

静岡県栄養士会

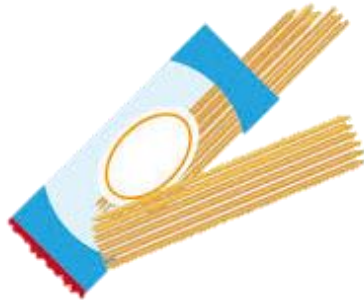
2022年度リカレント教育「学びなおし」講座



炭水化物の栄養



静岡英和学院大学短期大学部食物栄養学科
教授 望月 裕子

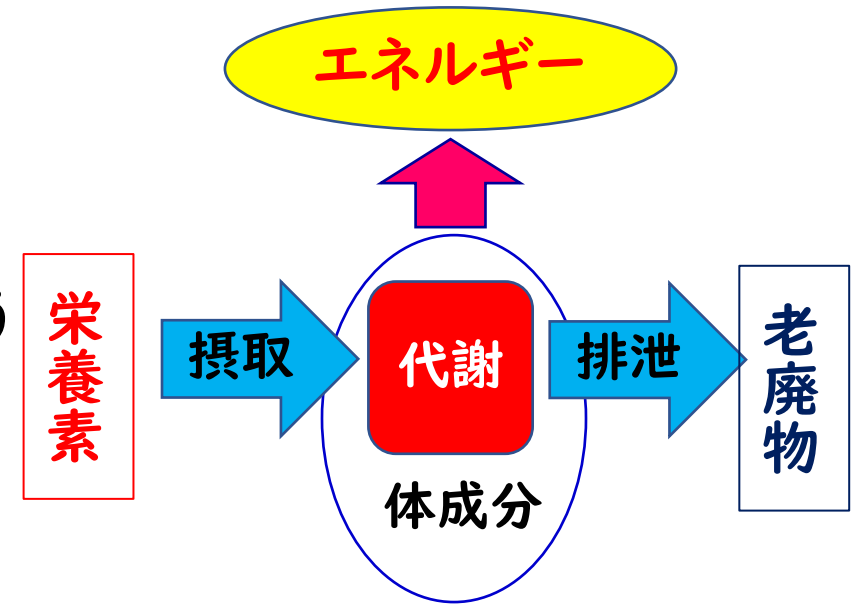


炭水化物の栄養 その1

- ◆ 糖質のエネルギー産生
- ◆ グリコーゲンの合成と貯蔵
- ◆ 臓器間における糖代謝・糖新生
- ◆ 血糖調節のメカニズム
- ◆ GIとGL
- ◆ 食物繊維の生理作用
- ◆ 炭水化物の摂取量（食事摂取基準2020年版）

栄養 (nutrition) と栄養素 (nutrient)

- ◆ **栄養**とは、人が外部から食物を摂取し、それらを利用して生命を維持し生活する現象をいう
- ◆ **栄養素**とは、健康的な生命活動や生命を維持するために、取り入れるべき物質



炭水化物
や
脂肪

- ① 身体の発育や各組織の代謝回転に必要な成分
- ② 身体の活動に必要なエネルギー
- ③ 身体の恒常性の保持と、組織・体液間の浸透圧やpHの調整を行う物質

たんぱく質
筋肉や骨格や筋肉の
材料となる成分

ホルモンや酵素・補酵素の材料
(たんぱく質・ビタミン・ミネラルなど)

つまり...

食物として「**栄養素**」を摂取して、その成分をエネルギー源や体の構成成分に利用することが「**栄養**」である

栄養素の役割

- **エネルギー供給**

糖質、脂質、(たんぱく質) → エネルギー産生栄養素

- **身体の構成成分(筋肉や骨など)**

たんぱく質、ミネラル(=無機質)、脂質、糖質

- **代謝の調節(生体内での化学反応を行ない易くする)**

**ビタミン、たんぱく質(=ホルモン、酵素、補酵素)、
ミネラル(=無機質)、脂質**

18~64歳の男女の場合の食物繊維摂取目標量
男性:21g以上/日、女性:18g以上/日

- **その他**

水

食物繊維の積極的な摂取によって、**高脂血症、高血圧症、糖尿病**などの**改善**が認められている
食物繊維の摂取量不足が**生活習慣病の発症率**や**心筋梗塞**などでの**死亡率**に関与する

食物繊維(難消化性:消化管内で生理作用)

炭水化物の種類と特徴

◆ 炭水化物とは・・・、糖質 + 食物繊維類を意味する

当初、 $C_n(H_2O)_m$ という化学式で示される化合物群で、まさにC(炭素)と H_2O (水)の化合物を意味していた。

しかしながら、化学分析技術の進歩により、炭水化物と考えられていた生体高分子を加水分解して単分子を生成させても $C_n(H_2O)_m$ に当てはまらない物質が多く見いだされてきた。

このようなことから、炭水化物の定義が見直されるようになった。

◆ 糖質とは・・・

エネルギー源として利用できる物質で、たんぱく質、脂質には属さない物質(炭水化物のうち、ヒトの消化酵素の作用を受けない食物繊維を除いたもの)

◆ 食物繊維とは・・・

ヒトの消化酵素で消化されない食物成分

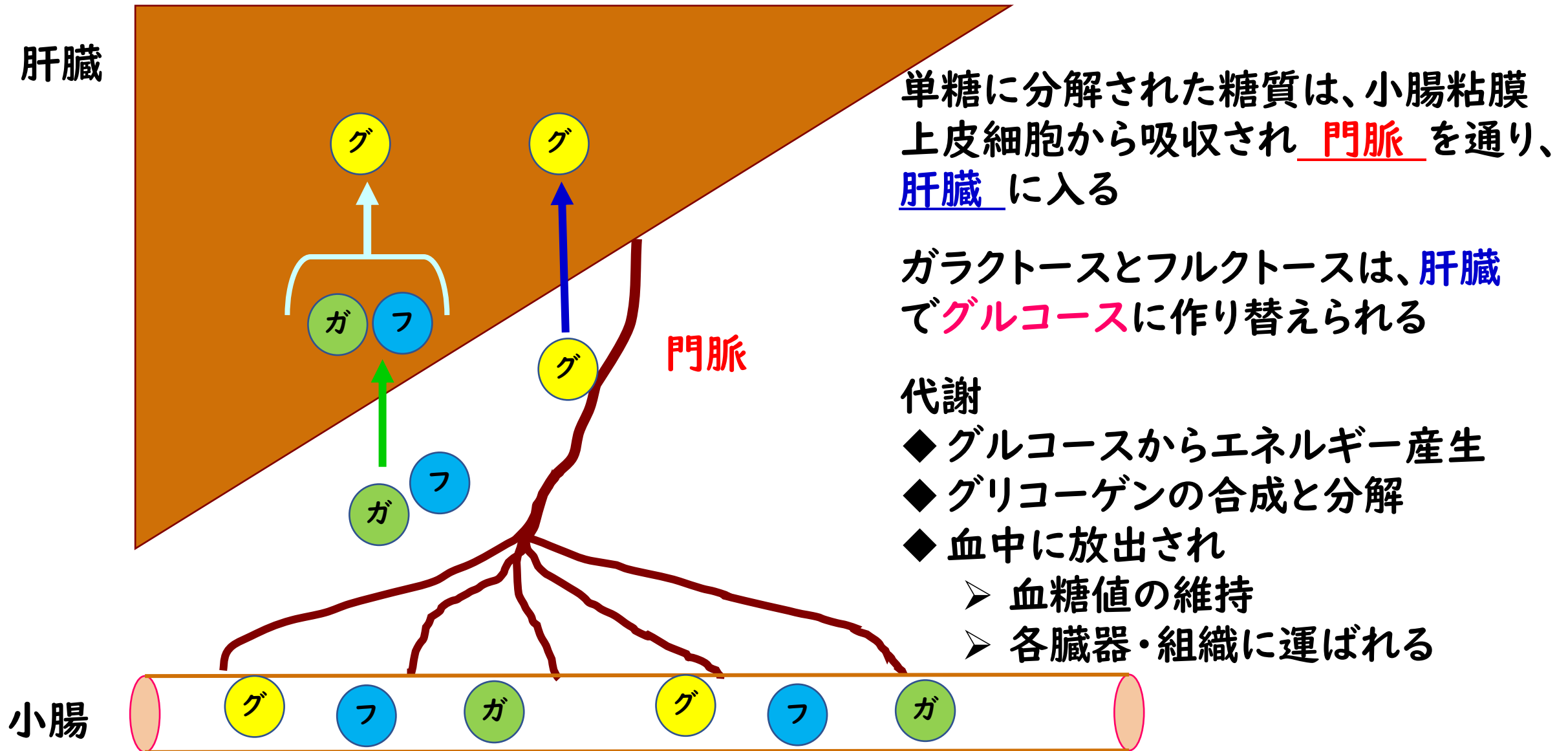
炭水化物とは・・・

糖類

炭水化物の分類

炭水化物	糖質	単糖類	グルコース、フルクトース、ガラクトース など	オリゴ類
		二糖類	スクロース、マルトース、ラクトース など	
		三糖類	マルトトリオース、ラフィノース など	
		四糖類	スタキオース など	
		多糖類	でんぷん、グリコーゲン など	
		糖アルコール	キシリトール、ソルビトール	
	その他	アスパルテーム、アセスルファムK、ステビア など		
	食物繊維	水溶性	ペクチン、グリコマンナン、アルギン酸ナトリウム、フラクトオリゴ糖、ガラクトオリゴ糖、ポリデキストロース、コンドロイチン硫酸	
		水不溶性	セルロース、リグニン、アガロース、イヌリン、レジスタンススターチ、キチン、キトサン	

