

第3回 食品機能学

「栄養学を思い出す」

～① 五大栄養素～

脂質・ビタミン



城西国際大学薬学部教授(博士)。研究領域は食品中の生体調節機能成分の健康維持・増進への応用。企業でスポーツ飲料を開発・商品化した経験も持つ。

機能性表示食品データベース

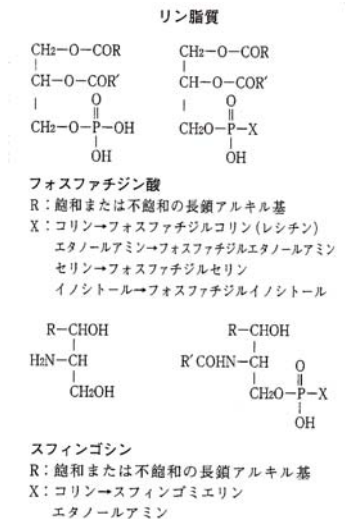
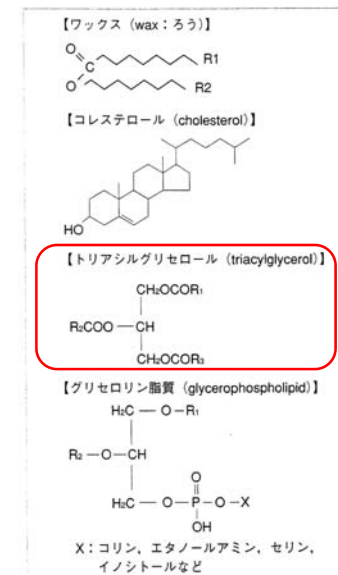


<https://db.plusaid.jp/contact>

脂質の種類

単純脂質	アシルグリセロール		グリセロールと脂肪酸とのエステル (トリグリセリド、ジグリセリド、モノグリセリド)
	ろう		高級アルコールと脂肪酸とのエステル
複合脂質	リン脂質	グリセロリン脂質	グリセロールに脂肪酸とリン酸が結合した フォスファチジン酸に塩基がついたもの
		スフィンゴリン脂質	スフィンゴシンに脂肪酸とリン酸が結合
	糖脂質	グリセロ糖脂質	グリセロールに脂肪酸と糖が結合
		スフィンゴ糖脂質	スフィンゴシンに脂肪酸と糖が結合
	その他		アミノ脂質、硫化脂質、リポたんぱく質など
誘導脂質	遊離脂肪酸 アルコール類 ステロール類 脂溶性ビタミン類 その他		単純脂質や複合脂質を加水分解したときに生成 する物質で脂質の性質をもつもの

