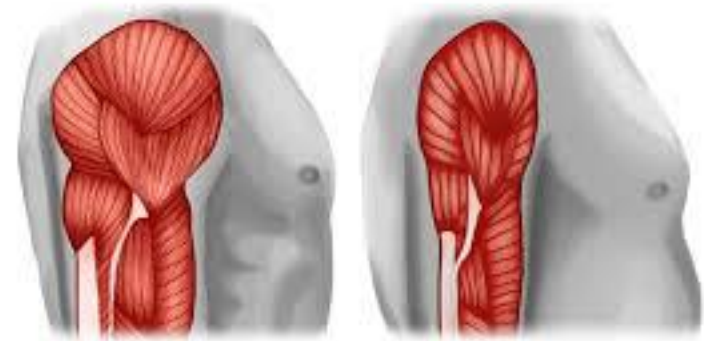
ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY STRAVOVÁNÍ

VEGETARIÁNSTVÍ/VEGANSTVÍ

- pečlivé sestavení stravy pro pokrytí potřeby esenciálních AMK
- vegetariánství – příjem kvalitních mléčných a vaječných bílkovin
- veganství – vhodná kombinace komplementárních zdrojů bílkovin
- POZOR! – rostoucí organismus, nemocní v katabolismu, těhotenství

SARKOPENIE

- úbytek svalové hmoty a svalové síly
- přichází a prohlubuje se s věkem
- vede ke snížení pohyblivosti



- řecky *sarka* = maso, tělesná hmota, latinsky *penia* = chudost, nedostatek

NADBYTEK BÍLKOVIN

- Obecně nebyly u nadměrného příjmu bílkovin zjištěny pozitivní fyziologické účinky
- U silových sportovců je horní hranice příjmu 2,2 g/kg/den (krátkodobě i více)
- Vyšší příjem živočišných bílkovin je spojen s vyšším příjmem tuků, cholesterolu, purinů