

# 栄養の基礎と 呼吸器疾患の栄養管理

一般社団法人

**Critical Care Research Institute (CCRI)**

クリティカルケア認定看護師

清水 孝宏 (Shimizu Takahiro)



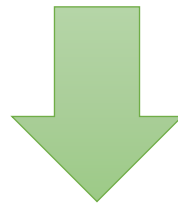
# 栄養の基礎と呼吸器疾患の栄養管理

1. 栄養はなぜ必要なのか？
2. 基本的な栄養の設計図（栄養投与計画）
3. 経腸栄養の種類と投与方法・合併症予防
4. 静脈栄養の種類と投与方法・合併症予防
5. 呼吸不全患者の栄養管理
6. 栄養管理の最新トピックス

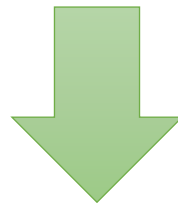


# 正常な代謝

栄養素



消化



吸収

代謝

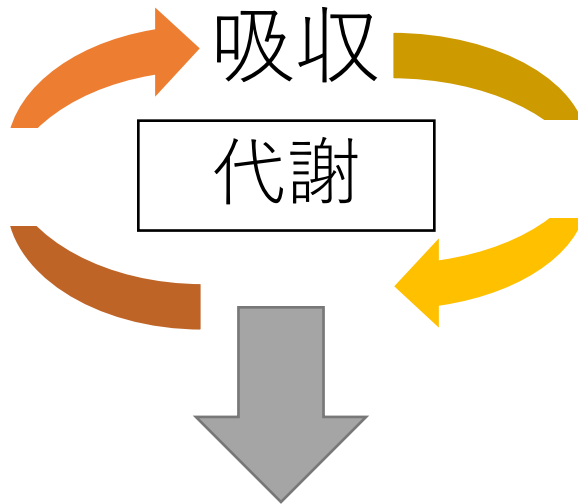
同化（合成）

からだの素材  
となる

異化（分解）

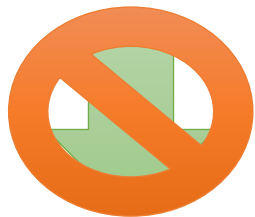
エネルギーと  
して利用

排泄



# 飢餓状態

栄養素



消化



同化（合成）できず  
痩せ細っていく

からだの素材を  
エネルギーとして消費

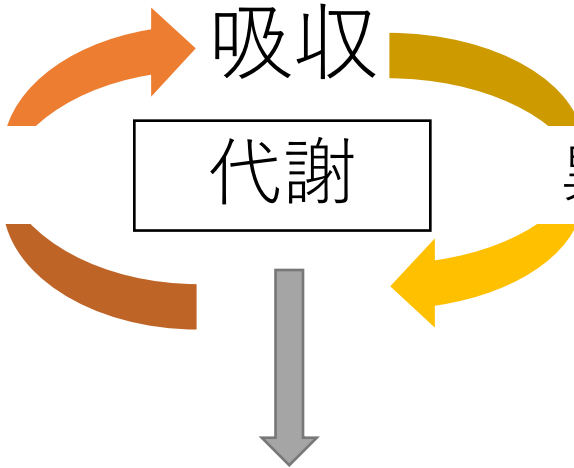
吸収

代謝

異化（分解）

同化（合成）

排泄



# 侵襲時の代謝

栄養素



消化

消化・吸収能力の低下



吸収

からだの素材を  
エネルギーとして消費

同化（合成）

代謝

異化（分解）

同化よりも異化が  
上回る状態

代謝亢進により  
エネルギー消費が増加

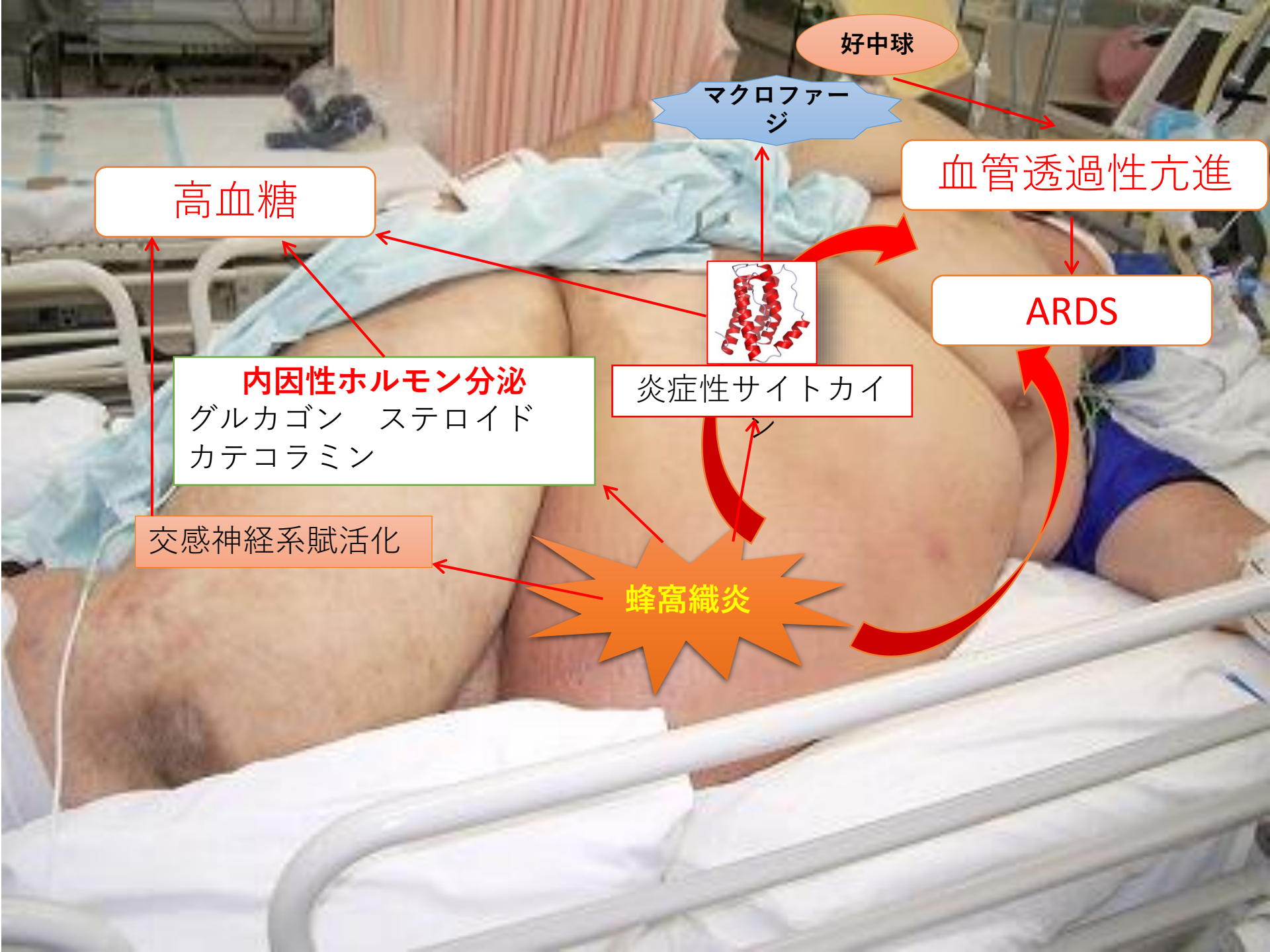


排泄

# 栄養！？



- 身長=163cm
- 体重=約200kg
- BMI=75.3



好中球

マクロファージ

血管透過性亢進

高血糖

ARDS

**内因性ホルモン分泌**

グルカゴン スтероイド  
カテコラミン

炎症性サイトカイン

交感神経系賦活化

蜂窩織炎

外傷  
熱傷  
手術  
肺炎  
敗血症

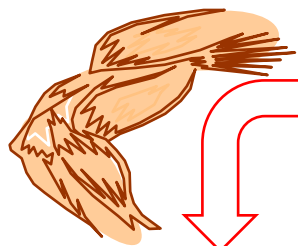
侵襲

生体防御反応

侵襲ホルモン分泌増加  
(カテコラミン ステロイドホルモン グルカゴンなど)

交感神経活性化  
(脈拍 血圧上昇)

炎症性サイトカイン増加  
(IL-1 IL-6 TNF-αなど)