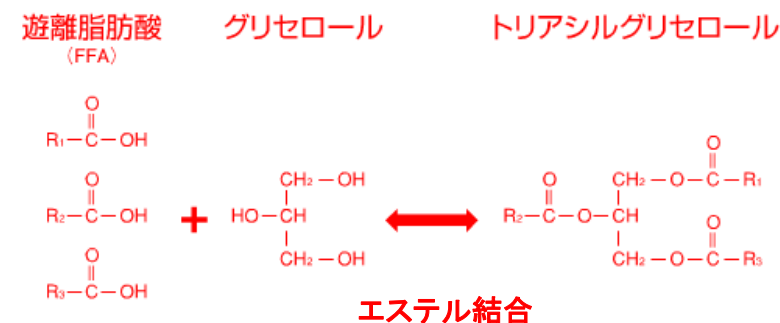
脂質の種類



	【E842】 W (ダブル) のひらめき	ホスファチジルセリン、イチョウ葉エキス含有食品	大豆由来ホスファチジルセリン、イチョウ葉由来フラボノイド配糖体、イチョウ葉由来テルペンラクトン	①100 mg、②19.2 mg、③4.88 mg、	記憶力が低下した健康な中高齢者の認知機能の一部である記憶力（言葉を思い出す力）を維持する。健康な中高年者の加齢によって低下する脳の血流を改善し、認知機能の一部である記憶力（日常生活で見聞きした情報を覚え、思い出す力）の精度や判断の正確さを向上させる。
	【E757】 ノウケアベスト	ホスファチジルセリン含有加工食品	大豆由来ホスファチジルセリン	100mg	記憶力が低下した健康な中高齢者の認知機能の一部である記憶力（言葉を思い出す力）の維持をサポートする
	【E709】 健康ヘルプE X (イーエックス)	クルクミン・フェルラ酸・ホスファチジルセリン配合食品	クルクミン、フェルラ酸、大豆由来ホスファチジルセリン	クルクミン 40mg、フェルラ酸 200mg、大豆由来ホスファチジルセリン 25mg	年齢とともに低下する認知機能の一部である記憶力（言葉や物事の関連を記憶し、思い出す力）や注意力（注意を持続させる力、重要な物事に早く気づける力、複数の物事に注意を払える力）、判断力（情報を処理し正確に判断する力）を維持する

中性脂肪(トリグリセライド)とは

脂肪酸と中性脂肪



脂肪酸の分類

■ 脂肪酸 (fatty acid) は末端にカルボキシル基 (-COOH) とメチル基 (-CH₃) をもつ有機酸で、一般に偶数個の炭素が連なる

- 短鎖脂肪酸：炭素数 7以下
中鎖脂肪酸：炭素数 8～12
長鎖脂肪酸：炭素数 13以上
- 飽和脂肪酸：二重結合を含まないもの
不飽和脂肪酸：一個（一価）もしくはそれ以上（多価）の二重結合を含むもの
二重結合の位置により、n-3系、n-6系、n-9系などに分類

飽和脂肪酸

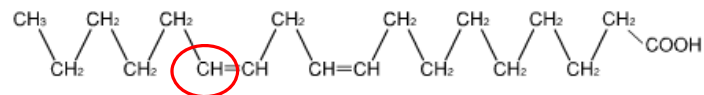
炭素数	慣 用 名	融点(℃)
2	酢 酸 (acetic)	16.6
4	酪 酸 (butyric)	-7.9
6	カ プ ロ ン 酸 (caproic)	-3.4
8	カ プ リ ル 酸 (caprylic)	16.7
10	カ プ リ ン 酸 (capric)	31.6
12	ラ ウ リ ン 酸 (lauric)	44.2
14	ミ リ ス チ ン 酸 (myristic)	53.9
16	パ ル ミ チ ン 酸 (palmitic)	63.1
18	ス テ ア リ ン 酸 (stearic)	69.6
20	ア ラ キ ジ ン 酸 (arachidic)	76.1
22	ベ ヘ ン 酸 (behenic)	80.0
24	リ グ ノ セ リ ン 酸 (lignoceric)	84.2

※鎖長(炭素数)が長くなると融点は上がる (油化学便覧)

不飽和脂肪酸

慣用名：リノール酸 (linoleic acid)

構造式：



略号：18 : 2 n6

(18は分子を構成する炭素数、2は二重結合の数、n6はメチル基 (CH₃-) から数えて最初の二重結合の位置を示す)

系統名：9,12 (Δ^{9,12})-octadecadienoic acid

(9,12はカルボキシル (-COOH) から数えた二重結合の位置)

不飽和脂肪酸

炭素数： 二重結合数	二重結合の位置 (ω命名法)	慣用名	融点(℃)
16 : 1	ω-7*	パルミトオレイン酸 (palmitoleic)	0.5
18 : 1	ω-9	オレイン酸 (oleic)	11
18 : 2	ω-6	リノール酸 (linoleic)	-5
18 : 3	ω-3	α-リノレン酸 (α-linolenic)	-11
18 : 3	ω-6	γ-リノレン酸 (γ-linolenic)	-11
20 : 4	ω-6	アラキドン酸 (arachidonic)	-50
20 : 5	ω-3	[エ]イコサペンタエン酸** (eicosapentaenoic)	-54
22 : 1	ω-9	エルカ酸 (erucic)	34.7
22 : 6	ω-3	ドコサヘキサエン酸** (docosahexaenoic)	