吸収された単糖の運搬経路 と 代謝



糖質のエネルギー産生は、どこで起こってるのか？

エネルギーを作る
重要な反応経路

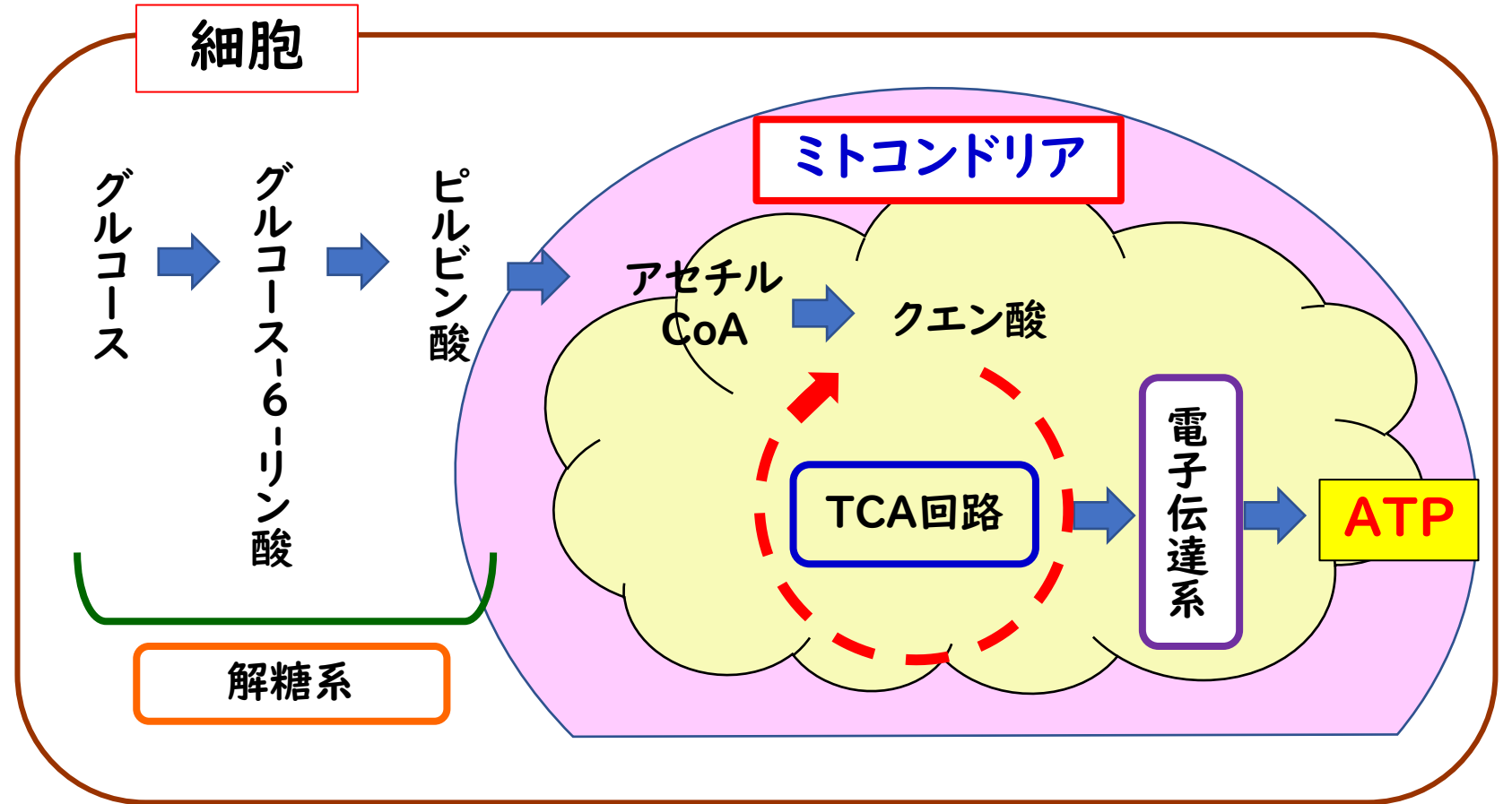
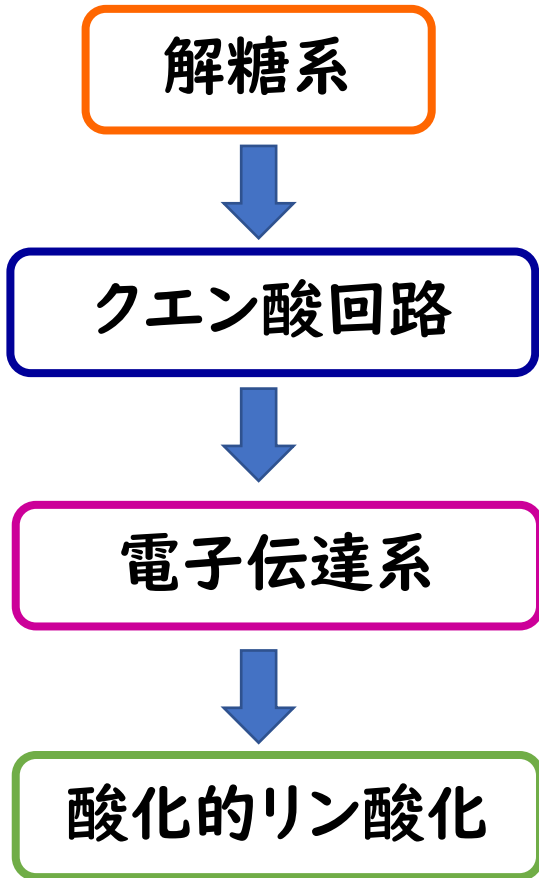


図 グルコースの細胞内代謝の概要

グルコースからのエネルギー産生

解糖系：

酸素を使わずにグルコースが ピルビン酸 になることによって、ATPを産生する

クエン酸回路 (トリカルボン酸サイクル = TCA回路、クレブス回路)：

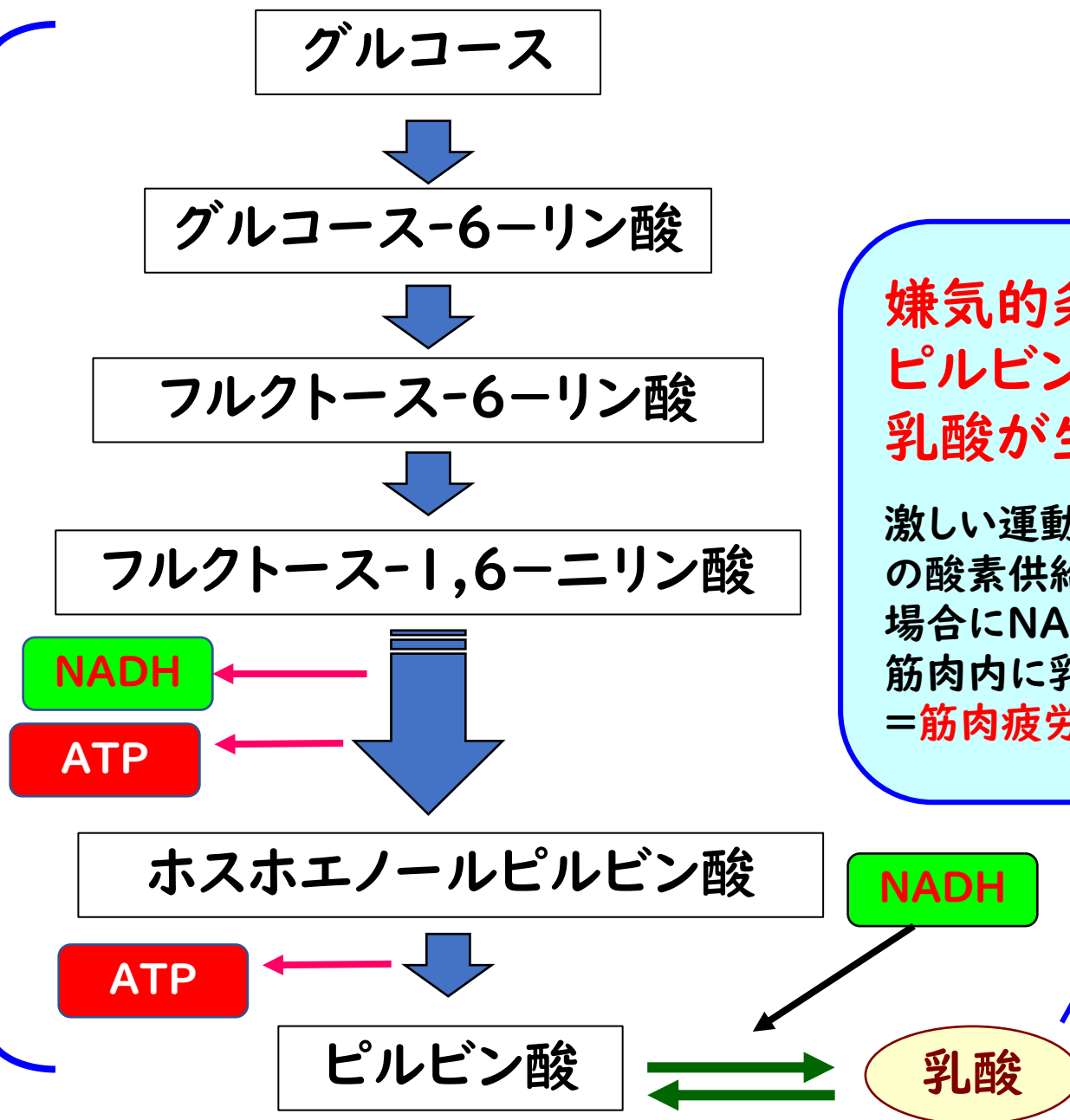
解糖系で生じたピルビン酸は、ミトコンドリア内で アセチルCoA に代謝され、アセチルCoAとオキサロ酢酸と反応しクエン酸が合成され、クエン酸についてアセチルCoAが分解され、オキサロ酢酸に戻るまでに **NADH、FADH₂、H⁺** が産生する経路

電子伝達系+酸化リン酸化：

クエン酸回路で生じた **NADH、FADH₂、H⁺** をミトコンドリア内膜に貯め、それを使ってATPを産生する過程をいう

解糖系

- 細胞質内で代謝変換される
- グルコース1分子から2分子のピルビン酸生成する
- ピルビン酸は、ミトコンドリア内に入り、好気条件下でさらにアセチルCoAへと変換される