体タンパク

体脂肪

異化

異化

アミノ酸  
↓  
アラニン  
↓  
糖原性アミノ酸

グリセロール



糖新生

グルコース

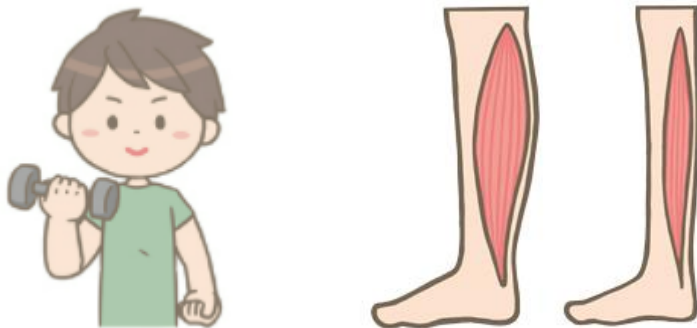
内因性エネルギー



# 筋肉はエネルギーの貯蔵庫

- 骨格筋はヒトのタンパク質の約40%を占める
- 筋繊維タンパク質として栄養を貯蔵
- 必要なときに分解（異化）によってエネルギーを供給

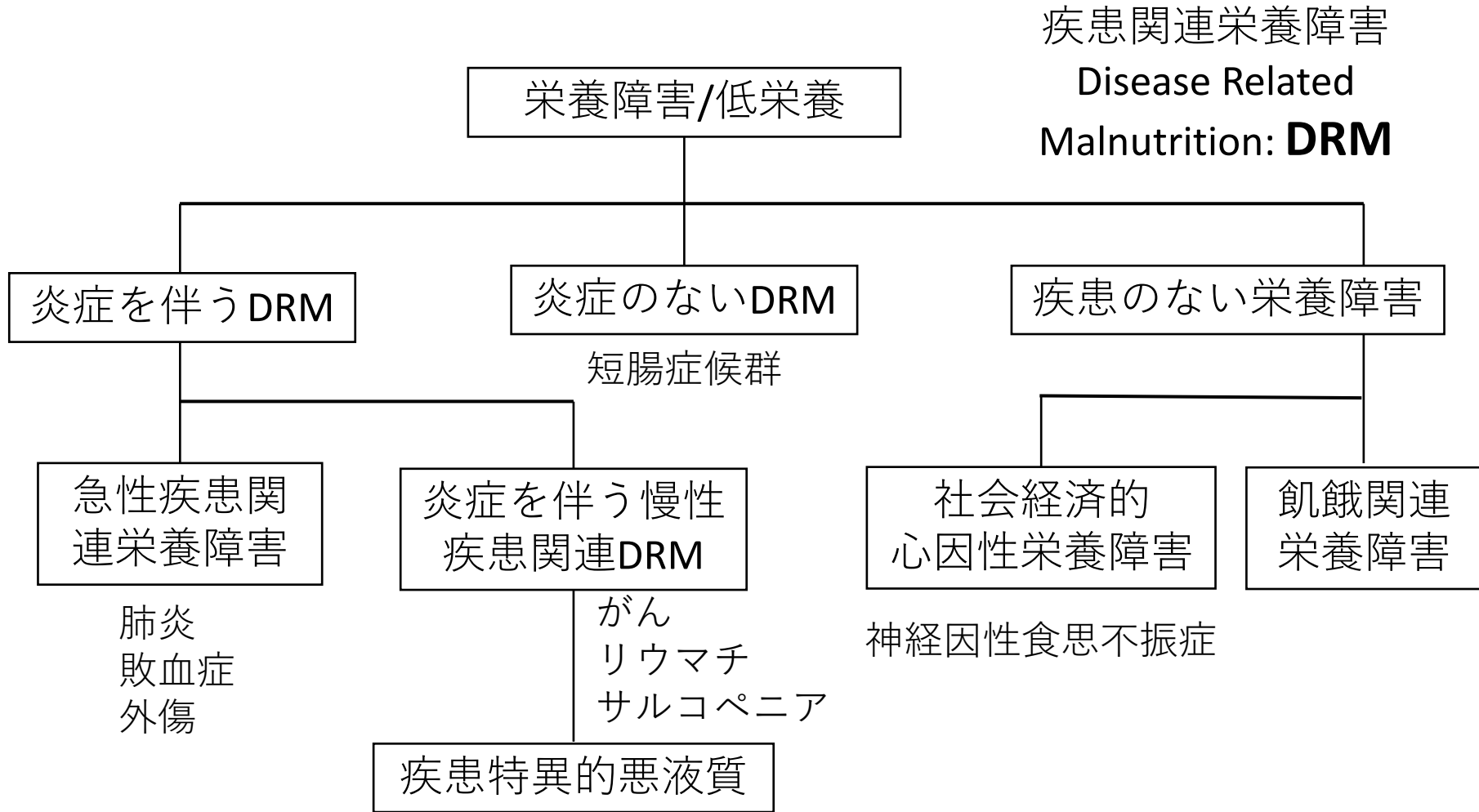
- 筋繊維タンパクがエネルギーとして供給された後は、筋肉の萎縮が起こる



約3ヶ月で約50Kg減量



# 栄養障害リスク



# 早期經腸榮養

# バクテリアルトランスロケーション

正常な小腸粘膜

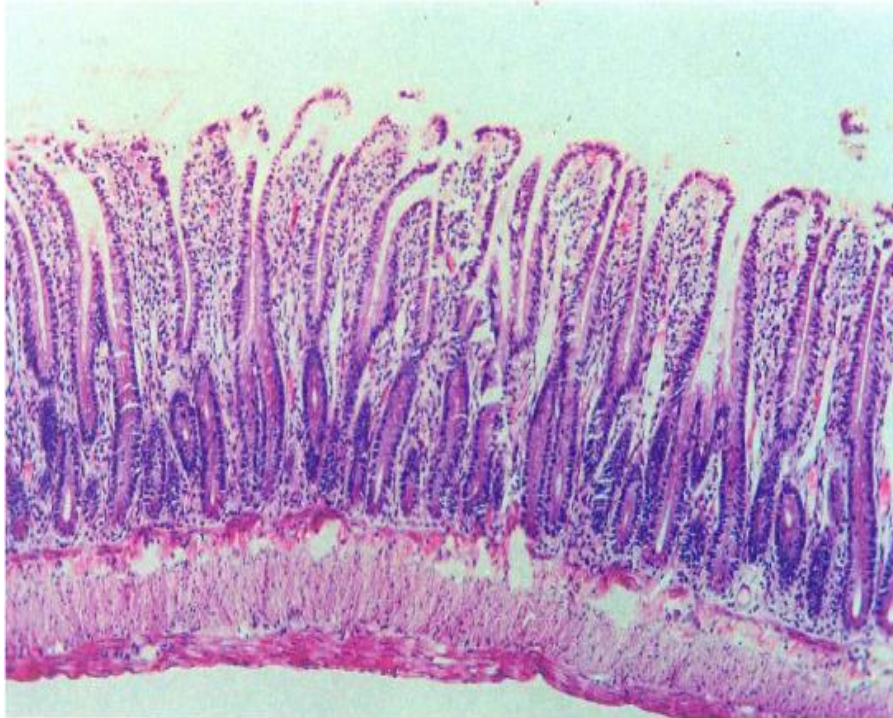


FIGURE 4 - Mucosal integrity with slight lesions, observed in alpha-tocopherol group. (HE, X100).

絶食による小腸粘膜

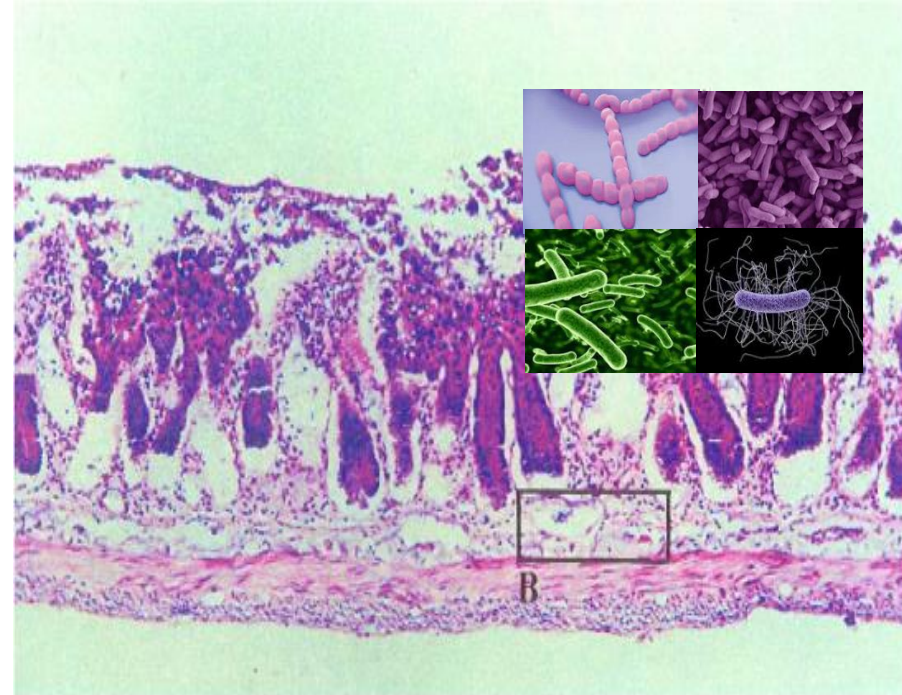
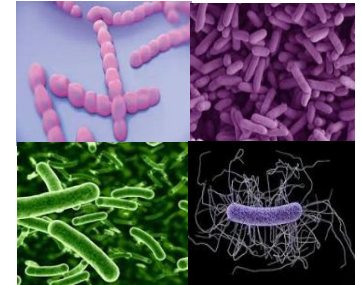
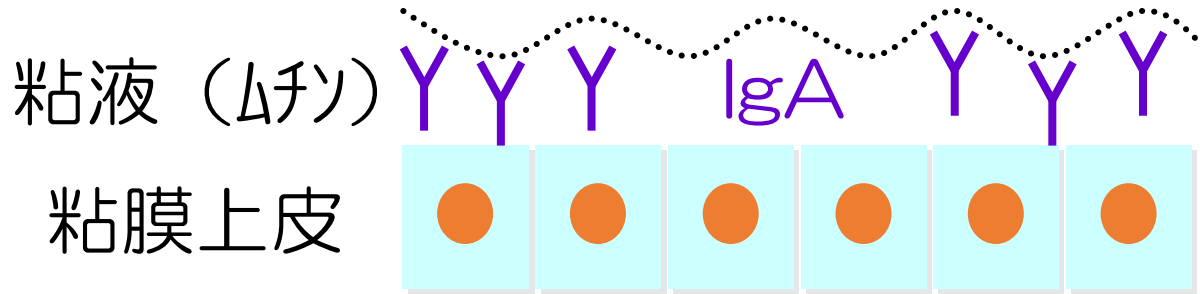


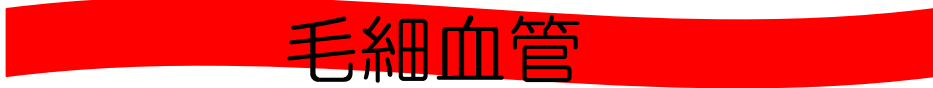
FIGURE 1 - Mucosal lesions of small bowel in obstructed animals without alpha-tocopherol. (HE, X100).

# 腸管バリア機能

- 腸管粘液
- 腸管粘膜上皮
- 腸管関連リンパ組織  
GALT (gut-associated lymphoid tissue)