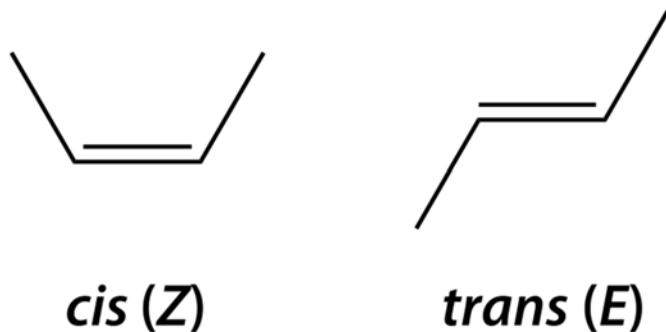
*以下, n-7, n-9, ...と表す場合もある。

**万国名。

(油化学便覧など)

※飽和度が高くなると融点は上がる

不飽和脂肪酸の二重結合

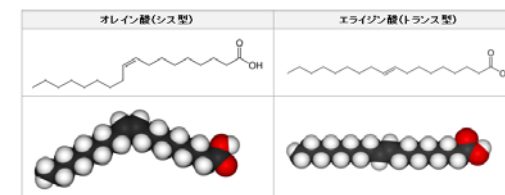


トランス脂肪酸は、動脈硬化のもと！

トランス脂肪酸とは

トランス脂肪酸とは、マーガリンなどを製造する際、液状の不飽和脂肪酸を固形化するために水素添加を施すことによって飽和脂肪酸に変化させる過程において発生する物質である。天然に存在する脂肪酸は、ほぼ全部シス型という立体構造を形成していますが、この水素添加したものは、トランス型という天然にない構造になります。トランス型の油は体内で代謝されにくい。

飽和脂肪酸 (炭素-炭素 一重結合)	不飽和脂肪酸 (炭素-炭素 二重結合)	
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C}- & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	図A $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C}= & \text{C}- \\ & \\ & \text{H} \end{array}$ (シス型)	図B $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}= & \text{C}- \\ & / & \backslash \\ & \text{H} & & \text{H} \end{array}$ (トランス型)



トランス脂肪酸は、動脈硬化のもと！

トランス脂肪酸の害

LDL-cho増加、HDL-cho減少

- ①悪玉コレステロールを増加させ、心臓病のリスクが高まる。
- ②ぜんそく、アレルギー性鼻炎、アトピー性皮膚炎を引き起こす不安がある。
- ③トランス脂肪酸をたくさんとるお年寄りはボケやすい。

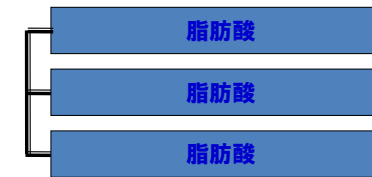
米国シカゴ近郊に住む65歳以上の住民8500人を、長期間追跡した「CHAP」(Chicago Health and Aging Projects)研究の結果。米国神経学会が発行する学術誌、Neurology誌2004年5月11日号に発表された。

	1日あたり摂取量(g)	総摂取エネルギーに占める割合(%)
日本	1.56 内訳 ・硬化油から0.91 ・牛乳、乳製品、牛肉、バターから0.40 ・精製油から0.25	0.7
米国	5.8	2.6
EU(男性)	1.2~6.7	0.5~2.1
EU(女性)	1.7~4.1	0.8~1.9

※米では、表示が義務化(2006年1月より)

【油に含まれる脂肪酸の種類】

油は3つの脂肪酸とグリセリンから出来ています。



通常の食用油脂に含まれる脂肪酸は、5種類。
一般に植物油は不飽和脂肪酸を、動物脂は飽和脂肪酸を多く含みます。

【動物】

【植物】

飽和脂肪酸
(パルミチン酸、ステアリン酸)

不飽和脂肪酸
(オレイン酸 リノール酸 リノレン酸)

【店頭で見かける代表的な植物油】

大豆油

- ◆種子は米国、南米(ブラジル)から輸入、抽出法で採油。
- ◆油は独特な旨みとコクを持つ代表的な植物油。
- ◆リノール酸を55%程度含んでいる。小麦、とうもろこしと並ぶ代表的な穀物。