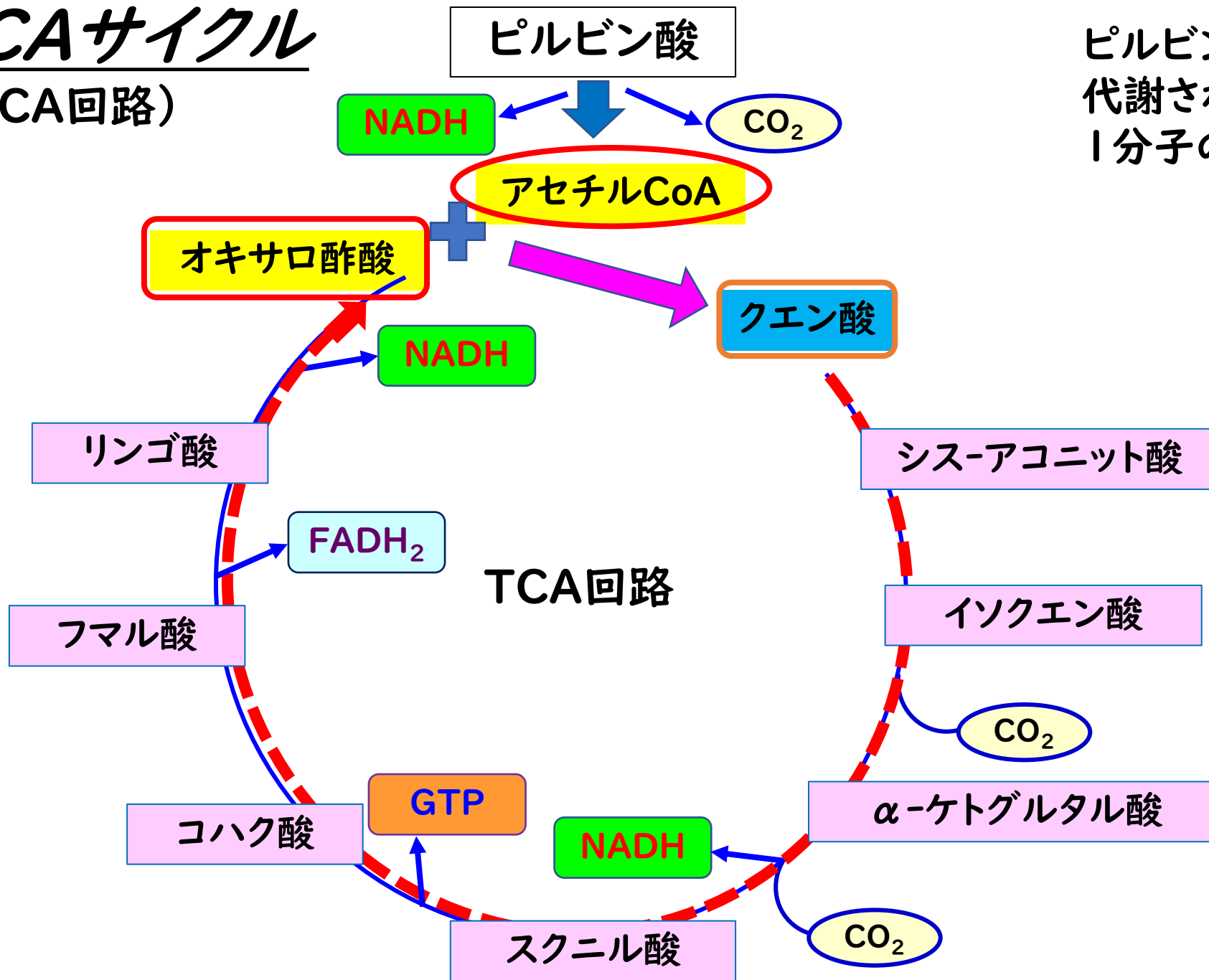
嫌気的条件下では、**ピルビン酸**を経て**乳酸**が生成する

激しい運動時など、筋肉への酸素供給が十分でない場合にNADHが消費され、筋肉内に乳酸がたまる
= **筋肉疲労**

TCAサイクル

(TCA回路)

ピルビン酸がアセチルCoAに代謝される時、1分子の**NADH** が生成する

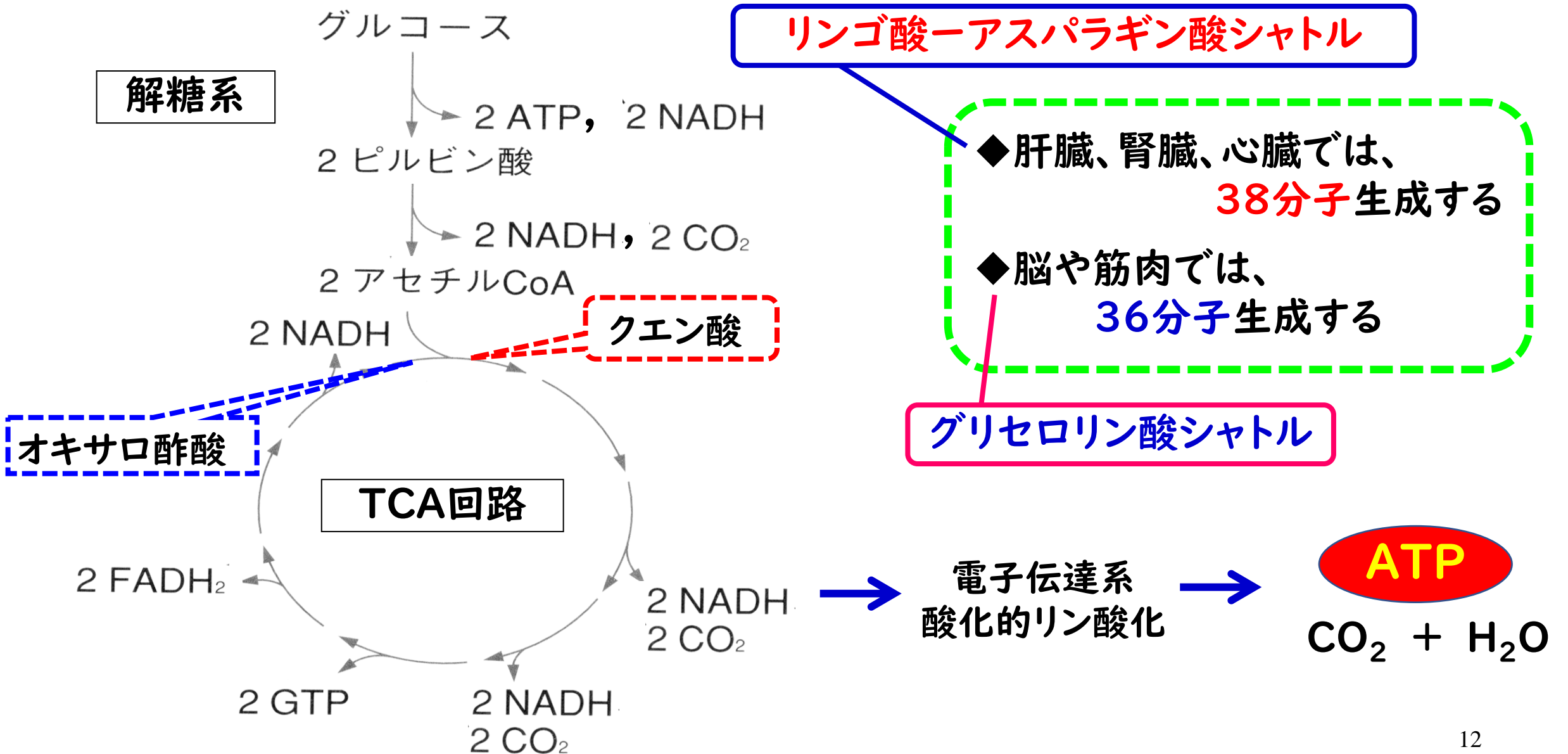


アセチルCoAが、TCA回路で一回転すると、

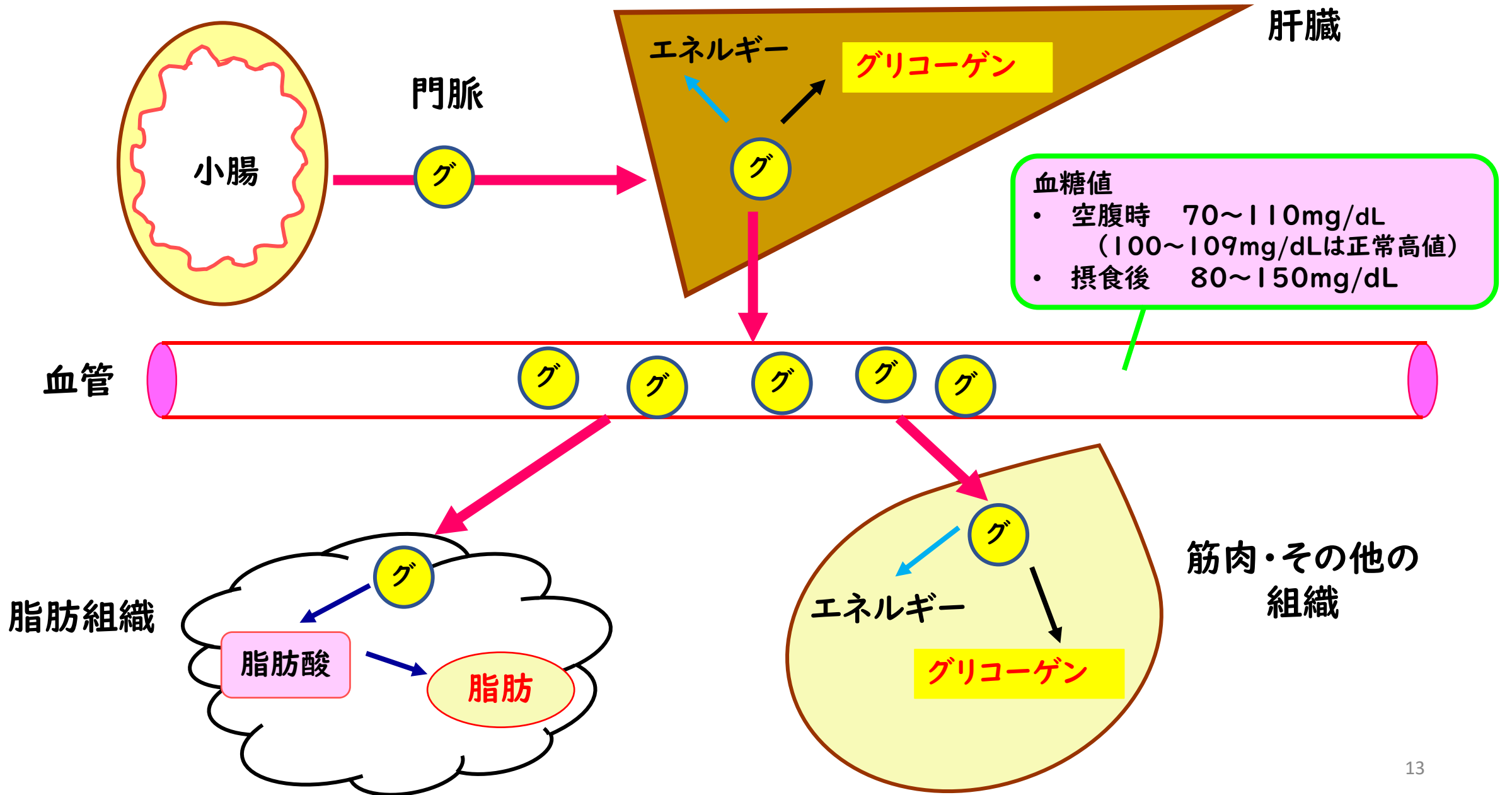
- ◆ **NADH** 3分子
- ◆ **FADH₂** 1分子
- ◆ **GTP** 1分子
- ◆ **CO₂** 2分子