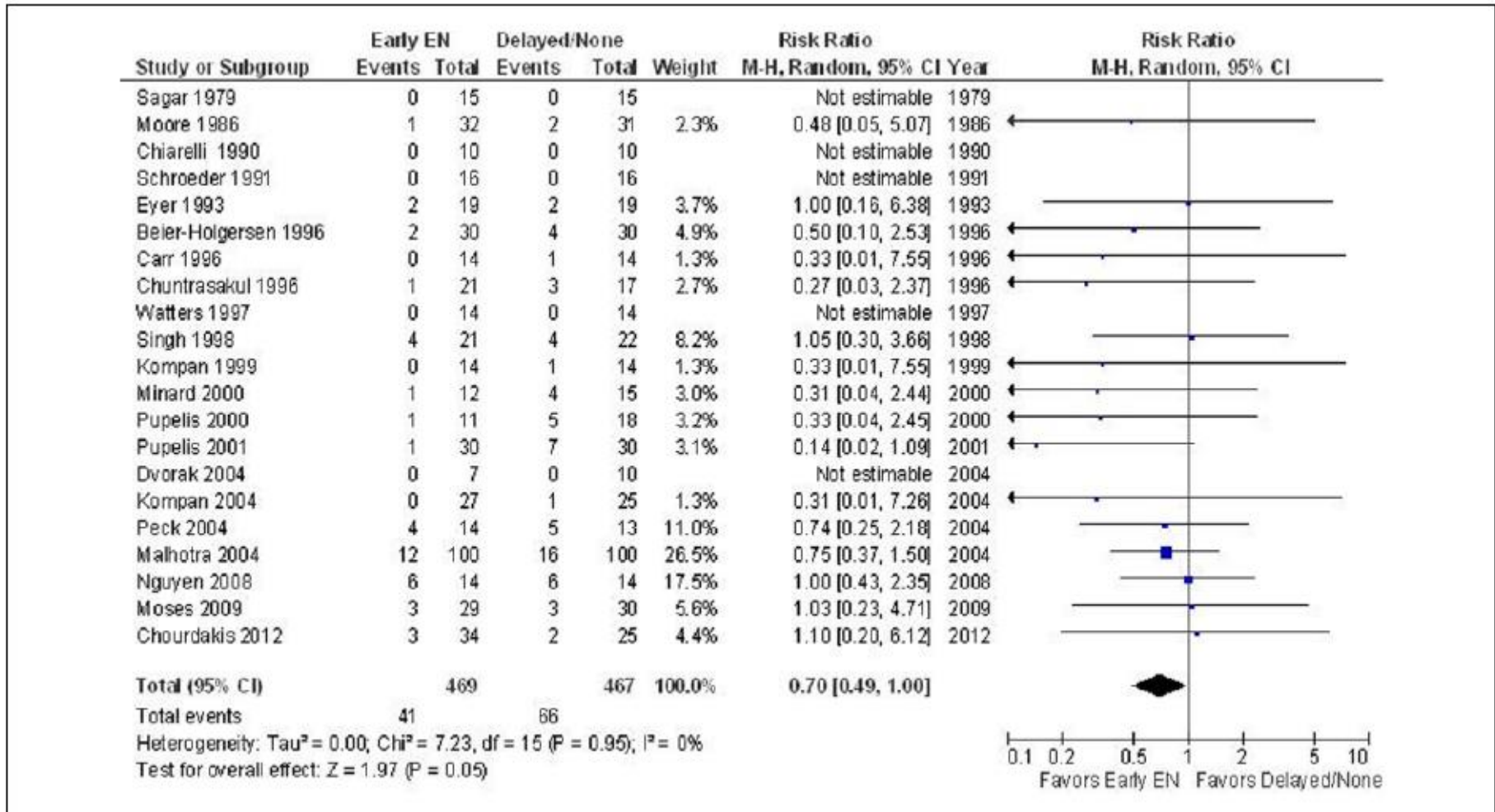


腸管バリア



毛細血管

# 早期経腸栄養は死亡率を下げる



160cm 体重50kg

体重50kg×25Kcal  
= **1250kcal**

1日**1250Kcal**位を目標  
カロリーに設定します

1日に必要な水分量  
体重×30ml  
= 1500ml

発熱1℃上昇 120ml水分喪失（不感蒸泄15%UP）





身長160cm 体重50kg

1250 K c a l

糖質

脂質

蛋白質

糖質60%

脂質20%

蛋白質20%

750 K c a l

250 K c a l

250 K c a l

糖質 1 g 4Kcal

脂質 1 g 9Kcal

蛋白質 1 g 4Kcal

糖質 187 g

脂質 27 g

蛋白質 62 g

# アイソカルサポート®



400Kcal

1.5Kcal/ml

糖質 46.7g

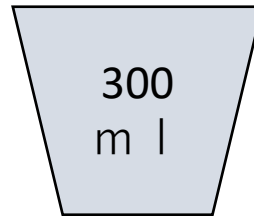
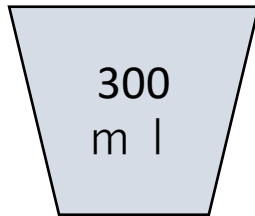
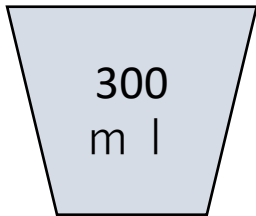
タンパク 15.2g

脂質 18.4g

水分 204ml

身長160cm 体重50kg

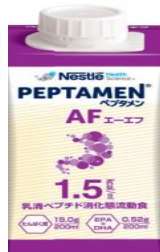
1250Kcal (1200Kcal)



1200Kcal  
糖質 140g  
タンパク質45.6g  
脂質 55.2g  
経腸栄養水分  
612ml  
追加水分  
900ml  
計1512ml



栄養剤ってたくさん種類  
あるけれどどのように選  
んだらいいの？



# 経腸栄養剤の特徴 (一例)

半消化態グループ

食品グループ



医薬品グループ



高脂質

消化態グループ



低糖質グループ

高タンパク

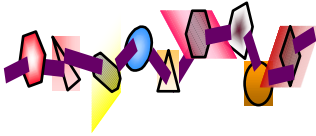

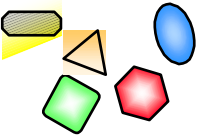
成分栄養

# Diarrhea(下痢)

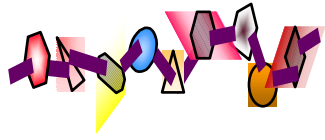
- ✓ 重症患者では腸管の透過性低下、消化管浮腫、各種抗菌剤使用による腸内細菌叢の変化、Clostridium difficileなど下痢の要因が多岐に渡る
- ✓ ICU患者の約78%に下痢を認めたとの報告もある  
Intensive Crit Care Nurs. 2010 Dec;26(6):327-34.
- ✓ ICU退室後も長引く下痢を経験することもある



# 経腸栄養剤の種類と特徴

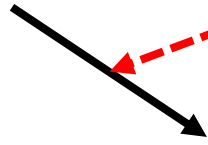
	半消化態栄養剤	消化態栄養剤	成分栄養剤
窒素源	たんぱく質 	ジペプチド トリペプチド 	アミノ酸 
脂肪含有量	比較的多い	少ない	極めて少ない
消化過程	多少必要	ほとんど不要	不要
区分	食品・医薬品	食品・医薬品	医薬品

タンパク質



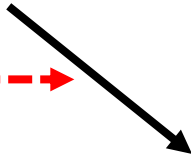
PPI

H<sub>2</sub>ブロッカー



ペプトン

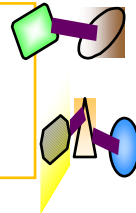
トリプシン  
キモトリプシン



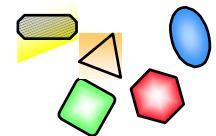
オリゴペプチド



ジペプチド  
トリペプチド

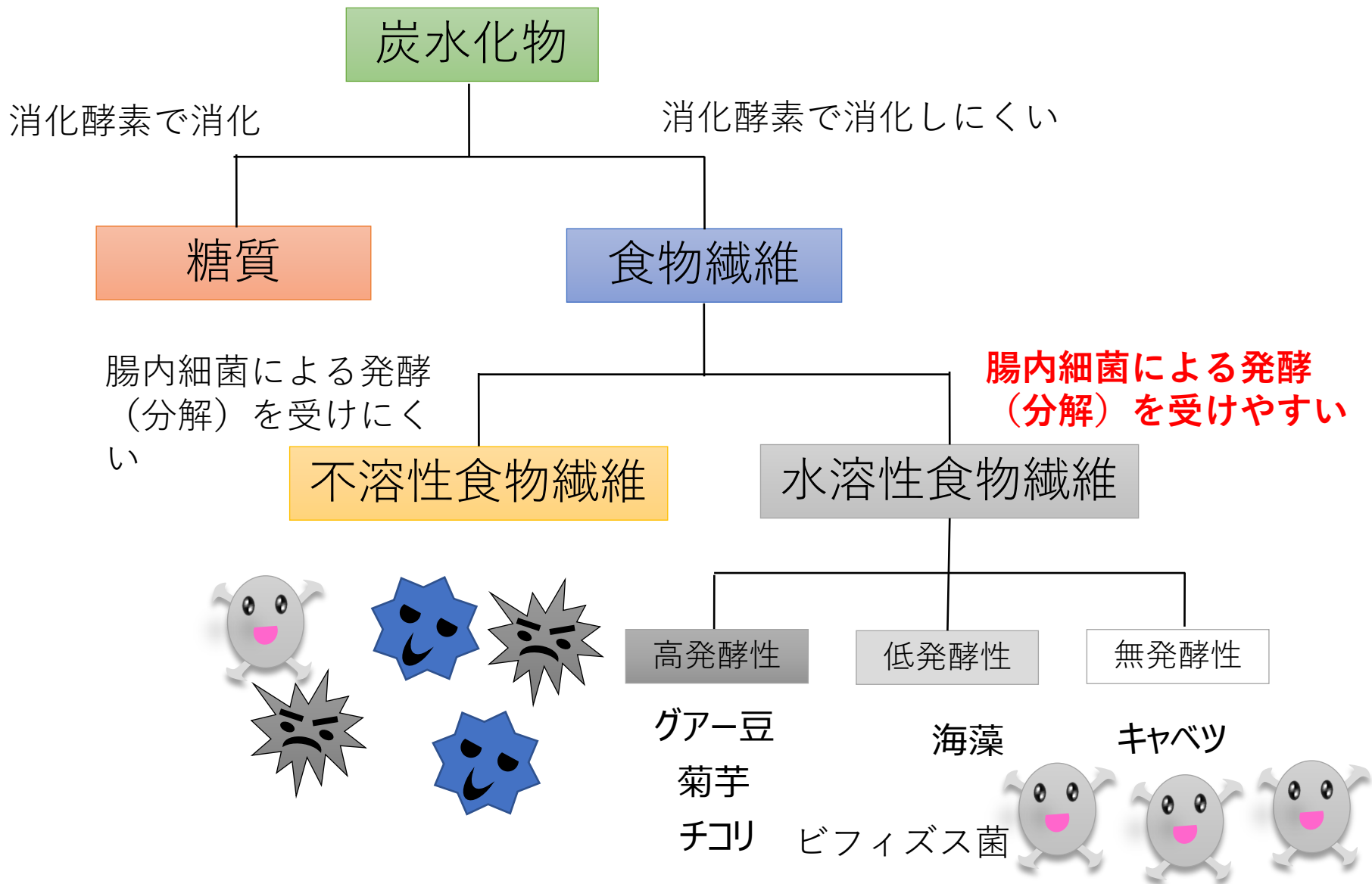


アミノ酸





# 食物繊維と腸内環境



# 主な水溶性食物繊維の発酵性

エネルギー換算係数	資化率	該当成分	主な由来食品
高発酵性 1g=2kcal	75%以上	イヌリン 水溶性ペクチン グアーガム グアーガム加水分解物	キクイモ、チコリ 熟した果実 グアー豆 グアー豆
低発酵性 1g = 1kcal	25%以上 75%未満	難消化性デキストリン アルギン酸 アラビアガム 不溶性ペクチン	でんぷん等 海藻 アカシア樹液 熟していない果実
無発酵性 1g=0kcal	25%未満	ポリデキストロース セルロース キチン	化学的合成品 キャベツなどの野菜 甲殻類

**発酵性が高いほど短鎖脂肪酸産生量が多い**

# 水溶性食物繊維

高発酵性

低発酵性

無発酵性

グアー豆

海藻

キャベツ

グアーガム分解物 (PHGG)

腸内pH↓  
(腸内酸性化)

発酵

腸粘膜へのエネルギー供給

短鎖脂肪酸

GLP-2

Glucagon-like peptide-2 (GLP-2)