大豆油	食用油、マーガリン、ショートニング
脱脂大豆	しょう油、みそ、豆腐、飼料、大豆タンパク

菜種油

- ◆種子は主にカナダから輸入、圧搾・抽出法で採油。
- ◆油は、単独または他の油と調合して使用される。
- ◆オレイン酸を60%程度含み、熱安定性が大。
- ◆店頭でよく見かけるキャノーラ油は、カナダで品種改良され、近年オーストラリアでも生産されている「キャノーラ種子」から採油された菜種油です。



菜種油	食用油、マーガリン、ショートニング
菜種油粕	肥料(お茶、園芸、タバコ、果樹)、飼料

お店で見かける一般的なサラダ油は大豆油と菜種油のブレンド油です。

コーン油

- ◆胚芽から圧搾・抽出法で採油。油は独特の旨みとコク、香ばしさを持ち、酸化安定性に優れている。
- ◆リノール酸を55~60%程度含んでいる。



オリーブ油

- ◆果実から圧搾法で採油(18~35%)。
- ◆圧搾一番絞り油を「バージンオリーブ油」と言い、その他にも「精製オリーブ油」、バージンオリーブ油と精製オリーブ油をブレンドした「ピュアオリーブオイル」等の分けがある。
- ◆独特の芳香を持ち、酸化安定性や熱安定性に優れている。
- ◆主にイタリア、スペインから輸入。



ごま油

- ◆種子はアフリカ(タンザニア、ナイジェリア)、東南アジア、中国等から輸入。
- ◆独特の香ばしい風味をつけるため「焙煎」を行い、圧搾で採油し、静置・ろ過で製品化。熱に強く、天ぷら、中華、和風惣菜に使用。
- ◆「焙煎」なしのサラダ油タイプの製品もある。



【植物油の脂肪酸組成】

植物の種類により、脂肪酸の組成は大きく異なります。

着色部分は特徴あるポイント

P:パルミチン酸 S:ステアリン酸 O:オレイン酸 L:リノール酸 Ln:リノレン酸

	P	S	O	L	Ln	その他
大豆油	10.4	3.8	23.9	54.4	6.4	1.1
菜種油	3.9	1.8	65.6	18.5	7.7	2.5
コーン油	11.0	1.8	29.0	56.1	0.9	1.2
オリーブ油	10.5	2.9	77.7	6.4	0.6	1.9
ごま油	9.0	5.4	40.0	44.2	0.3	1.1

資料：社）日本植物油協会「ビチビチ いつまでも元気、植物油」 (単位：%)

2008年3月 より抜粋

	<p>【E787】 エノキタケ抽出物、 ブラックジンジャー 抽出物含有加工食品</p>	<p>エノキタケ由来脂肪酸（リノール酸、 α-リノレン酸）、ブラックジンジャー 由来ポリメトキシフラボン</p>	<p>エノキタケ由来脂肪酸1.2mg（リノール酸0.9 mg、α-リノレン酸0.3mg）、ブラックジンジャ ー由来ポリメトキシフラボン12mg</p>	<p>内臓脂肪を減少させ る。腹部の脂肪を減ら す。</p>
	<p>【E476】 ブライテン キト ヘルス</p>	<p>エノキタケ由来脂肪酸（リノール酸、 α-リノレン酸）</p>	<p>1.2mg（リノール酸0.9mg、α-リノレン酸 0.3mg）</p>	<p>肥満気味な方の、内臓 脂肪・体重・BMIを 減少させる機能</p>
	<p>【E354】 スリーダウ ン</p>	<p>エノキタケ由来脂肪酸（リノール酸、 α-リノレン酸）</p>	<p>1.2mg（リノール酸0.9mg、α-リノレン酸 0.3mg）</p>	<p>肥満気味な方の、内臓 脂肪・体重・BMIを 減少させる機能</p>