が生成する

グルコースを主とした解糖系とクエン酸回路におけるエネルギー産生



～ 吸収された糖質の行方 ～



グリコーゲン

多数のグルコース(ブドウ糖)分子がグリコシド結合によって重合し、枝分かれが非常に多い高分子構造。

動物における貯蔵多糖類として知られ、動物でんぷんとも呼ばれる。

グルコース8~12個ごとに分岐し、でんぷんのアミロペクチンよりもはるかに分岐が多く、分岐の先がさらに分岐が存在し、枝分かれした樹状構造、さらに複雑に分岐した網目構造をとる。

※ 体内の**グリコーゲン合成酵素**によって、グルコースから網目構造の高分子化合物が合成される

グリコーゲンとは・・・?

肝臓や**筋肉**において、グルコースを貯蔵するための糖質(=**動物性の貯蔵多糖類**)

グリコーゲンの合成と貯蔵

表 体重70kgのヒトにおける糖質貯蔵量

	臓器・組織重量 (容量)	糖質濃度 (%)	糖質量 (g)
肝臓グリコーゲン	1.8kg	4.0	72
筋肉グリコーゲン	35.0kg	0.7	245
血液・ その他の細胞外糖質	10L	0.1	10
総計	-	-	327

体内の糖質は大部分が、グリコーゲンとして**肝臓**や**筋肉**に蓄積（貯蔵）される

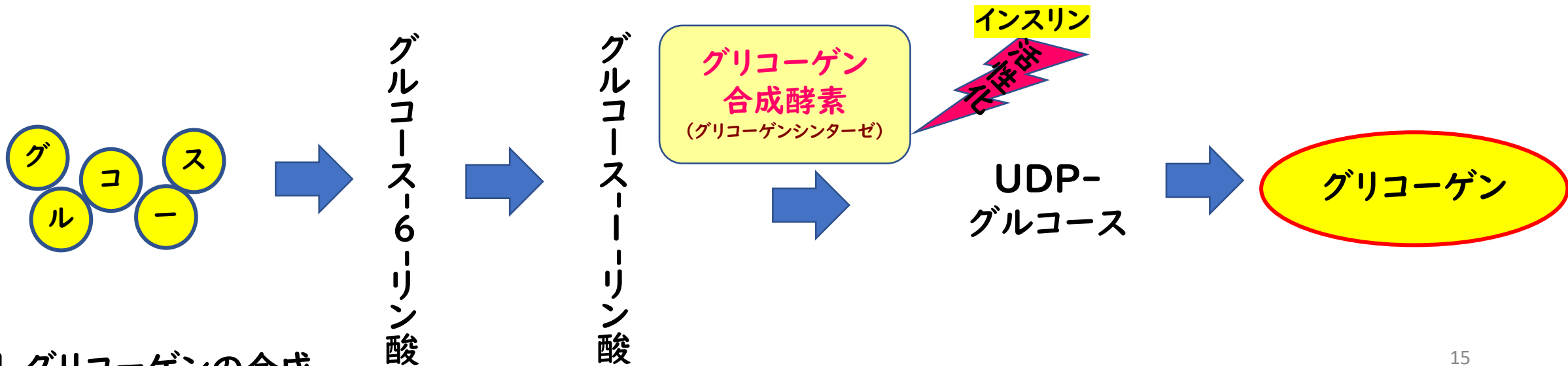


図 グリコーゲンの合成

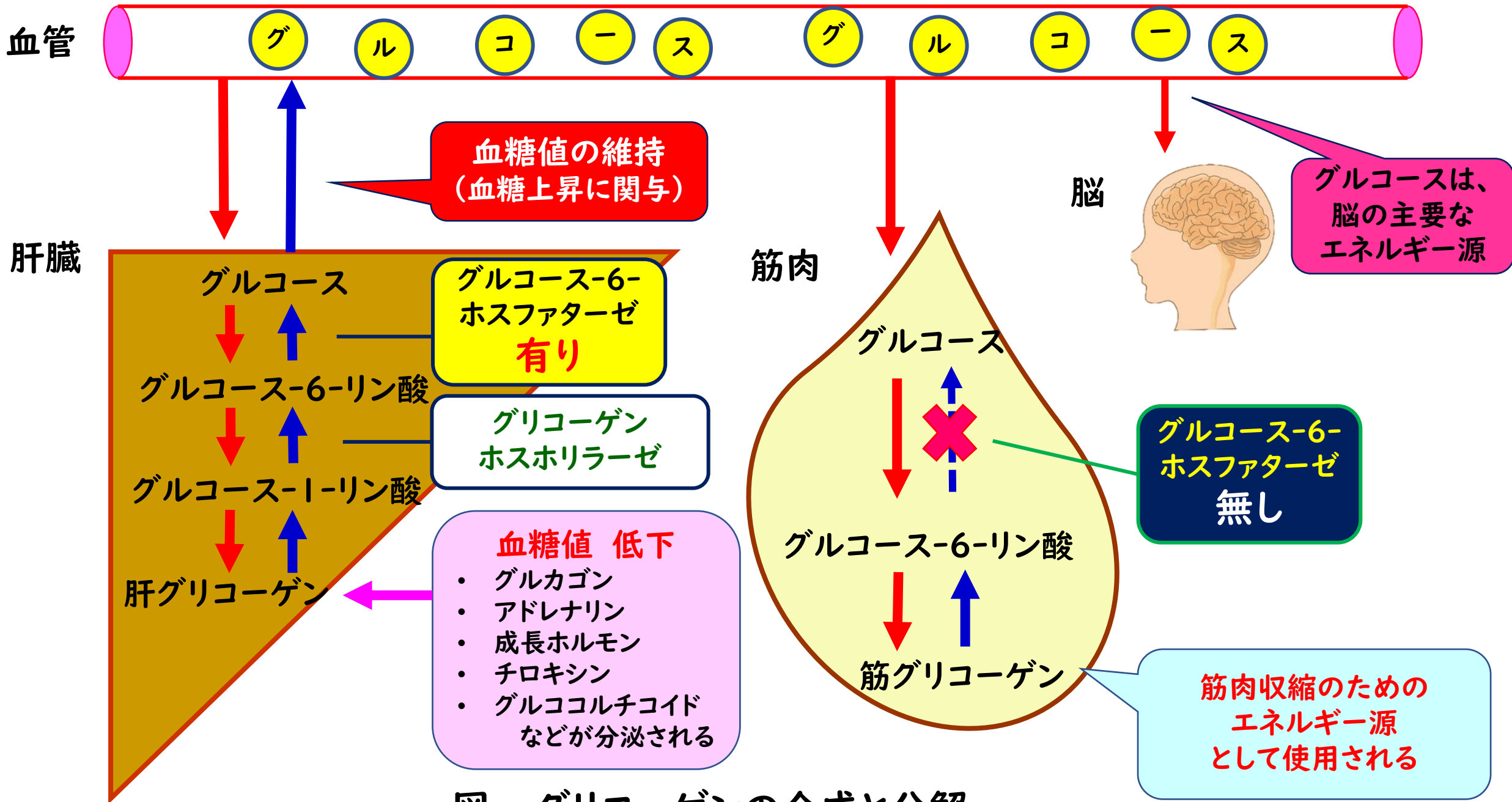


図 グリコーゲンの合成と分解

肝臓のグリコーゲンは・・・

- 血糖値 の維持に使われる
- 血管から **各組織** へのグルコースの供給
- **脳** のエネルギー源はグルコース
(脳はグリコーゲンを貯蔵できないので、血中からグルコースを取り込む)
- **赤血球** はミトコンドリアがないため、血糖由来のグルコースを基質とした解糖系エネルギーに依存