腸粘膜増殖  
消化吸収促進  
粘膜バリア維持

# PHGG グアーガム配合製剤





**1Kcal/ml 製剤は85%が水分**



**1.5Kcal/ml 製剤は75%が水分**



**2Kcal/ml 製剤は70%が水分**

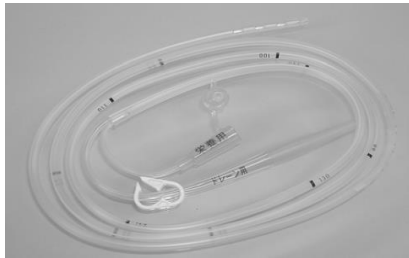
**投与水分の目安は30ml / 体重**

# 経腸栄養中の誤嚥予防

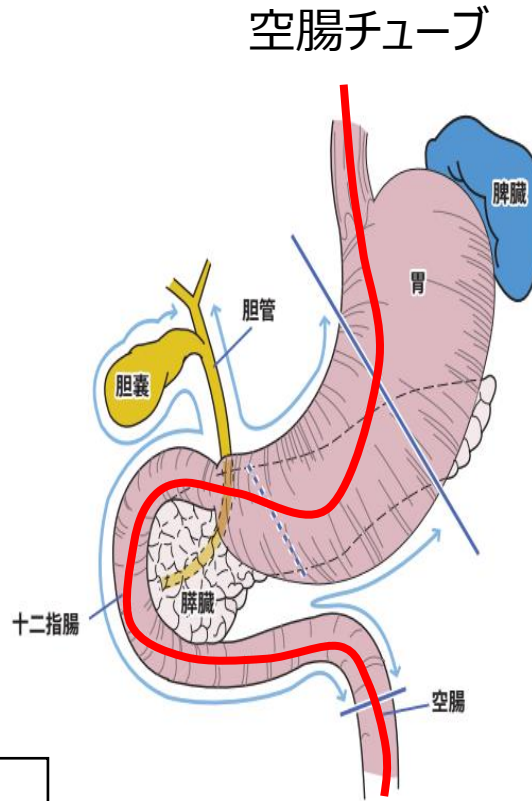
Kangaroo™ ニューエンテラル  
フィーディングチューブ  
日本コヴィディエン株式会社



W-EDチューブ  
日本コヴィディエン社株式会社



カンガルー Joey™ ポンプ  
日本コヴィディエン株式会社



腸管運動促進薬の投与  
メトクロプラミド  
エリスロマイシン  
六君子湯

ヘッドアップの維持

# 経腸栄養中の下痢予防

プレ・プロ  
シンバイオティクス

薬剤調整



便失禁管理システム



カンガルー Joey™ ポンプ  
日本コヴィディエン株式会社



ペプチド型（消化態）

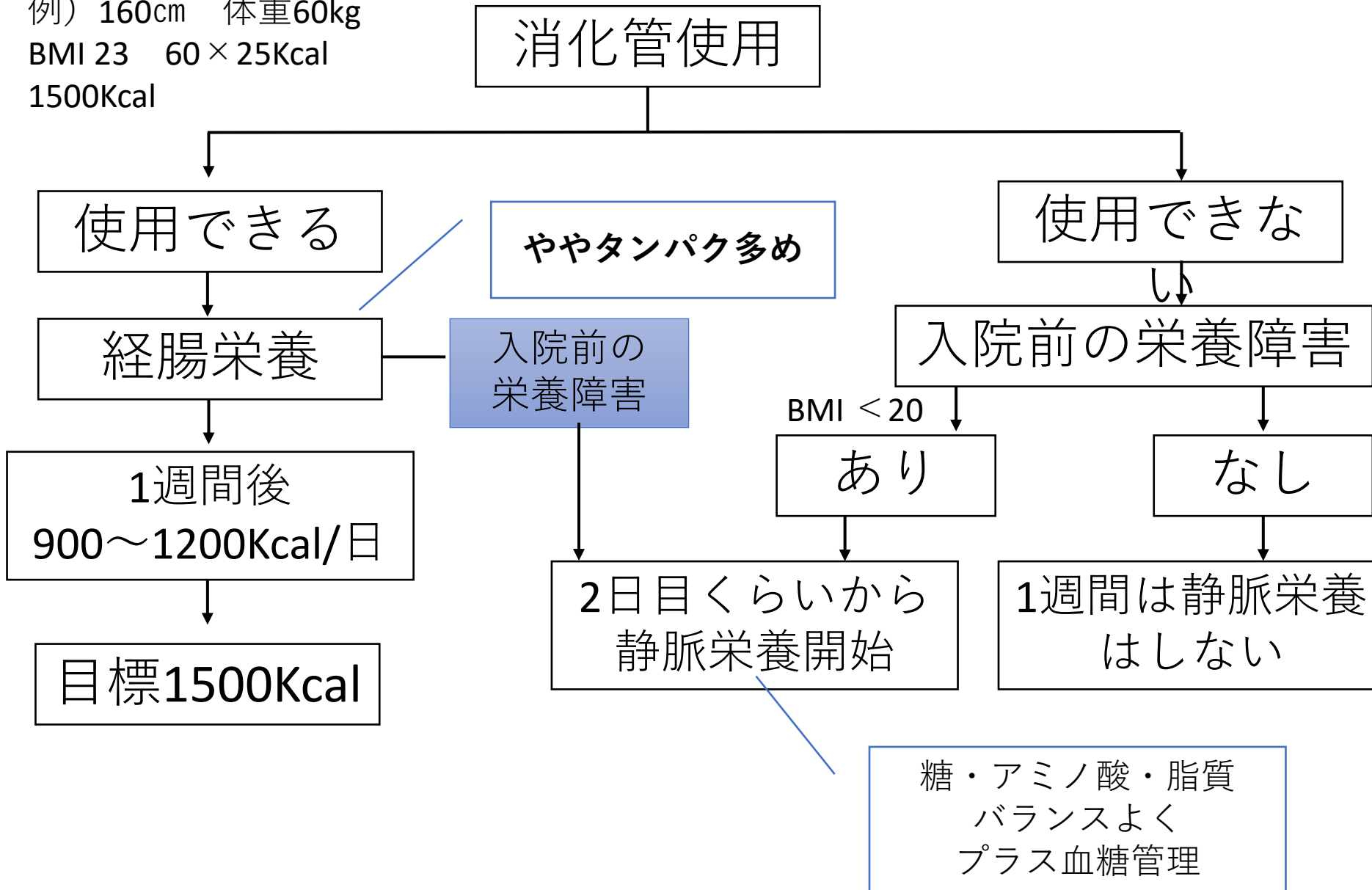


CD腸炎精査



# 重症患者への栄養投与

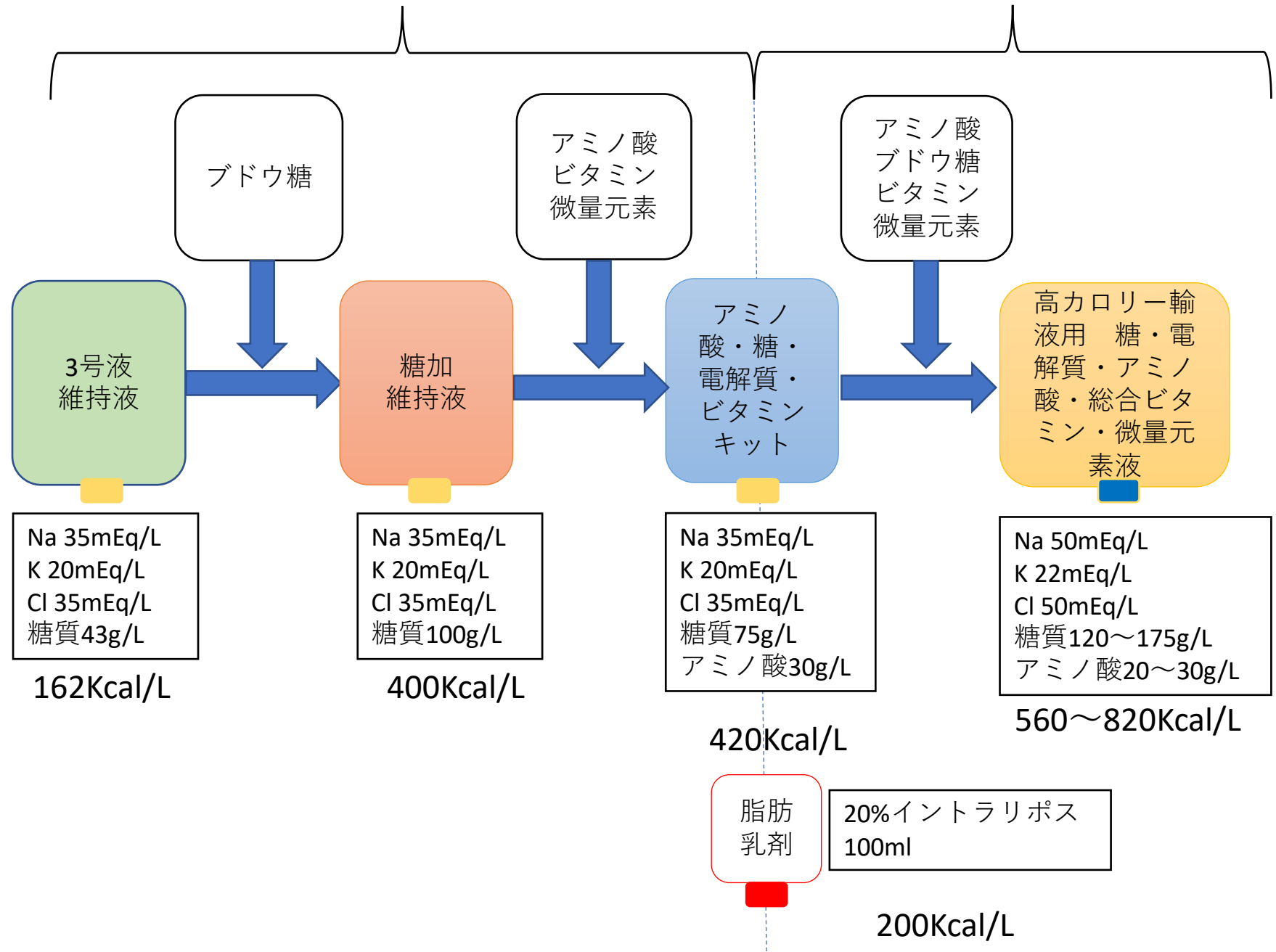
例) 160cm 体重60kg  
BMI 23 60 × 25Kcal  
1500Kcal





# 末梢静脈栄養輸液

# 中心静脈栄養輸液



# 開始液

1/2生食  
(生1 : 1ブ)



ブドウ糖  
12.5g  
50Kcal

# 維持液

1/3生食  
(生1 : 3ブ)