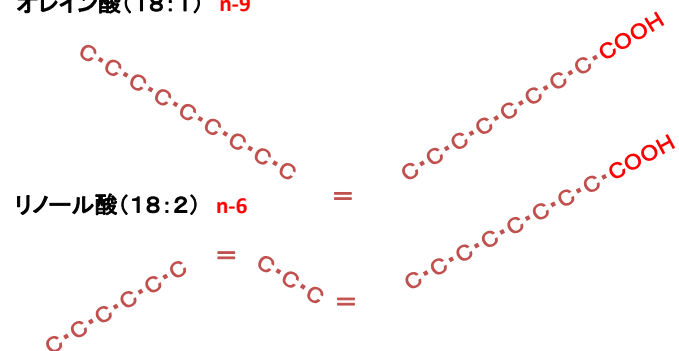
【主要な脂肪酸の分子構造】

ステアリン酸など飽和脂肪酸の特徴は、二重結合がなく、直線的な形をしていることです。オレイン酸やリノール酸など不飽和脂肪酸は、特定の位置に二重結合があることが特徴で、その数が多くなるほど、折れ曲がった複雑な形となります。

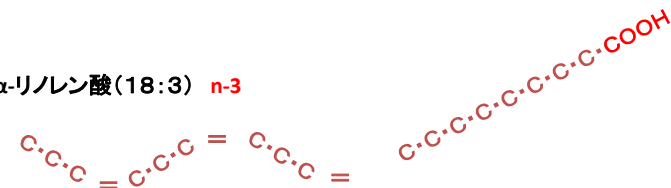
ステアリン酸(18:0)



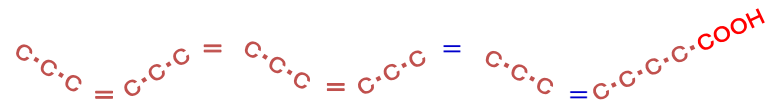
オレイン酸(18:1) n-9



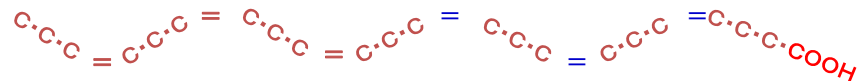
α-リノレン酸(18:3) n-3



EPA(エイコサペンタエン酸) (20:5) **n-3**



DHA(ドコサヘキサエン酸) (22:6) **n-3**



EPAとDHAの生理機能

	[D602] キトヘルス	エノキタケ抽出物 含有食品	エノキタケ由来脂肪酸（リノール 酸、α-リノレン酸）	1.2mg（リノール酸0.9mg、α-リノレン 酸0.3mg）	肥満気味な方の、内臓 脂肪・体重・BMIを 減少させる
	[D526] アマニ習慣	食用アマニ油	α-リノレン酸	2.2g	血中の悪玉（LDL）コ レステロール値を低下 させる
	[B490] キユーピー アマニ 油入りごまドレッシ ング	乳化液状ドレッシ ング	α-リノレン酸	2.6g	血圧が高めの方に適し た機能

エイコサペンタエン酸(EPA)

存在部位

脳を除く
各組織の
リン脂質

機 能

血栓症の予防
降圧作用
降トリグリセリド作用
制がん作用
抗アレルギー作用

ドコサヘキサエン酸(DHA)

存在部位

神経系(脳)
網膜細胞
心筋
精子
好酸球

機 能

神経の発達
学習機能の向上
網膜反射能の向上
制がん作用
抗アレルギー作用

[油は、訴える 油脂栄養論 / 菅野道廣 著]

	[E362] オメガ3クリル-エス	DHA・EPA（ク リルオイル由 来）	DHA（クリルオイル由来）： 130mg、EPA（クリルオイル由 来）：230mg	認知機能の一部である記憶を維持する機能や、注意力を 維持する機能
	[E218] DHA（ディーエイチエー）の壺 み 500mgプラスW（ダブル）	DHA、EPA	DHA 500mg、EPA 20mg	中高年の方の加齢に伴い低下する、認知機能の一部である 記憶力、判断力をサポートすること 血中の中性脂肪を 低下させる
	[E217] DHA（ディーエイチエー）の壺 み 1000mgプラスW（ダブル） a	DHA、EPA	DHA 1000mg、EPA 40mg	中高年の方の加齢に伴い低下する、認知機能の一部である、 数字・文字・図形・空間に関する情報の記憶をサポート する機能 血中の中性脂肪を低下させる機能
	[E171] のむDHA+EPA（ディーエイ チエーイービーエー）900	EPA・DHA	DHA・・・720mg EPA・・・ 180mg	認知機能の一部である記憶力を維持する