筋肉のグリコーゲンは・・・

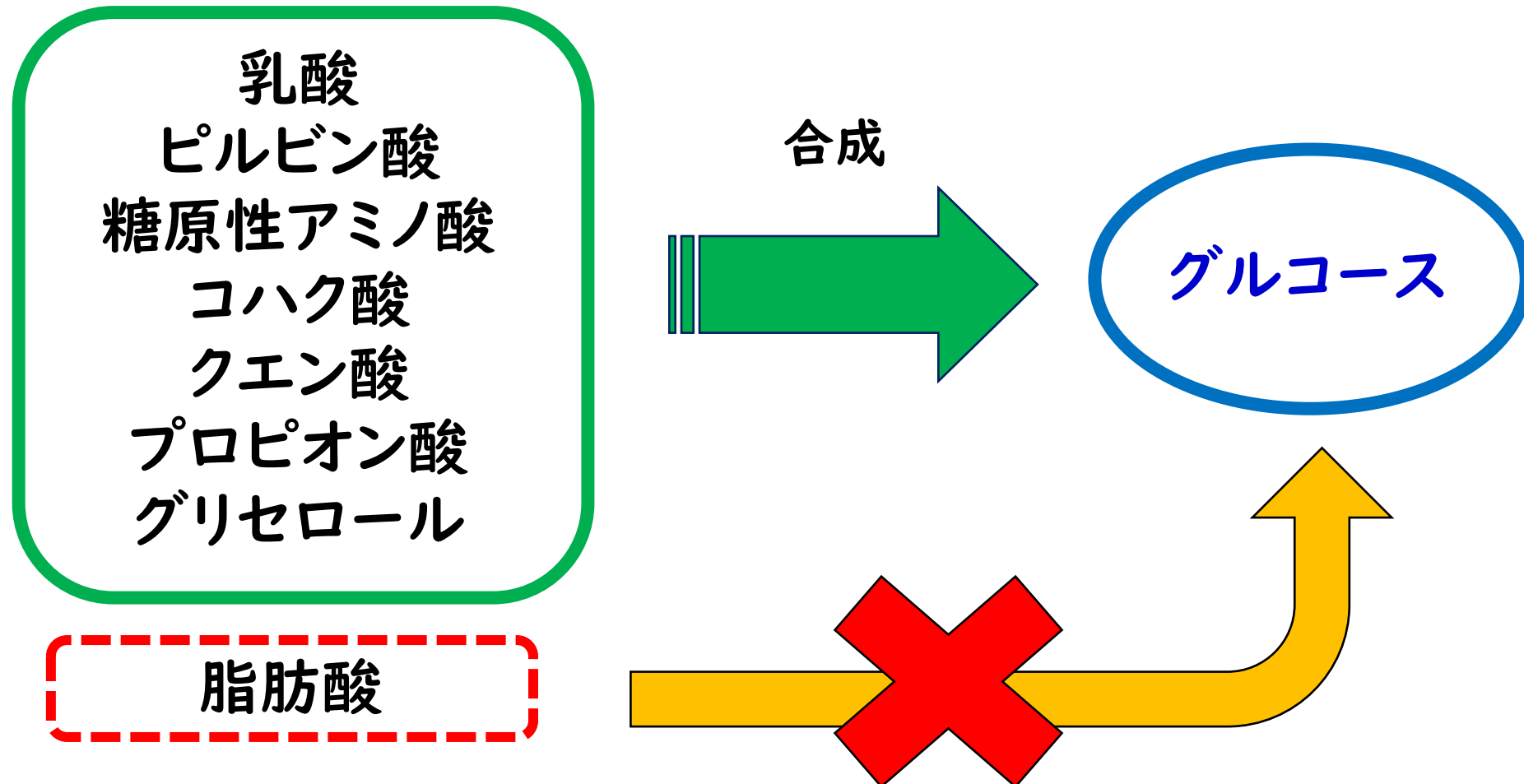
- 筋肉活動のエネルギー源 としてのみ、使われる
→ **血糖値の維持には役立たない**

糖新生 (*Gluconeogenesis*) とは・・・?

肝臓で、

糖質以外の物質やたんぱく質分解物などのアミノ酸から グルコース が合成されること

※ わずかに腎臓でも糖新生は行われる



糖新生でグルコースに転換可能なアミノ酸とは・・・？

糖原性アミノ酸

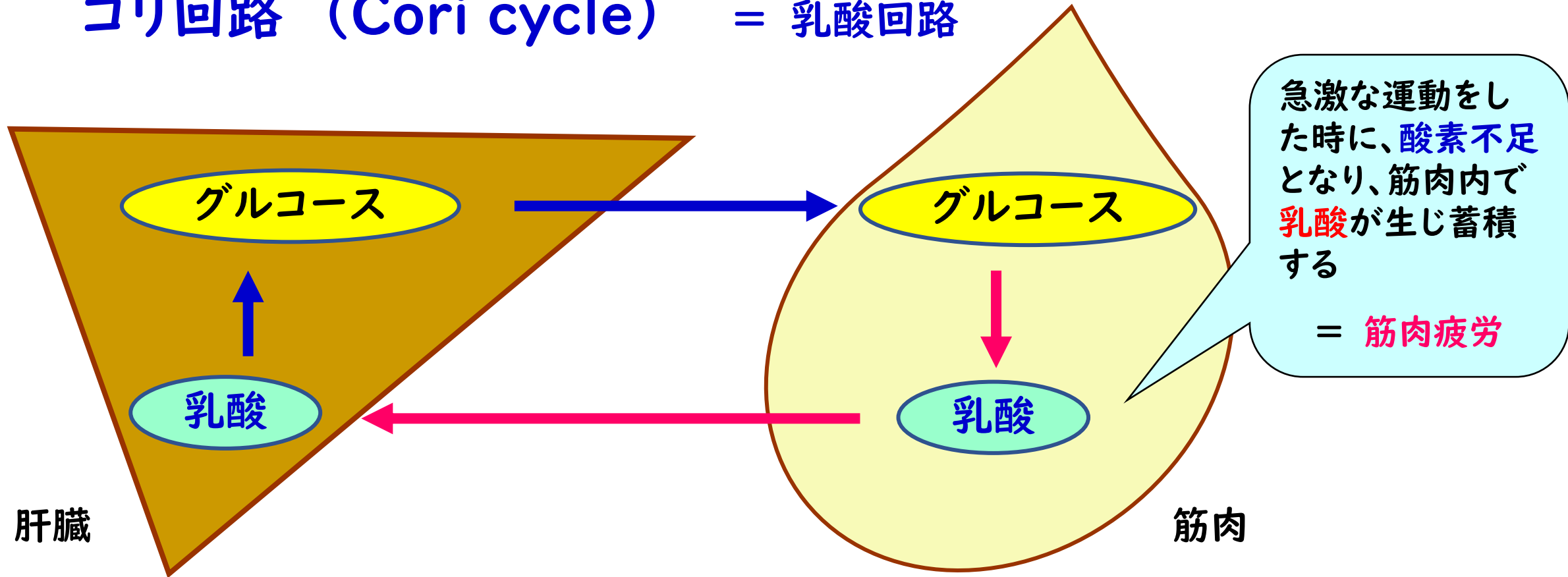
ケト原性アミノ酸

グリシン アラニン
バリン セリン
スレオニン
アスパラギン酸
グルタミン酸
アスパラギン
グルタミン
アルギニン
ヒスチジン プロリン

イソロイシン
フェニルアラニン
チロシン
トリプトファン

ロイシン
リシン

コリ回路 (Cori cycle) = 乳酸回路

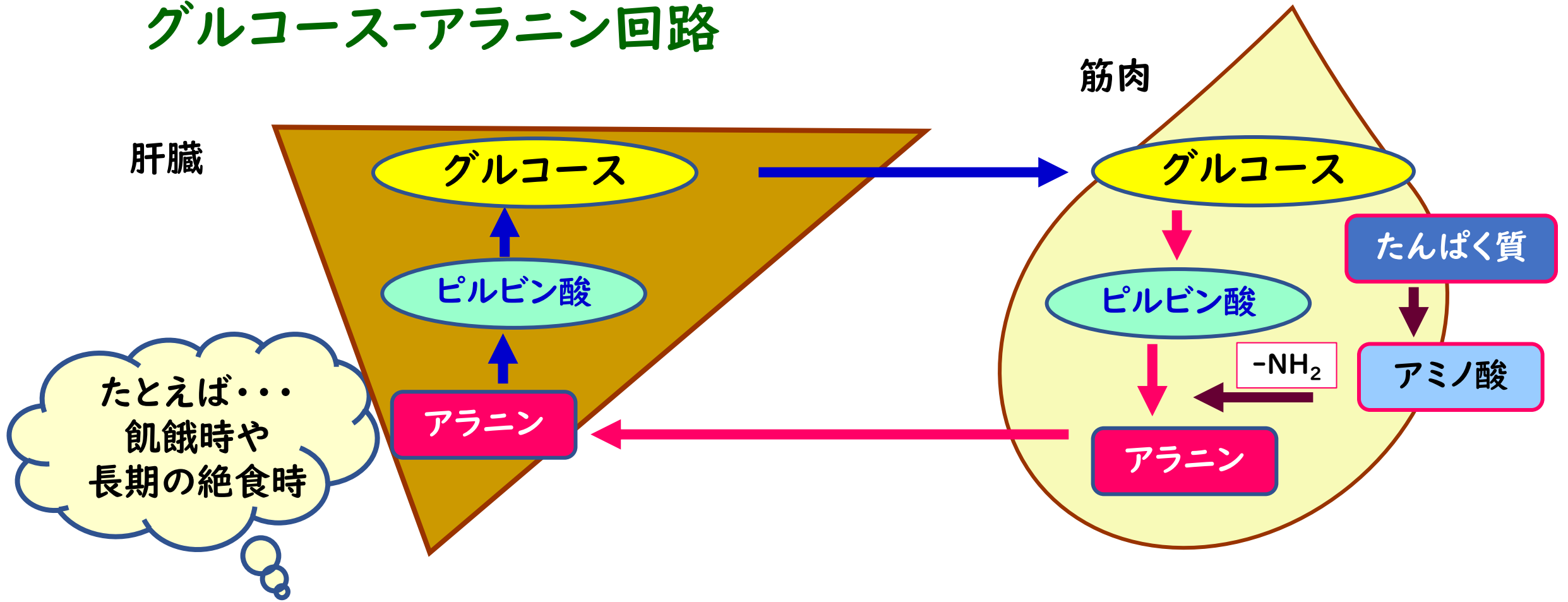


筋肉において、グルコースから生成した 乳酸 は血中に放出され、肝臓で再びグルコースに変えられ、筋肉に戻る。

このような 乳酸の再利用 も 糖新生 である。

※ 赤血球はミトコンドリアをもっていないため、解糖系で生じたピルビン酸のその後の処理ができず乳酸として蓄積する

グルコース-アラニン回路



筋肉のたんぱく質が分解して生じたアミノ酸は、グルコースの解糖から得られるピルビン酸を利用して アラニン に変えられ、血中に放出されて肝臓に運ばれる。

肝臓で、アラニン から ピルビン酸 を経て グルコース に再合成される。

炭水化物の栄養

その2

- ◆ 糖質のエネルギー産生
- ◆ グリコーゲンの合成と貯蔵
- ◆ 臓器間における糖代謝・糖新生
- ◆ 血糖調節のメカニズム
- ◆ GIとGL
- ◆ 食物繊維の生理作用
- ◆ 炭水化物の摂取量（食事摂取基準2020年版）

血糖調節に関与するホルモン

血糖値を下げるホルモン

ホルモン名	内分泌腺	はたらき
インスリン	膵臓ランゲルハンス島β細胞	筋肉、脂肪、肝臓に血中グルコースを取り込み。グリコーゲン合成、体たんぱく質合成、脂肪合成の亢進。