ブドウ糖  
13.5g  
54Kcal

高濃度  
糖加維持液



ブドウ糖  
50g  
200Kcal

ビタミンB1  
糖・電解質  
アミノ酸液



ブドウ糖  
37.5g  
アミノ酸  
15g  
210Kcal

脂肪  
乳剤



20%  
イントリポス  
100ml  
脂肪20g  
(大豆  
油)  
糖5g  
200Kcal



1000ml  
 ブドウ糖120g  
 アミノ酸20g  
 580Kcal



1000ml  
 ブドウ糖175g  
 アミノ酸30g  
 820Kcal

# PPN

820Kcal タンパク質30g

ビタミンB1  
糖・電解質  
アミノ酸液



アミノ酸 ZN VB1



ブドウ糖37.5g  
アミノ酸15g  
210Kcal

高濃度  
糖加維持液



Mg Ca

ブドウ糖50g  
200Kcal

ビタミンB1  
糖・電解質  
アミノ酸液



アミノ酸 ZN VB1



ブドウ糖37.5g  
アミノ酸15g  
210Kcal

脂肪乳剤



20%イントラリポス  
100ml

脂肪20g  
(大豆油)  
糖5g  
200Kcal

# TPN

## TPN製剤



1500ml  
ブドウ糖262.5g  
アミノ酸45g  
1230Kcal

## 脂肪乳剤



20%イントリポス  
100ml

脂肪20g  
(大豆油)  
糖5g  
200Kcal

## アミノ酸製剤



アミノ酸20g  
80Kcal

1500ml  
1510Kcal タンパク質65g

42歳男性  
アルコール依存症  
下肢蜂窩織炎  
敗血症ショックで入院



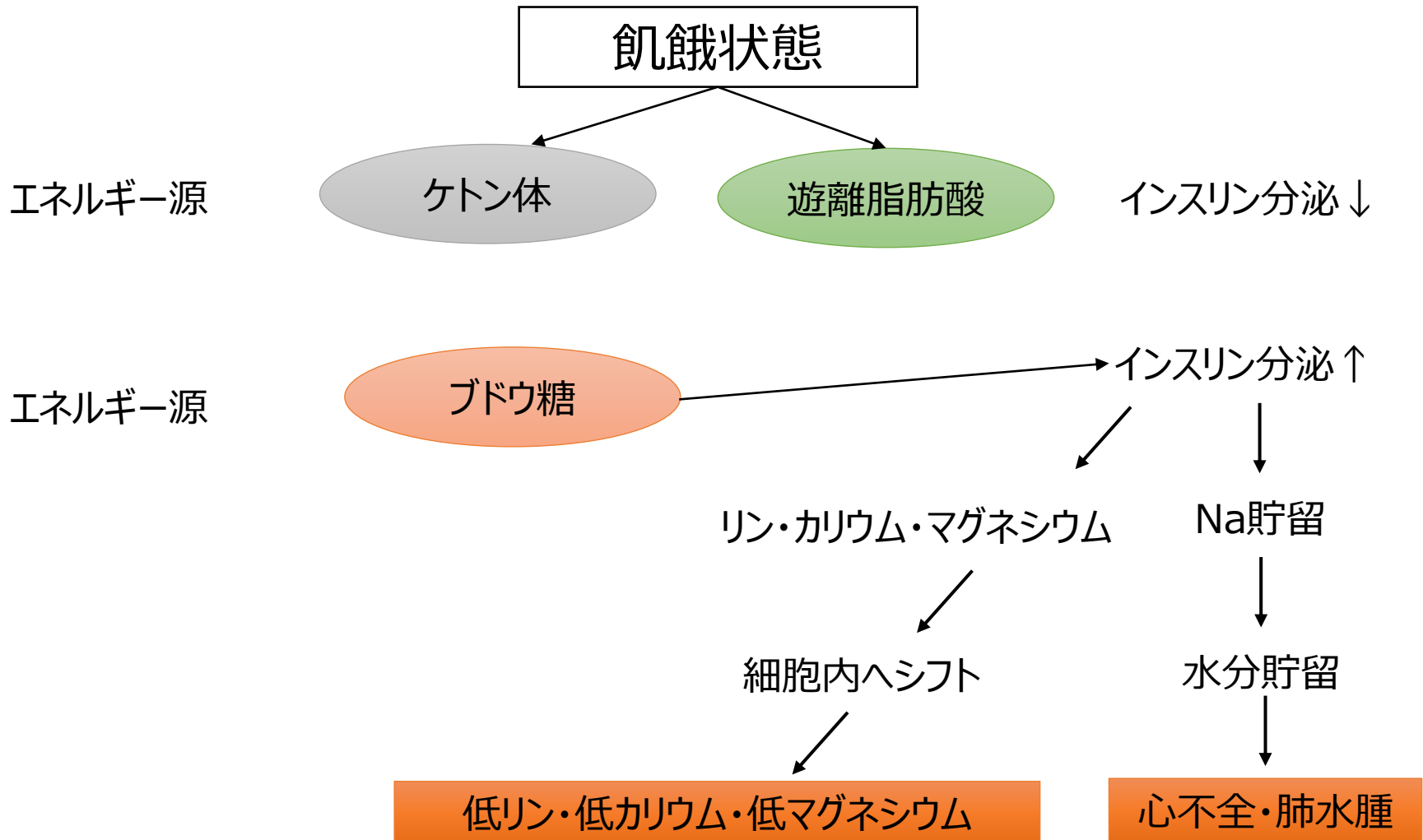
# 低リン血症

採取日						
採取時間						
Alb	1.8		★1.9		★2.0	2.1
Glu	84	98		★109	139	112
BUN	7.4	8.5		★11.1	12.3	11.0
Cre	3.02	2.88		★2.59	2.13	1.49
Na	134	135		★136	135	137
K	2.4	2.4		★2.5	2.6	2.8
Cl	95	99		★100	102	104
Ca	5.6			★5.9	6.4	6.9
IP	1.7			★3.2	2.7	
Mg	1.1			★1.5	1.6	1.7

ICU患者の栄養投与開始後に34%の患者に低P血症を認めた  
 Marik PE, Bedigian MK: Archives of Surgery 131:1043-1047 1996

# Refeeding Syndrome

## リフィーディング症候群





# Refeeding Syndrome

## リフィーディング症候群

### 高リスク

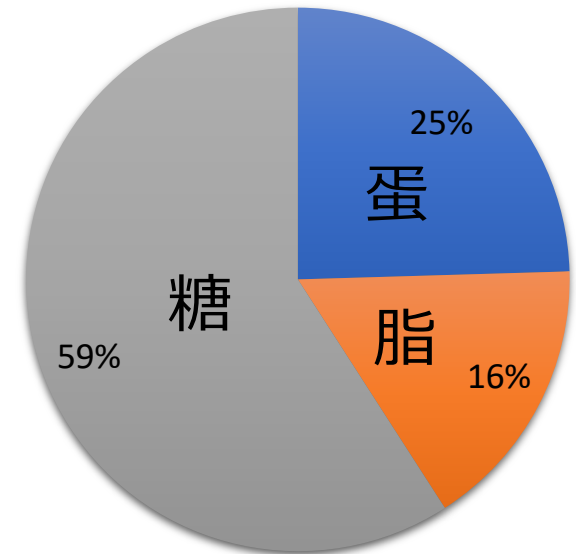
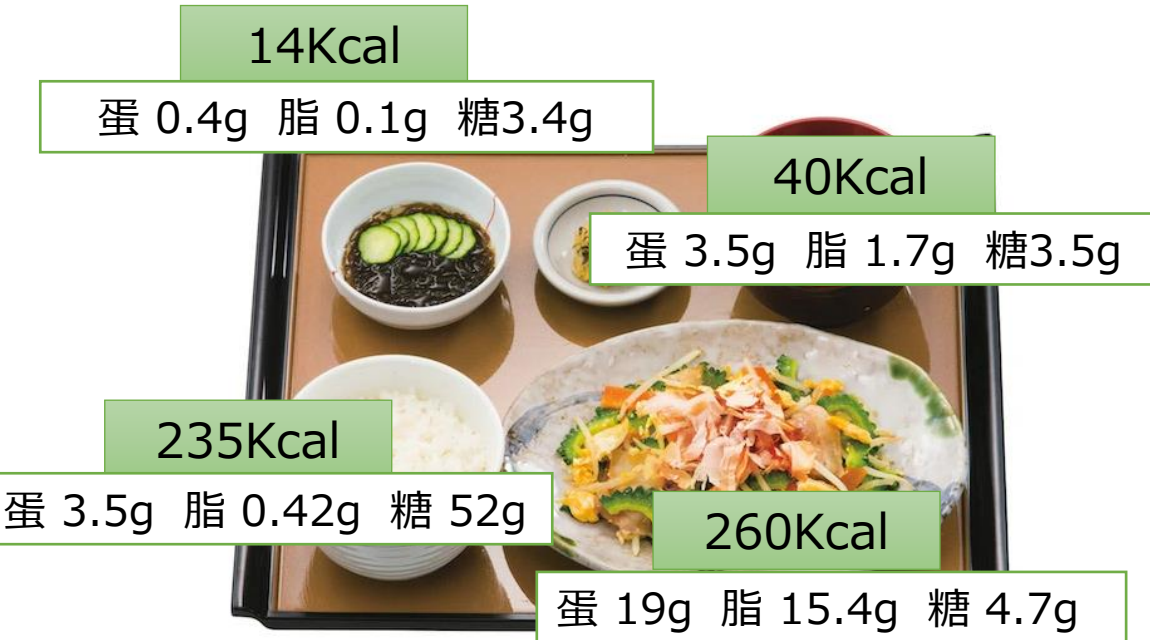
- BMI16未満
- 最近の15%以上の体重減少
- 5日以上の経口摂取不良
- 治療前の低K 低P 低Mg VB1 欠乏のうち1項目以上

### リスクあり

- BMI18.5未満
- 最近の10%以上の体重減少
- 5日以上の経口摂取不良
- アルコール依存症の既往
- インスリン・利尿剤・がん化学療法などの薬物使用歴のうち2項目以上