パッケージ	商品名	機能性成分 成分	含有量	産出効果(※)
	[D110] オメガエイド	DHA、EPA、ARA （アラキドン酸）	DHA300mg、EPA100mg、ARA120mg （アラキドン酸）	健康な高齢者において、認知機能の一部である注意機能（重要な物事に素早く気づけること や、複数の物事に注意を払えること）の維持に役立ち、また、前向きな気分（騒がせえたること 、生き生きすること、積極的な気分であること、空気がわいてくることなど）を維持する

【オレイン酸の特徴】

◆多量摂取によるリスクは、ほとんど報告されていません*。 ◆また劣化しにくいので、安心して使用することができます。

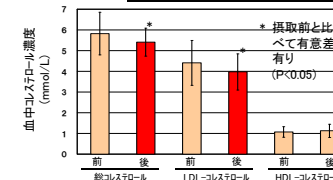
*資料：臨床栄養,105,832-836 (2004)

- ①血中コレステロール改善作用があることが、海外の栄養試験で 報告されています。
- ②体内での酸化(LDL酸化**)を抑制する作用があることが 報告されています。
- ③不飽和脂肪酸の中では、加熱に対する安定性が高く、 劣化しにくいとされています。

**LDLの酸化は動脈硬化の主要な要因であると言われています。

【オレイン酸の健康性に関する科学的な裏付けデータ(例)】

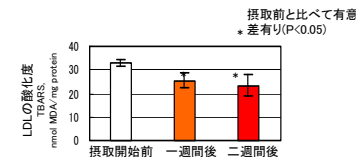
①血中コレステロール濃度に対するオレイン酸の影響



- オーストラリア南極観測隊の越冬隊員23名を対象。
- オレイン酸を多く含む食事を13週間摂取。
- 総コレステロール、LDLコレステロールは有意に低値を示した。HDLコレステロールは変化なし。

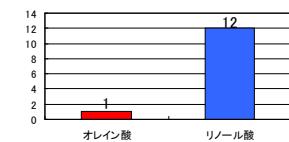
資料：Am.J.Clin.Nutr., 63,933-938 (1996)

②LDL酸化に対するオレイン酸の影響



- 健康人10名に、オリーブ油を50g/日追加摂取。
 - 2週間後にLDLの酸化度を測定。
 - 摂取前と比べて、オリーブ油摂取後のLDL酸化は有意に低値を示した。
- 資料：Ann.Nutr.Metab., 37,75-84 (1993)

③各種脂肪酸の酸化のしやすさ



- それぞれのメチルエステルを20℃で保存した時の過酸化物質の上昇度を測定。
- オレイン酸の酸化安定性はリノール酸に比べ顕著に優れていた。

資料：J.Chem.Soc., 836-841 (1945) から改編

【オレイン酸・最近のトピックス：米国での動向】

2004年11月米国食品医薬品局（FDA）で、一部限定された形ではありますが、一価不飽和脂肪酸（オレイン酸）の心疾患予防効果への表示が許可されました。

表示可能となったヘルスクレームは以下の通りです。

科学的根拠は必ずしも確立されておらず、条件付きにはなりますが、大さじ2杯（23g）程度のオリーブ油を毎日摂取すると、一価不飽和脂肪酸の働きにより心臓病のリスクを低減できる可能性があります。

そのためには、1日に摂取するエネルギー量を増やさないようにしてオリーブ油を同量の飽和脂肪と置き換えて摂取してください。

本食品には、1食あたり（X）gのオリーブ油が含まれています。

資料：FDA CFSAN, Docket No.2003Q-0559 (2004.11.1)

□		162931 アリソナの奇跡	ピーカンナッツ	オレイン酸	16.2g	正常なコレステロール（LDLコレステロールおよび総コレステロール）をサポートする
---	--	-------------------	---------	-------	-------	--