血糖値を上げるホルモン

ホルモン名	内分泌腺	はたらき
グルカゴン	膵臓ランゲルハンス島α細胞	肝臓グリコーゲンを分解してグルコースの産生。糖新生亢進。
アドレナリン	副腎髄質	グリコーゲンの分解促進、脂肪分解の亢進、。交感神経の興奮。
成長ホルモン	脳下垂体前葉	肝臓グリコーゲンの分解してグルコースの産生。体の成長を促進（骨・筋肉）。
チロキシン （甲状腺ホルモン）	甲状腺	肝臓グリコーゲンの分解してグルコースの産生。腸からの糖質吸収を促進。代謝促進。
グルココルチコイド （副腎皮質ホルモン）	副腎皮質	肝臓で糖新生によってグルコース産生。体たんぱく質分解を促進し、アミノ酸産生。

血糖曲線とは・・・

血糖値は、食事によって増加し、食後1時間ほどで最大値に達成し、その後インスリンの作用によって食後2～3時間で通常値(70～110mg/dL)まで低下する。
このような**血糖値の経時的変動を示す曲線**のこと。

食後高血糖

1日三回の食事後には、誰でも**血糖値が上昇するが**、**高糖質摂取による異常な高血糖状態が継続すると**、**疾病を招く!**

血管へのダメージが
増大

糖尿病の発症はもちろん、
血管の至るところで**動脈硬化**が起こり、
心筋梗塞、脳梗塞などの突然死のリスクも高まる

さらに・・・、**癌**や**認知症**の誘発原因となる

グリセミック・インデックス (Glycemic Index) =GI

GIとは・・・？

- ◆ 糖尿病の食事において、食事全体で摂取される炭水化物の質を表す指標を用いることで、食事の**質的な配慮**も必要であることから生まれた概念
- ◆ 摂取した食品によって血糖曲線は異なるため、**食品の種類ごとに血糖値の上昇度合いを数値化したもの**

基準となる糖質（グルコース50gあるいは、白パン50g）を摂取しグラフ化した血糖曲線の曲線下面積に対する、炭水化物50gを含む食品の2時間後までの血糖曲線下面積の比率をいう。

GI値=対象食品摂取時の血糖曲線下面積／グルコースor白パン摂取時の血糖曲線下面積×100

GI への影響因子

GI低下の影響因子	理由	食品例
未精製の食品	難消化性	全粒粉パン、豆、大麦
高アミロース	アミロースが多いことによる消化率の低下	豆、コーンスターチ
食物繊維	腸の粘性を増し、でんぷんの消化吸収を遅延	豆、リンゴ、カラス麦
酸	胃からの移動を遅延	酢、レモン果汁、ドレッシング、酸味のある果物、オレンジ
脂質・脂肪 (油脂類を含む)	胃に留まる時間の延長、胃からの移動が遅延、消化の長期化	茹でジャガイモと揚げジャガイモの比較による
二糖類、果糖	糖質に含まれる単糖の種類、消化後グルコースのみが産生されない組み合わせ	バナナやスイカ以外のほとんどの果物や野菜

糖質食品のGI

高GIの食品				低GIの食品			
ブドウ糖	100	朝食シリアル	70	玄米ご飯	50	乳製品	35
ベークドポテト	95	ボイルドポテト	70	パン(歩留85~90)	50	いんげん豆(乾)	30
白パン(歩留り65~75)	95	ビスケット	70	グリンピース(生)	50	レンズ豆(乾)	30
マッシュポテト	90	とうもろこし	70	朝食シリアル(コンブレ)	50	ひよこ豆(乾)	30
はちみつ	90	白米ご飯	70	ロールド・オート麦(圧麦)	40	全粒粉パスタ(スパゲッティ等)	30
にんじん	85	灰色田舎パン(歩留り78~85)	65	生フルーツジュース	40	フルーツ類(生)	30
ポップコーン	85	ビート(砂糖大根)	65	ライ麦パン・(歩留85~90)	40	マーマレード(ペクチン添加)	25
コーンフレーク	85	ぶどう	65	パスタ(やや玄い)	40	果糖(フルクトース)	20
餅	80	バナナ	60	うずら豆	40	大豆(乾)	15
砂糖(スクロース)	75	ジャム類	55	リンゴ	39	緑黄色野菜、レモン	<15
フランスパン(歩留り75~78)	70	マカロニ・スパゲッティ類	55	全粒粉パン(歩留90~98)	35	きのこ、海藻類	<15

グリセミックロード (グリセミック負荷量、Glycemic Load、GL)

GLとは・・・、

食事の中で摂取される炭水化物の**質と量**とを同時に示す指標で、
炭水化物の質だけでなく**量も考慮すべき**という考え方からなる

言い換えれば「その食品は基準食品（多くはブドウ糖）何gに相当する影響を血糖値に与えるか」を示している

$$GL = GI (\text{グリセミック指数}) / 100 \times (\text{1食分の炭水化物g})$$

GIとGLが高い食事を日常的に摂取していると・・・、

冠動脈疾患 (心筋梗塞や狭心症と糖尿病) のリスクが上昇する

食物繊維 ①

◆ 食物繊維の定義 ～食品標準成分表2015年版(七訂)～

食物繊維とは、「**ヒトの消化酵素で消化されない食物中の難消化成分の総体**」で
酵素・重量法により測定される

◆ 食物繊維学会による「ルミナコイド」

「ヒトの小腸内で消化・吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つ生理作用を発現する食物成分」

◆ 食物繊維の分類

食物繊維	水溶性	ペクチン、グリコマンナン、アルギン酸ナトリウム、フラクトオリゴ糖、ガラクトオリゴ糖、ポリデキストロース、コンドロイチン硫酸
	水不溶性	セルロース、リグニン、アガロース、イヌリン、レジスタンススターチ、キチン、キトサン

不溶性 ではなく、水溶性食物繊維 が GIを下げる

食物繊維 ②

◆ でんぷん性と非でんぷん性

分類	種類	特徴
でんぷん性	難消化性でんぷん (レジスタンススターチ)	消化抵抗性有り 物理的にアミラーゼが作用しない 粉碎が不十分な穀類、 抵抗性を持つでんぷん粒
	難消化性デキストリン	消化抵抗性有り 熱分解の過程で還元末端の分子 内脱水や遊離グルコースのランダムな結合が起こったデキストリン
非でんぷん性	◆ ペクチン ◆ キチン・キトサン ◆ セルロース	多糖類、 消化抵抗性有り
	◆ リグニン	炭水化物ではない

食物繊維の生理効果（生理機能）

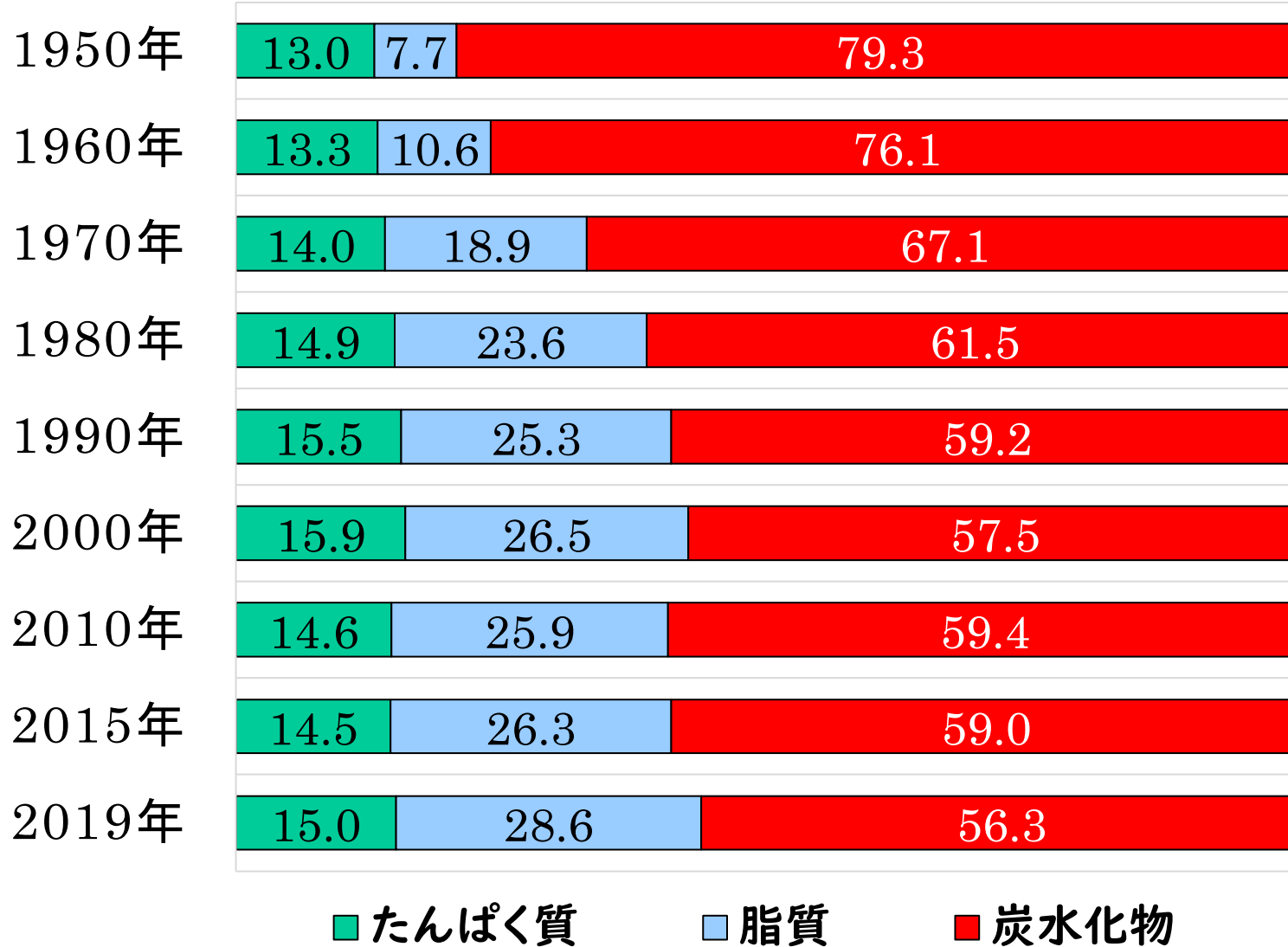
器官	生理作用
口腔	咀嚼力 ↑、唾液分泌 ↑ 満腹中枢の刺激・摂食中枢の抑制・・・食べ過ぎを抑制
胃	食物繊維が膨潤し、カサ（量）が増すため、胃内に長時間留まる 満腹感が持続する、消化管ホルモンの分泌を促進 ↑
小腸	蠕動運動の活発化、小腸内に長時間留まる 消化酵素や消化管ホルモンの分泌を促進 ↑ IgAの分泌が増加し、消化管免疫機能の強化 ↑ 腸管の肥厚化、小腸柔毛発達による吸収面積の拡大 コレステロールやNaなど不要物質や有害物質の吸収阻害・毒性の発現阻止
大腸	大腸通過時間の短縮（排便までの時間短縮） 腸内細菌のバランス改善、腸内細菌による発酵の促進 ↑ 有用な代謝産物「短鎖脂肪酸」の産生 ↑