# ゴーヤーチャンプル定食

## 三大栄養素の割合



■ タンパク質 ■ 脂質 ■ 炭水化物

1食 549Kcal 蛋 26.4g 脂 17.62g 糖 63.6g

# ゴーヤーチャンプル定食

## 三大栄養素の割合

14Kcal

蛋 0.4g 脂 0.1g 糖 3.4g

40Kcal

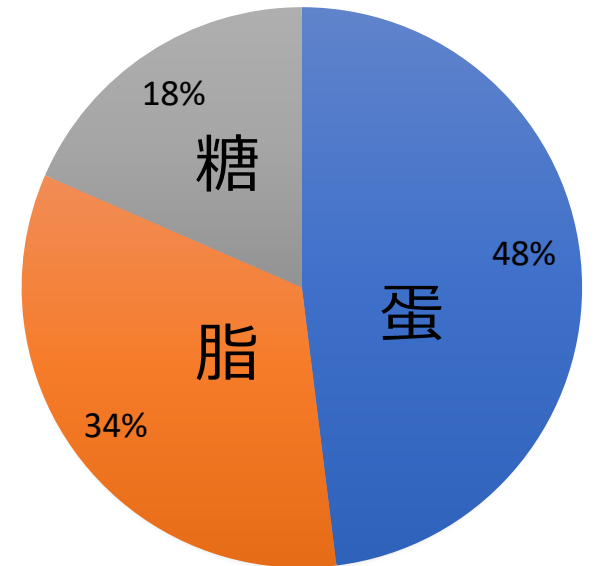
蛋 3.5g 脂 1.7g 糖 3.5g

216Kcal

蛋 19.8g 脂 12.6g 糖 4.8g

260Kcal

蛋 19g 脂 15.4g 糖 4.7g



■ タンパク質 ■ 脂質 ■ 炭水化物

■ タンパク質 ■ 脂質 ■ 炭水化物

1食 530Kcal 蛋 42.7g 脂 29.8g 糖 16.4g

# 食生活の変化による体重の推移



1杯 101Kcal  
 蛋白 19g  
 脂質 1.7g  
 糖質 2.2g



レタス1/4個  
 糖質 2g



1個 82Kcal  
 蛋白 7g  
 脂質 6g  
 糖質 0.2g

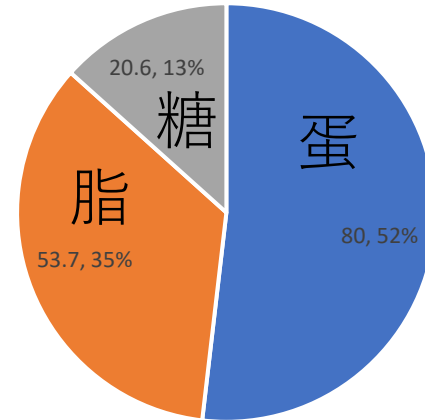


1缶 190Kcal  
 蛋白 11g  
 脂質 16g  
 糖質 0.2g



1食 530Kcal 蛋白 43g  
 脂質 30g 糖質 16g

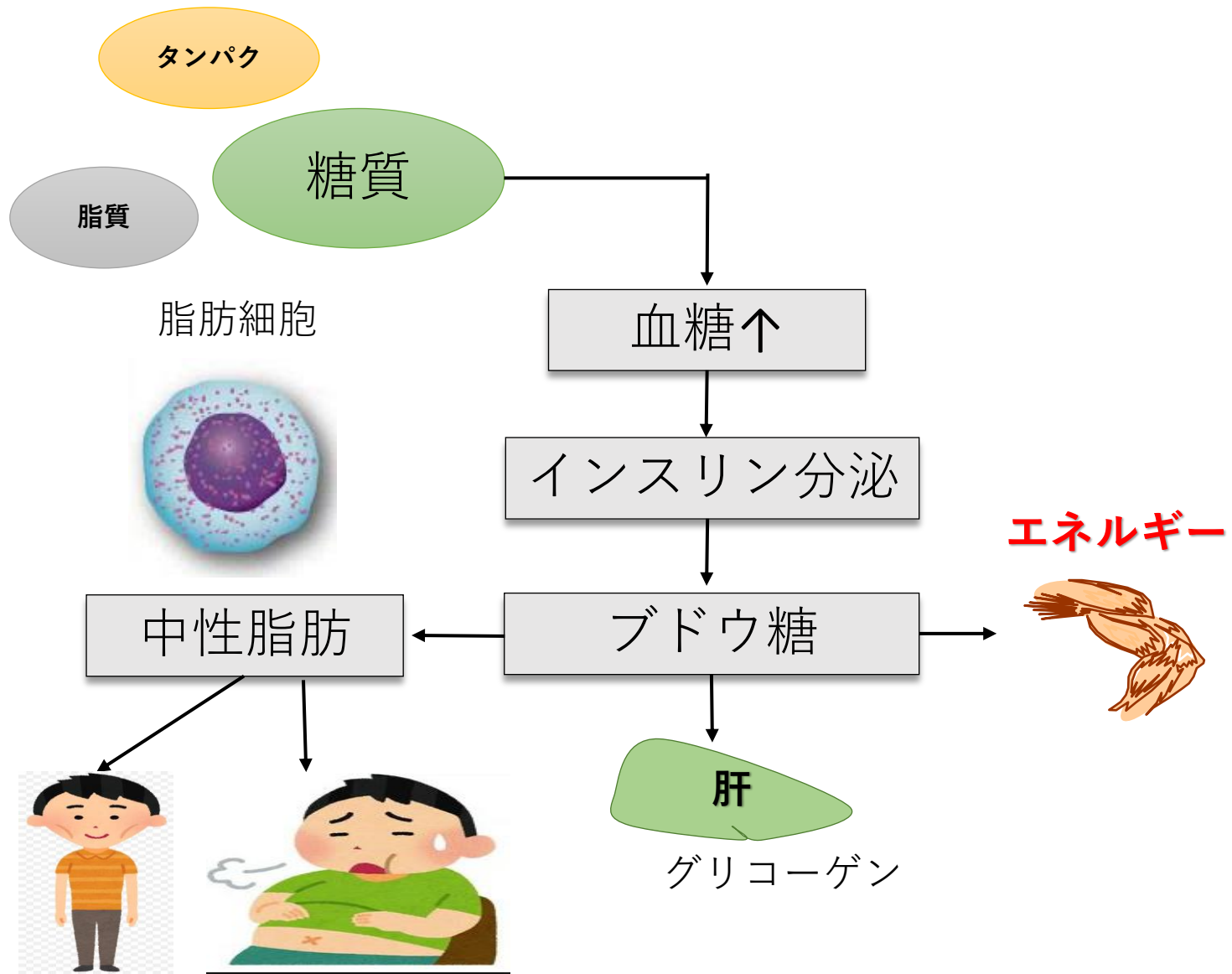
低糖質メニュー



■ 蛋白質 ■ 脂質 ■ 糖質

体重の推移



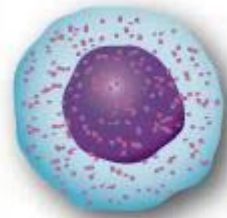


タンパク

脂質

糖質

脂肪細胞



高血糖

インスリン過剰分泌

泌

ブドウ糖

中性脂肪

活性酸素の増加

酸化ストレス

血管内皮細胞の傷害

虚血性心疾患

老化

動脈硬化

脳卒中

がん

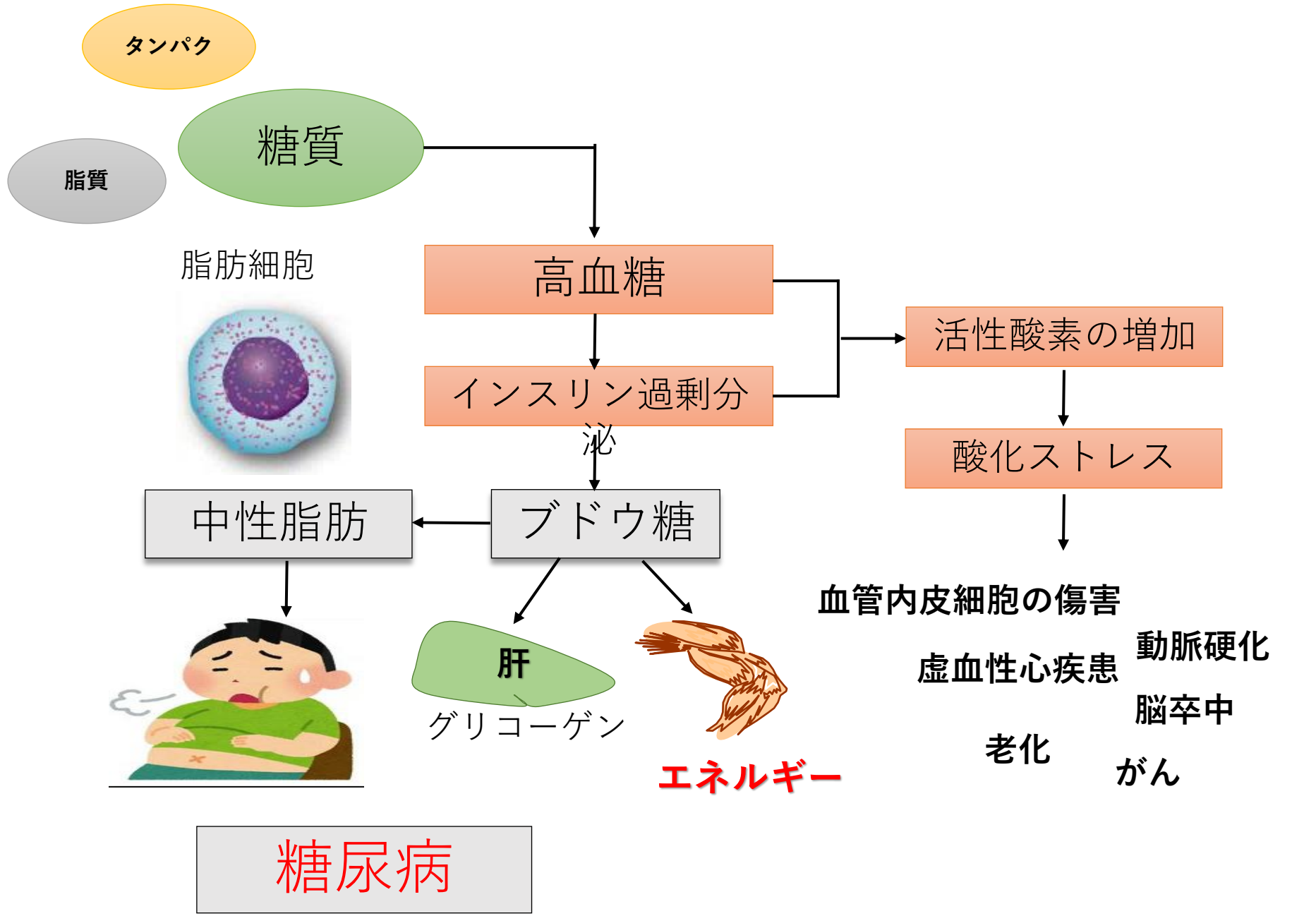
肝

グリコーゲン

エネルギー



糖尿病



## Articles

### Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study

Dr Mahshid Dehghan, PhD, Andrew Mente, PhD, Xiaohe Zhang, MSc, Sumathi Swaminathan, PhD, Prof Wei Li,

## Article Options

- PDF (1 MB)
- Download Images(.ppt)
- Email Article
- Add to My Reading List

### PURE study

- 前向きコホート研究
- 18ヶ国 135335例 (35-70歳)
- 2003年～2013年 (4～7年の追跡調査)
- **炭水化物60-70%以上の割合の食事摂取は死亡率上昇**
- 脂質摂取率が10.6%→35.3%と増加により死亡率は低下
- タンパク質摂取率10.8%→19.7%と増加により死亡率低下
- 炭水化物由来のエネルギー摂取率が高い人は死亡リスクが高

more likely, so their applicability to other populations is unclear.