アトウォーター係数

糖質 = 4kcal/g
脂質 = 9kcal/g
たんぱく質 = 4kcal/g

◎脂質は、エネルギー密度が高い！

◎脂質の消費(燃焼)に有酸素運動！

△脂質の燃焼には、酸素が必要？

一般問題（薬学理論問題）【衛生】

問 121 エネルギー代謝に関する記述のうち、正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 非タンパク質呼吸商の値から、脂質と糖質の燃焼割合が推定できる。
2. 基礎代謝量は、安静時エネルギー消費量とも呼ばれる。
3. 糖質、脂質、タンパク質の物理的燃焼値を四捨五入して得られた整数値は、Atwater 係数と呼ばれる。
4. 基礎代謝基準値は、年齢や性別にかかわらず一定である。
5. 成人の推定エネルギー必要量は、基礎代謝量に身体活動レベルを乗じて算出される。

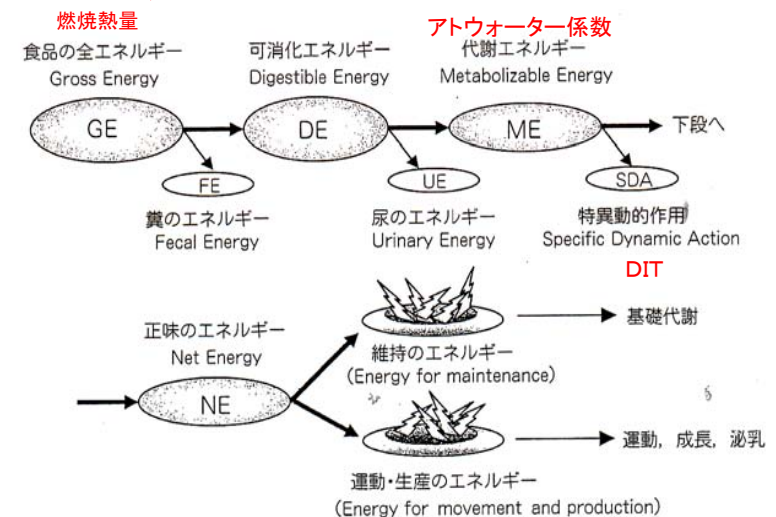
一般問題（薬学理論問題）【衛生】

問 121 エネルギー代謝に関する記述のうち、正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 非タンパク質呼吸商の値から、脂質と糖質の燃焼割合が推定できる。
2. 基礎代謝量は、安静時エネルギー消費量とも呼ばれる。
3. 糖質、脂質、タンパク質の物理的燃焼値を四捨五入して得られた整数値は、Atwater 係数と呼ばれる。
4. 基礎代謝基準値は、年齢や性別にかかわらず一定である。
5. 成人の推定エネルギー必要量は、基礎代謝量に身体活動レベルを乗じて算出される。

正解 1, 5

食品のエネルギー量



アトウォーター係数 ≠ 燃焼熱量

もっと詳しく

必要エネルギー量の概要(2)

$$\text{安静時代謝量(REE)} = \text{基礎代謝量(BEE)} \times 1.2$$

必要エネルギー量

食事誘発性熱産生(DIT)

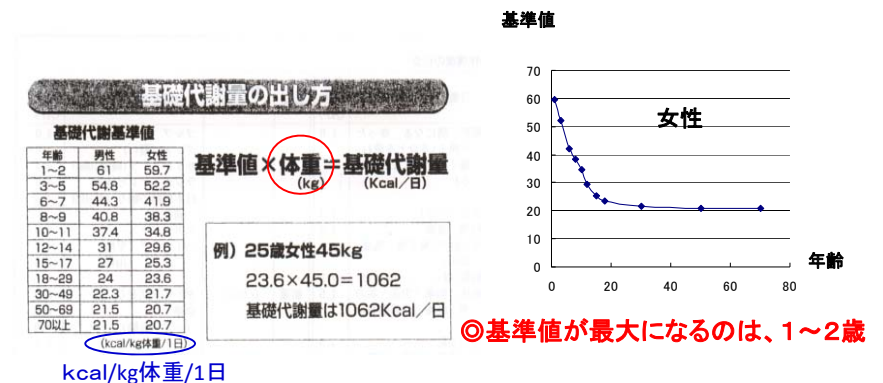
Diet-Induced Thermogenesis

消化活動、交感神経系活動の亢進によるエネルギー消費(ロス)