食物繊維の摂取目標量（日本人の食事摂取基準 2020年版）

男性（18～64歳） $\geq 21\text{g/day}$

女性（15～64歳） $\geq 18\text{g/day}$

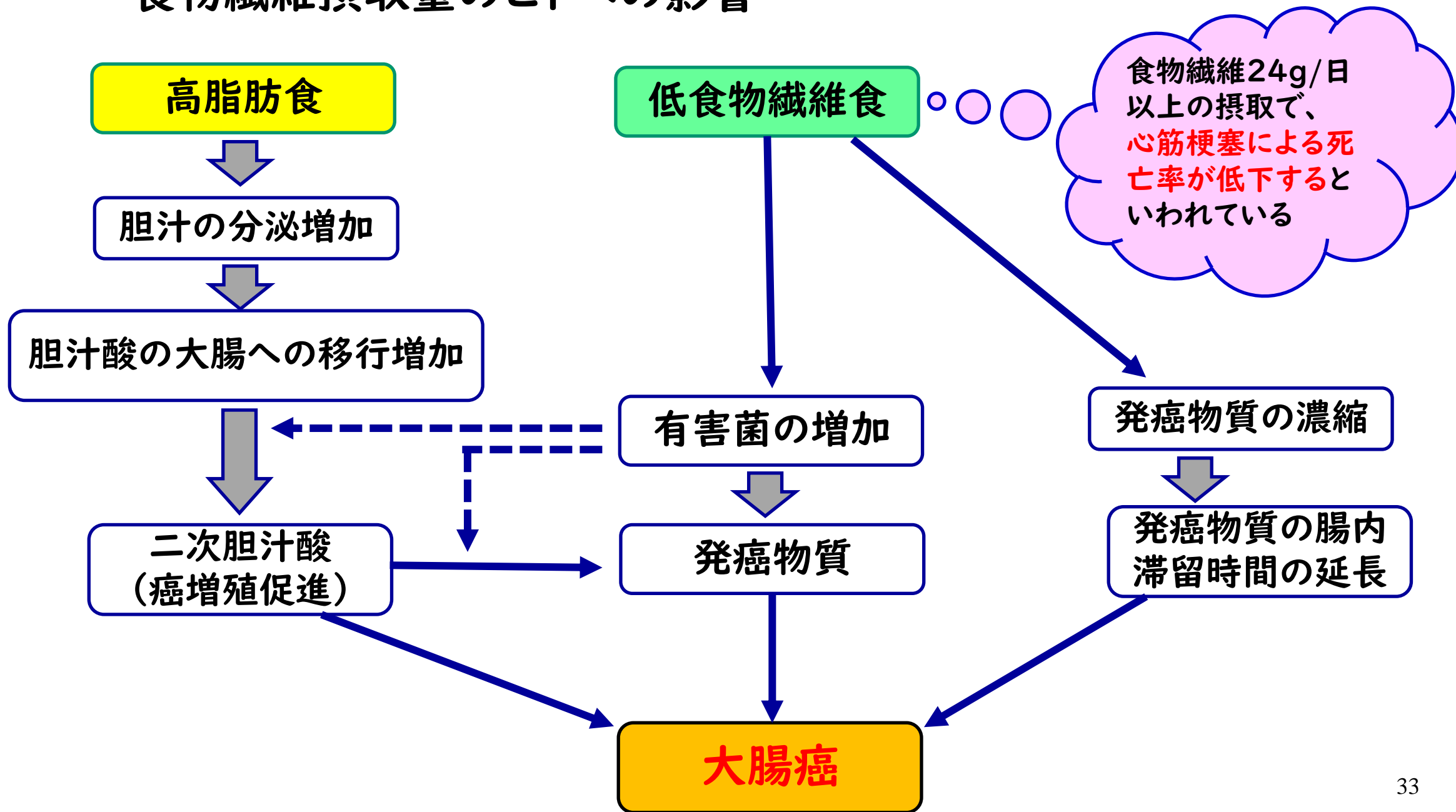
炭水化物の摂取量と栄養学的意識



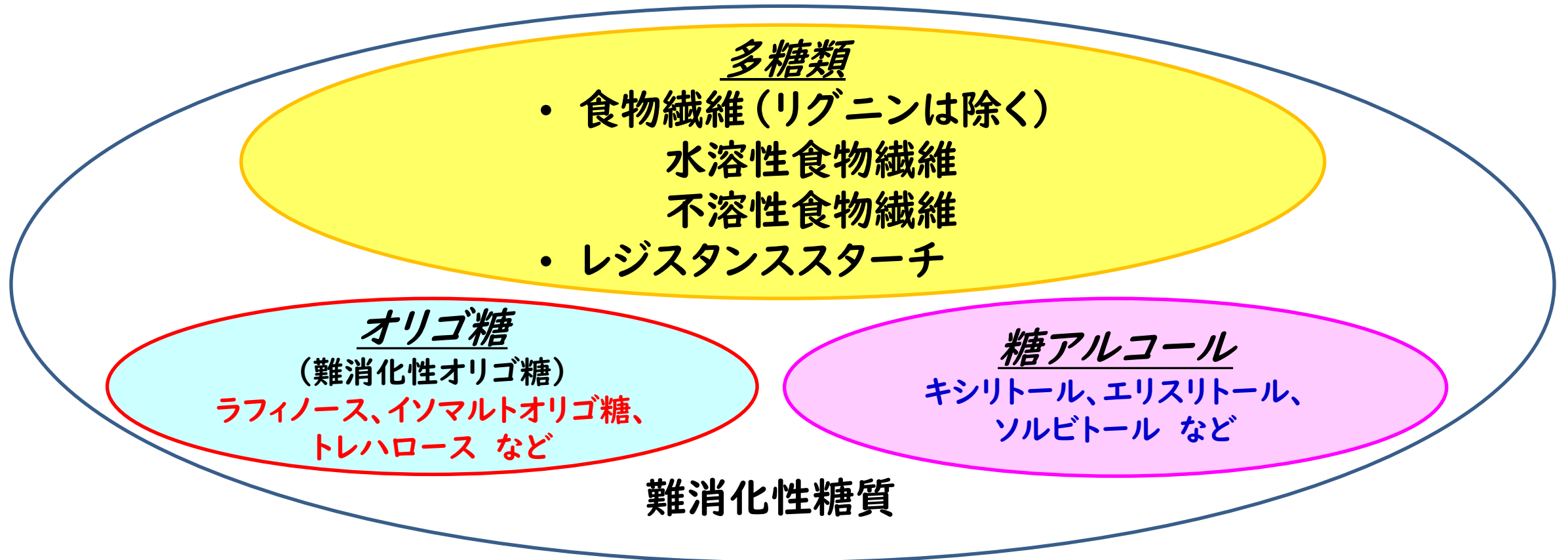
日本人の食物繊維摂取量は、1955年に22g程度であったが、炭水化物摂取量と米消費量の減少に伴い、1960年代には18g以下にまで減じた。2000年以降には15g未満である。

図 エネルギーの栄養素別摂取構成比の年次推移
(国民健康調査結果より作図)

食物繊維摂取量のヒトへの影響



食物繊維と難消化性糖質の発酵・吸収



難消化性糖質の機能

- ① 腸内発酵の促進
- ② 発酵による短鎖脂肪酸 (酢酸、プロピオン酸、酪酸) の生成とエネルギーの供給
- ③ 環境 (腸内pHの弱酸性化) によるミネラルの吸収促進
- ④ 腸内細菌叢の改善と 免疫力 (IgA) の向上