### Methods

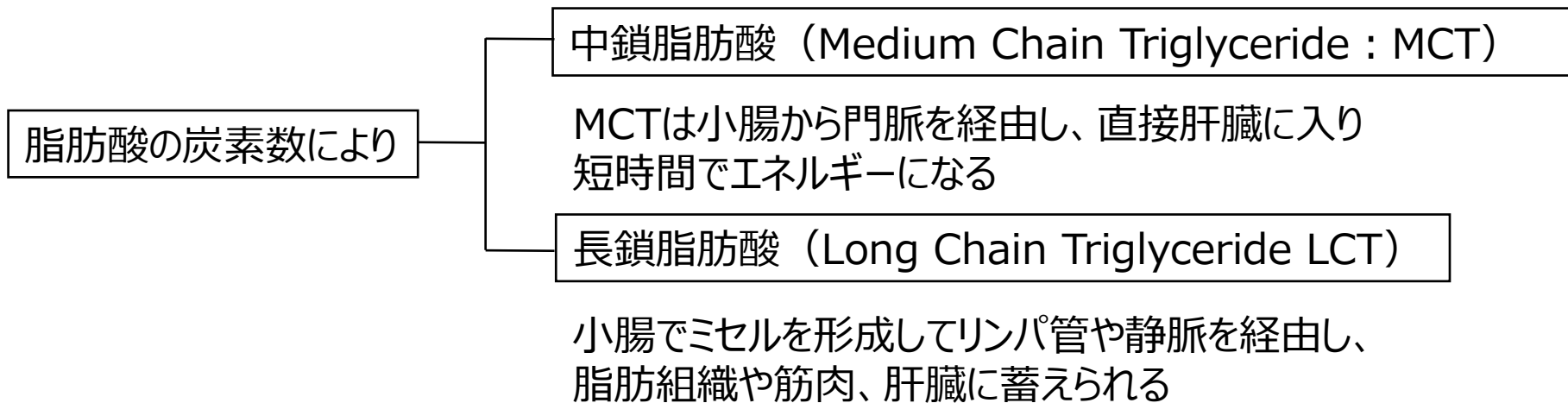
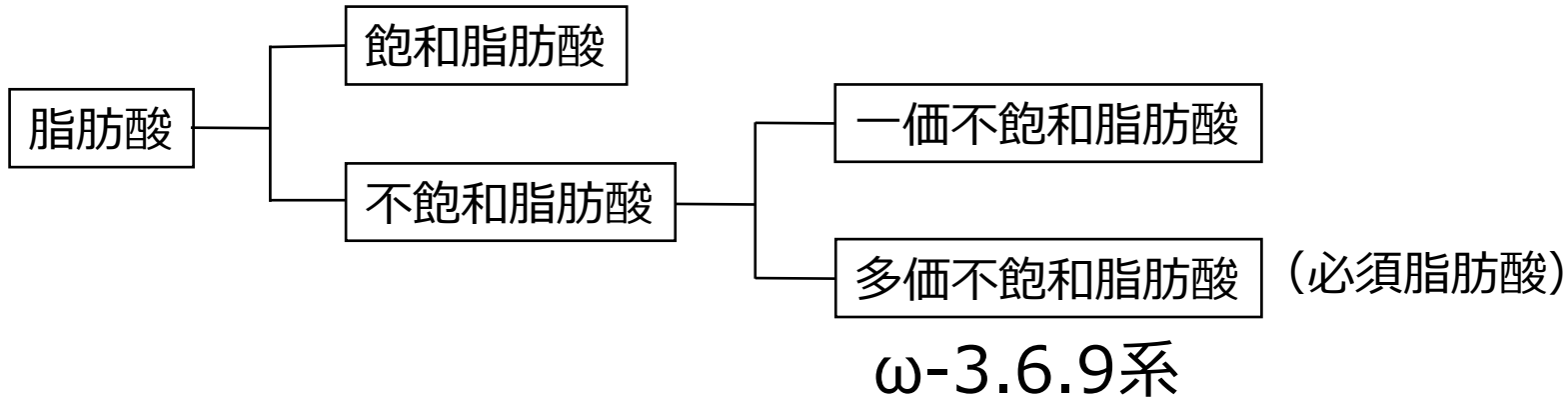
The Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study is a large, epidemiological cohort study of individuals aged 35–70 years (enrolled between Jan 1, 2003, and March 31, 2013) in 18 countries with a median follow-up of 7.4 years (IQR 5.3–9.3). Dietary intake of 135 335 individuals was recorded using validated food frequency questionnaires. The primary outcomes were total mortality and major cardiovascular events (fatal cardiovascular disease, non-fatal myocardial infarction, stroke, and heart failure). Secondary outcomes were all myocardial infarctions, stroke, cardiovascular

Most read in *The Lancet* within the past 30 days.

**GLOBAL HEALTH METRICS**  
Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2016

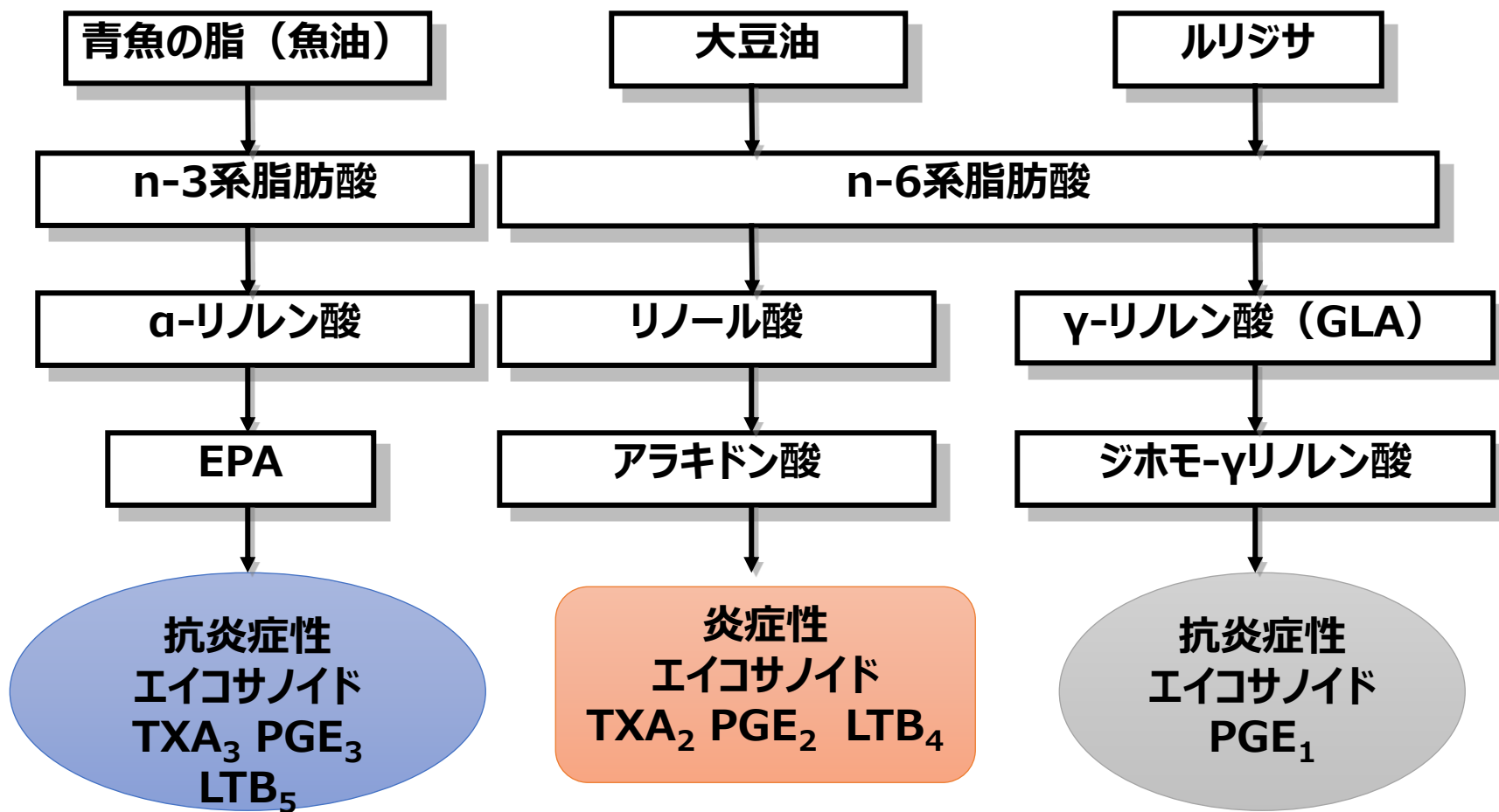
# 脂肪酸

プロポフォル  
1.1Kcal/ml





# 炎症性・抗炎症性エイコサノイド



# 呼吸商

$$\text{呼吸商 RQ} = \frac{\text{呼吸で放出した二酸化炭素の体積}}{\text{呼吸で吸収した酸素の体積}}$$

炭水化物

1.0

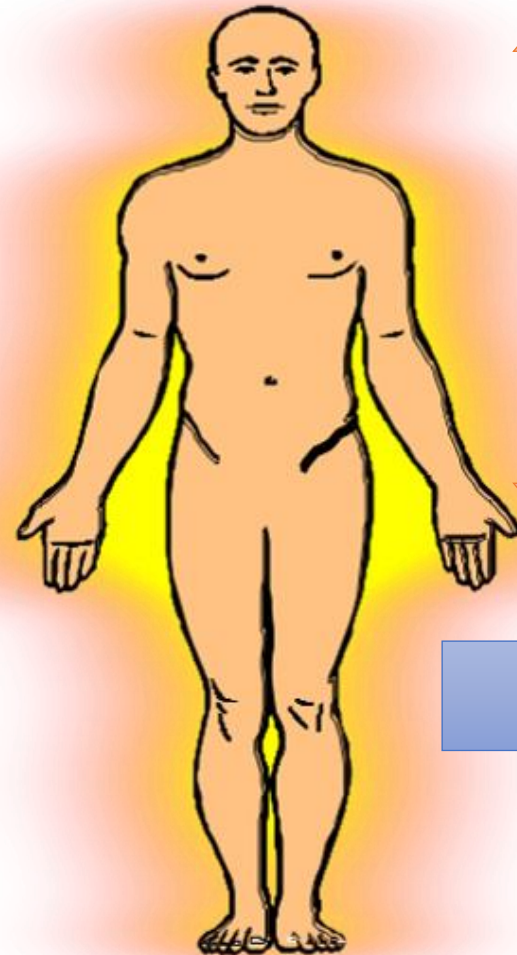
蛋白質

0.8

脂肪

0.7

体内で各栄養素がエネルギーに変換される際、酸素を消費して二酸化炭素が産生される。この酸素消費量と二酸化炭素産生量の比率を呼吸商 (respiratory quotient; RQ) という。