たんぱく質30%、糖質5%、脂質4% (平均約10%)

もっと詳しい・基礎代謝量①

※身体的、精神的に安静な状態で測定される最小のエネルギー代謝量であって、生きていくために必要な最小のエネルギー代謝量である。



◎基礎代謝量が最大になるのは、
男子: 15~17歳(高校生)
女子: 12~15歳(中学生) ※成長が完成

もっと詳しい・基礎代謝量②

※身体的、精神的に安静な状態で測定される最小のエネルギー代謝量であって、生きていくために必要な最小のエネルギー代謝量である。

生きて行くために(寝ていても)必要なのは、何?

・肝臓での代謝	...	29%
・脳の活動	...	19%
・筋肉の活動(産熱)	...	18%
・心臓の活動	...	10%
・腎臓での代謝	...	7%

体温維持 → 体表面積に比例する ※赤ちゃんは大きい

もっと詳しい・基礎代謝量③

※身体的、精神的に安静な状態で測定される最小のエネルギー代謝量であって、生きていくために必要な最小のエネルギー代謝量である。

基礎代謝量に影響を及ぼす要因 10

- ① 体表面積・体重
- ② 年齢
- ③ 性別 (筋肉量&性ホルモン)
- ④ 筋肉量 (多いほど高い)
- ⑤ 体温 (発熱など)
- ⑥ ホルモン (月経周期→体温)
- ⑦ 季節 (夏低く、冬高い→震え熱産生)
- ⑧ 低栄養 (適応→節約)
- ⑨ 妊娠
- ⑩ ストレス等

必要エネルギー量の概要(1)

■ 生体のエネルギー必要量は消費エネルギーを充足する量である。必要エネルギー量は直接・間接熱量測定法や推定式に基づいてまず基礎代謝量(または安静時代謝量)算定する。

■ 1日の総必要エネルギー量は基礎代謝(または安静時代謝量)を求め、これと活動強度の積により算定する。

■ 従って1日の必要エネルギー量：
基礎代謝量×活動強度(身体活動による代謝の増加分である活動代謝量)

$$\text{安静時代謝量(REE)} = \text{基礎代謝量(BEE)} \times 1.2$$

Resting Energy Expenditure 座位

Basal Energy Expenditure 仰臥位

$$\text{ジョギングの身体活動時代謝量 (kcal)} \\ = \text{体重 (kg)} \times \text{走行距離 (km)}$$

もっと詳しく

必要エネルギー量の概要(2)

$$\text{安静時代謝量(REE)} = \text{基礎代謝量(BEE)} \times 1.2$$

必要エネルギー量 活動代謝量(AEE)

Activity Energy Expenditure

$$\text{AEE} = \text{BEE} \times \text{身体活動レベル(Af)}$$

Activity factor

Af: 活動中に消費するエネルギーのBEEに対する倍数

$$\text{基礎代謝量 (kcal/24時間)} = \text{体重 (kg)} \times \text{基礎代謝量基準値}$$

$$\text{安静時代謝量 (kcal/h)} = \text{基礎代謝量} \div 24 \times 1.2$$

$$\text{身体活動時代謝量 (kcal)} = \text{安静時代謝量} \times \text{METs} \times \text{時間(h)} \\ (\text{Metabolic equivalents})$$

$$\begin{aligned} \text{身体活動時代謝量 (kcal)} \\ &= \text{体重 (kg)} \times \frac{\text{基礎代謝量基準値} \times 1.2 \div 24 \text{時間}}{22(40 \text{歳} \text{♂}) \quad 1.09 \quad \div \quad 1} \times \frac{\text{METs} \times \text{身体活動時間(h)}}{10 \text{km/h} \div 10.35 \text{ METs}} \\ &= \text{体重 (kg)} \times \text{走行距離 (km)} \end{aligned}$$