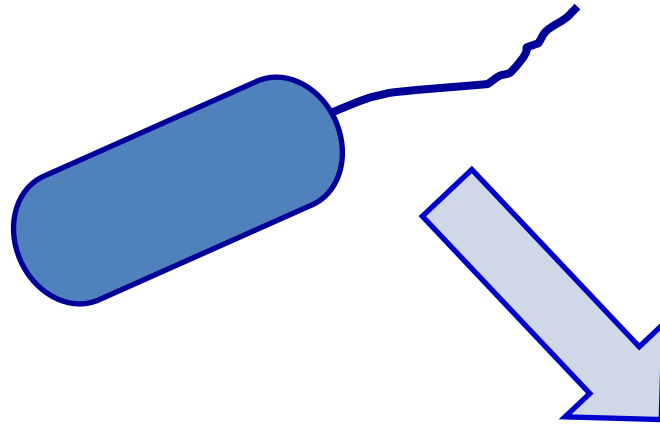
腸内細菌と腸内環境

プロバイオティクス

腸内環境を整える微生物

プレバイオティクス

微生物の作用を促す
難消化性物質



オリゴ糖
食物繊維
糖アルコール

シンバイオティクス

- プロバイオティクスとプレバイオティクスを同時に摂取すること
- 両者を組み合わせた物

食物繊維の食事摂取基準<目標量>

18~64歳……男性 21g以上、女性 18g以上

「健康日本21（第2次）」（平成24年厚生労働省）の栄養・食生活の施策において、

一日当たりの野菜の摂取目標量を **約350g** としている

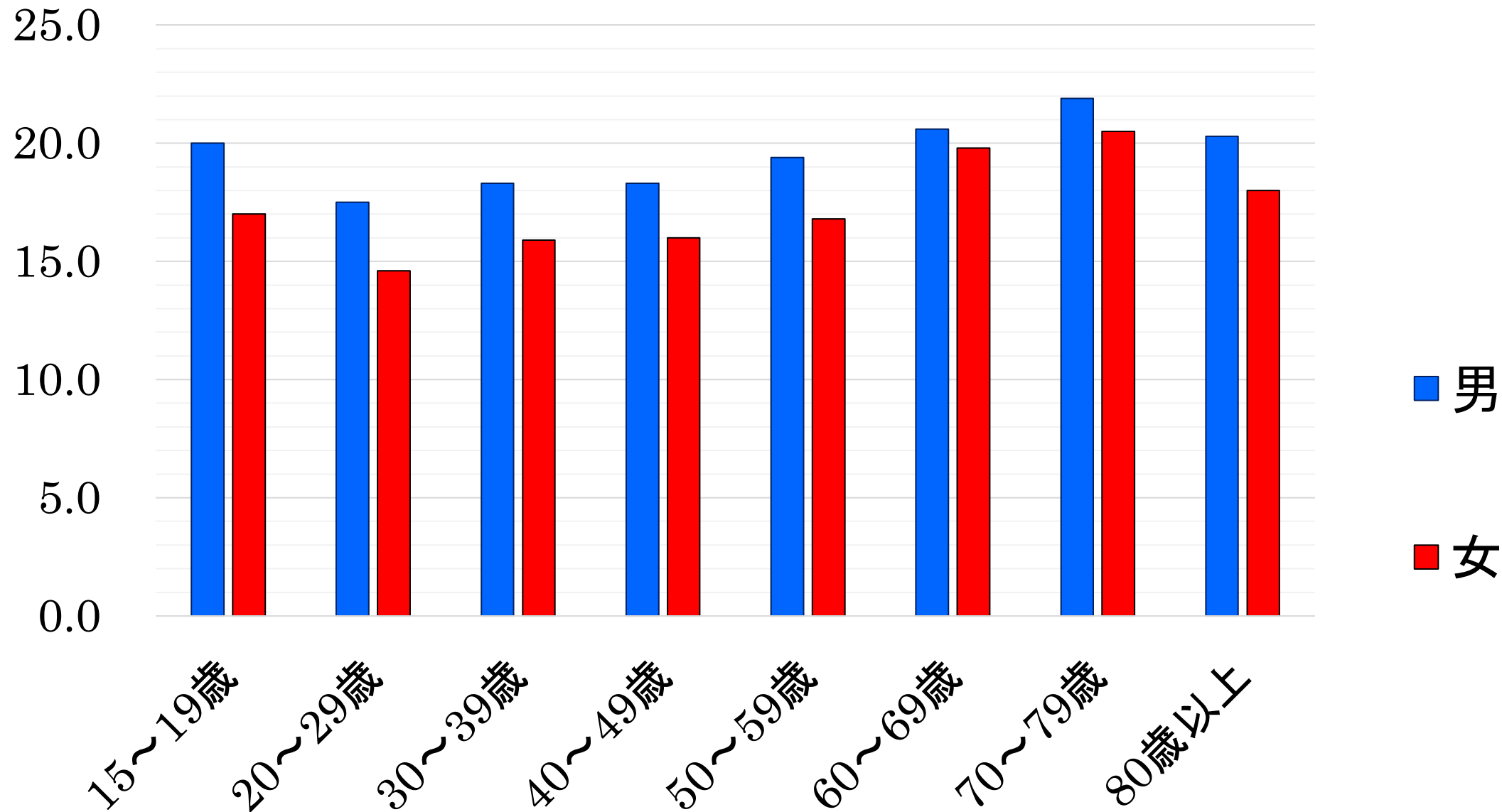
野菜 約350g中には、

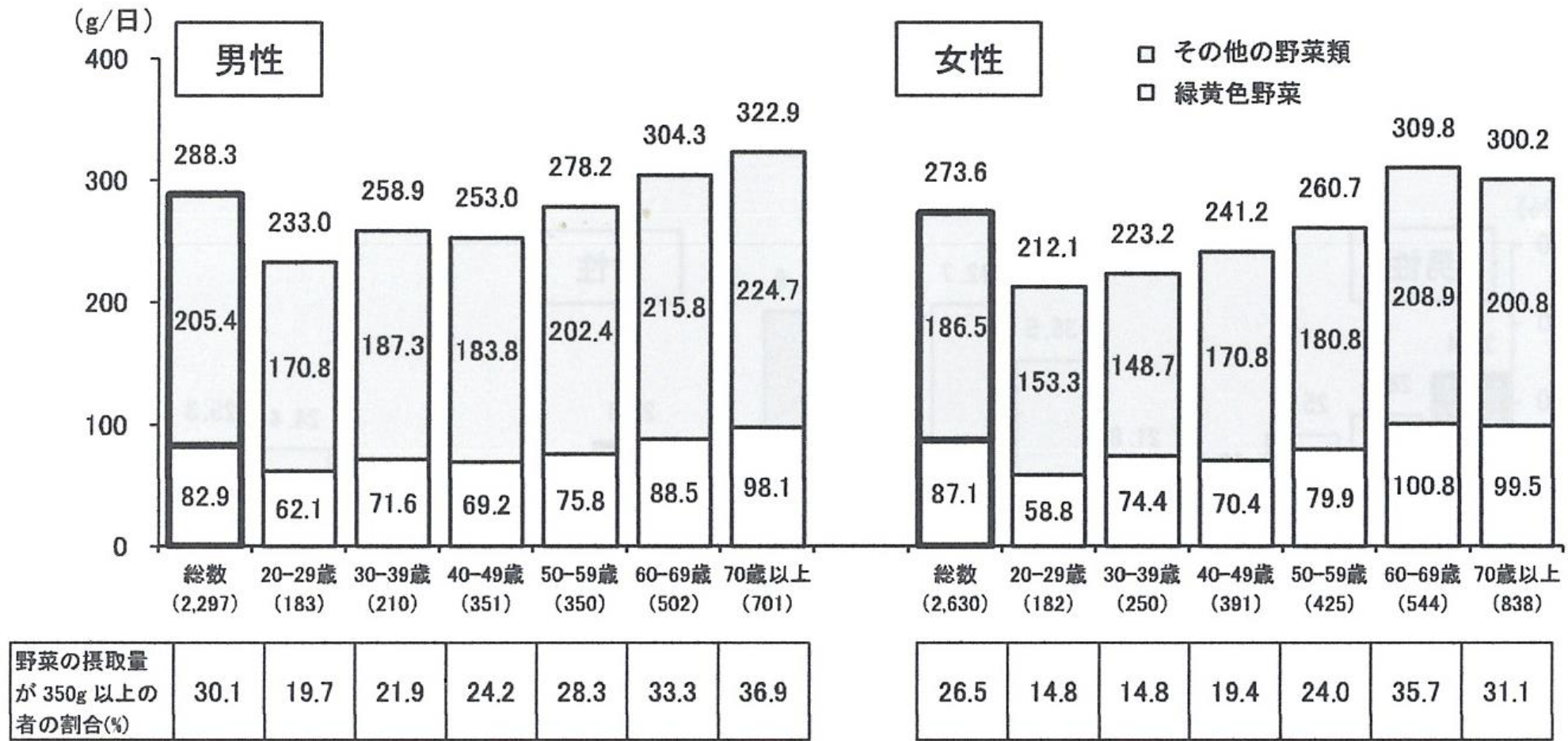
- 食物繊維
- ビタミン類
- ミネラル

などが、十分に含まれている

男女別 食物繊維の摂取量

(g)





(参考)「健康日本21(第二次)」の目標
 野菜の摂取量の増加
 目標値: 野菜摂取量の平均値 350g

図 野菜摂取量の平均値 (20歳以上、性別・年齢階級別)
 令和元年国民健康・栄養調査結果引用

日本人の食事摂取基準（2020年版）

炭水化物の食事摂取基準（%エネルギー）

年齢等	男性	女性
	目標量	
0~11(月)	—	—
1~2(歳)	—	—
3~5(歳)	50~65	50~65
6~7(歳)	50~65	50~65
8~9(歳)	50~65	50~65
10~11(歳)	50~65	50~65
12~14(歳)	50~65	50~65
15~17(歳)	50~65	50~65
18~29(歳)	50~65	50~65
30~49(歳)	50~65	50~65
50~64(歳)	50~65	50~65
65~74(歳)	50~65	50~65
75以上(歳)	50~65	50~65

食物繊維の食事摂取基準（g/日）

年齢等	男性	女性
	目標量	
0~5(月)	—	—
6~11(月)	—	—
1~2(歳)	—	—
3~5(歳)	8以上	8以上
6~7(歳)	10以上	10以上
8~9(歳)	11以上	11以上
10~11(歳)	13以上	13以上
12~14(歳)	17以上	17以上
15~17(歳)	19以上	18以上
18~29(歳)	21以上	18以上
30~49(歳)	21以上	18以上
50~64(歳)	21以上	18以上
65~74(歳)	20以上	17以上
75以上(歳)	20以上	17以上

推定エネルギー必要量から炭水化物摂取目標量を算出してみると・・・

◆ 炭水化物目標量は・・・

炭水化物の総エネルギー摂取量に占めるべき割合 (%エネルギー) は、
50～65%である

年齢区分や性別に
関係なく

◆ 例えば・・・

大学生 (18～29歳)、身体活動レベルⅡ (ふつう) における 推定エネルギー必要量は

男 : 2,650 kcal / 日

女 : 2,000 kcal / 日

炭水化物のうち糖質
1g = 4kcal

男 $2,650 \text{ (kcal)} \times 50 \text{ (\%)} \div 100 \div 4 \text{ (kcal/g)} = 331.2 \text{ (g)}$

$2,650 \text{ (kcal)} \times 65 \text{ (\%)} \div 100 \div 4 \text{ (kcal/g)} = 430.6 \text{ (g)}$

女 $2,000 \text{ (kcal)} \times 50 \text{ (\%)} \div 100 \div 4 \text{ (kcal/g)} = 250.0 \text{ (g)}$

$2,000 \text{ (kcal)} \times 65 \text{ (\%)} \div 100 \div 4 \text{ (kcal/g)} = 325.0 \text{ (g)}$

「炭水化物の栄養」の復習ポイント

- ◆ 糖質のエネルギー産生
- ◆ グリコーゲンの合成と貯蔵
- ◆ 臓器間における糖代謝・糖新生
- ◆ 血糖調節のメカニズム
- ◆ GIとGL
- ◆ 食物繊維の生理作用
- ◆ 炭水化物の摂取量（食事摂取基準2020年版）

我々の生命維持に、深くかかわる重要な栄養素です。
もう一度、ご自身で炭水化物を機能と体内での代謝をしっかりと復習して、炭水化物の栄養を理解してください。