多い

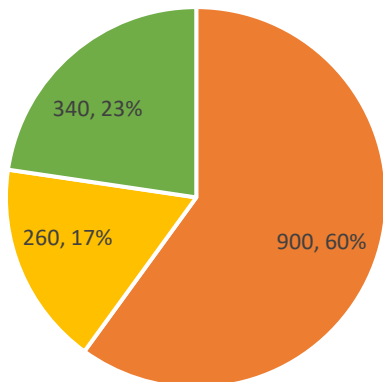
二酸化炭素産生量

少ない

# 日本人の食事摂取基準と市販されている栄養剤の栄養配分

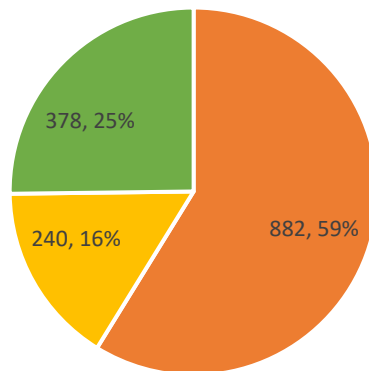
日本人の食事摂取基準2020年（成

人1500Kcal)



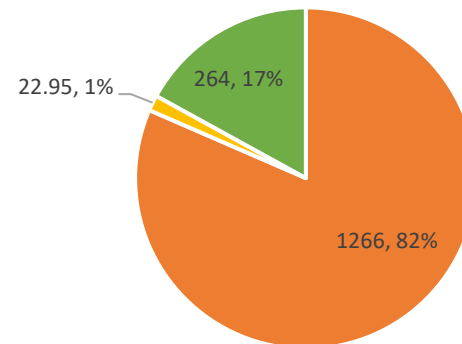
■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

メイバランス1500Kcal



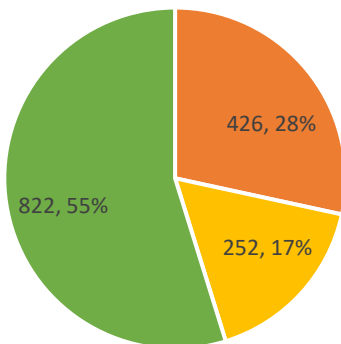
■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

エレンタール1500Kcal



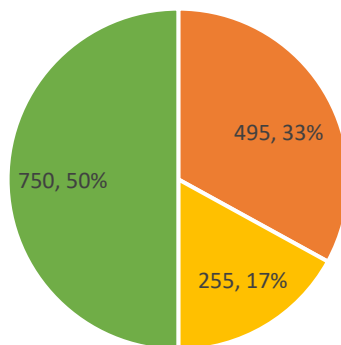
■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

プルモケアEX 1500Kcal



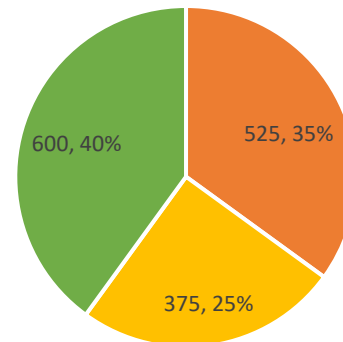
■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

グルセルナREX 1500Kcal



■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

ペプタメンAF 1500Kcal

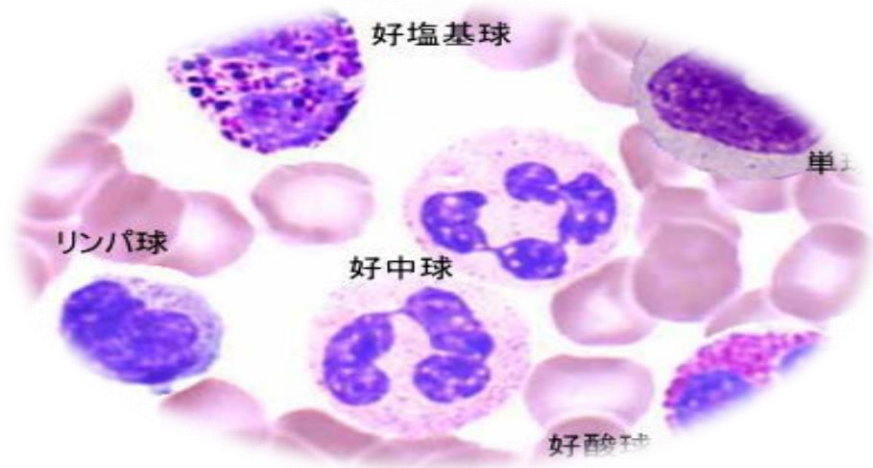


■ 糖質 ■ タンパク質 ■ 脂質

# 呼吸不全の栄養管理

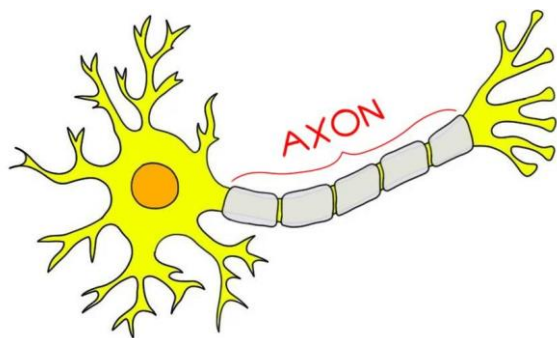
- 高二酸化炭素血症を伴う呼吸不全では脂質の多い栄養剤を選択する
- 高二酸化炭素血症がなければ高タンパク栄養剤を選択する
- 栄養管理とリハビリテーションの両方を強化する
- 腹部膨満を起こさないための消化管管理
- 血糖コントロール

高血糖を放置しない  
目標血糖値は144～196mg/d l



- 粘着性上昇
- 走化能低下
- 貪食能低下
- 殺菌能低下

感染性合併症増加



神経障害

ICU-AW (ICU獲得性筋力低下)

# タンパク投与の意義

- ✓ 人工呼吸器使用中のタンパク質・カロリー共に必要量を満たした群で28日後の予後が改善した  
JPEN 36(1):60-68,2012
- ✓ 72時間以上の人工呼吸器使用中の患者で4日目のタンパク投与量が高い方が死亡率は低かった  
(0.8g/kg/日群で37% 0.8~1.0g/kg/日群で35%  
1.0~1.2g/kg/日群で27% 1.2g/kg/日以上群で19%)  
Critical Care 18:2014
- ✓ 必須アミノ酸の十分な補充は長期臥床患者の下肢筋量の増加が期待できる  
J Clin Endocrinol Metab. 2005

欧米・北欧・欧州 11 ICU

人工呼吸器装着が72時間以上見込まれる患者  
(約60%が呼吸不全と敗血症患者)

EN単独投与群 (73名) EN+SPN群 (52名) の両者を比較

	ENのみ (n71)	EN+PN (n49)	P value
入院7日目 タンパク投与量 (g)	64±26	86±16	<0.001

 The **Letter** to this article has been published in Critical Care 2017 21:303

人工呼吸器装着期間、ICU滞在期間、入院期間、感染性合併症、  
死亡率に有意差なし、

握力と6分間歩行試験では

**EN+SPN (高タンパク投与群) が改善傾向**

# タンパク質の補給を推奨

日本版重症患者の栄養療法ガイドライン(2016年)	推奨度 ランク付け
至適蛋白投与量は不明である(unknown field)。エネルギー投与量が目標量に達している場合は、 $1.2\sim 2.0\text{g}/(\text{実測体重})\text{kg}/\text{day}$ の蛋白が喪失していることを考慮した上で、蛋白投与量を設定することを弱く推奨する。	1C
ESPENガイドライン(2018年) on clinical nutrition in the intensive care unit	推奨度 ランク付け
重症疾患の経過中は、 $1.3\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ の蛋白を段階的に投与することができる。	Very Low
ASPEN/SCCM 成人重症患者の栄養管理ガイドライン(2015年)	推奨度 ランク付け
十分な量(高容量)の蛋白を摂取すべきことを弱く推奨する。蛋白必要量は、 $1.2\sim 2.0\text{g}/(\text{実測体重})\text{kg}/\text{day}$ であり、熱傷患者、多発外傷患者に対しては、さらに増加する可能性がある。	0



# Real-World Evidence of Treatment, Tolerance, Healthcare Utilization and Costs Among Postacute Care Adult Patients Receiving Enteral Peptide-Based Diets in the United States

LaVallee C, Seelam P, Balakrishnan S, †Lowen C, †Henrikson A, †Kesting B, †Moreno P, †Araujo Torres K  
*Journal of Parenteral and Enteral Nutrition 2021 Mar 18.doi:10.1002/jpen.2074*

## Background:

Enteral tube feeding (ETF) is used to help meet nutritional requirements in patients unwilling or unable to achieve adequate intake. Gastrointestinal (GI) intolerance is characterized by one or more symptoms of nausea, vomiting, bloating, constipation or diarrhea, and can interrupt feeding, reducing the rate or amount of nutrients delivered. This is associated with reduced patient quality of life and increased risk for malnutrition. Semi-elemental, peptide based (PB) ETF formulas are

diseases of the nervous system and mental/behavioral/neurodevelopmental disorders.

Across all study populations, there was a statistically significant improvement in GI tolerance after initiation of w-PB ETF, including pre and post index changes, decrease in one or more intolerance events and decrease in healthcare utilization.

**Number of Adult Patients Experiencing Intolerance Events, Preindex and Postindex:**

# ペプチド栄養剤投与前後の消化管不耐性

## Number of Adult Patients Experiencing Intolerance Events, Preindex and Postindex:

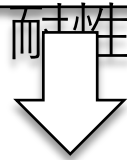
Number of intolerance events experienced	Adult Patients receiving w-PB ETF (n=1022)		
	Preindex, n (%)	Postindex, n (%)	p*
0	418 (40.9)	601 (58.8)	<.001
1	306 (29.9)	239 (23.4)	.003
2	171 (16.7)	124(12.1)	.005
3	92 (9.0)	40 (3.9)	<.001
4	32 (3.1)	17 (1.7)	.03
5	3 (0.3)	1 (0.1)	.3
<b>Any intolerance events experienced</b>			
NO	418 (40.9)	601 (58.8)	<.001
YES	604 (59.1)	421 (41.2)	<.001

w-PB ETF, 100% whey-protein peptide-based enteral tube feeding.

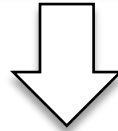
1つ以上の不耐症イベントの減少、医療費の減少、医療機関の利用率も減少

# 重症患者の経腸栄養の問題点

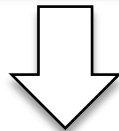
吐気・嘔吐・腹部膨満感・便秘・下痢などの胃腸の不



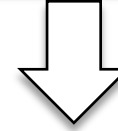
栄養摂取を妨害（中断など）



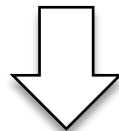
栄養失調のリスクが高まる



臨床転帰の悪化



医療費の高騰



QOLを低下 死亡率増加