

- 栄養とは？

- 栄養源として食品摂取は必須

- 今回は必須性がテーマ。次回は食品の安全性

- 栄養素

- 食事摂取基準

- 食事調査法

- 食品成分表

- 必須元素

- 多量元素と微量元素，微量元素としての鉄の例



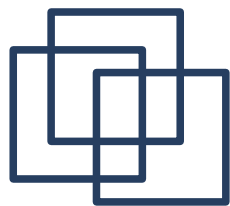
栄養とは？

- Oxford Advanced Learner's Dictionary の nutrition の説明
 - (1a) 身体を養う物質 (nourishing substances) を環境中から取ってきたり身体がそれを受け取ったりする過程
 - (1b) 食べもの, 身体を養うもの (nourishment)
 - (2) 栄養素と (1) の意味での nutrition の研究
- 高橋久仁子『「食べものの情報」ウソ・ホント』講談社ブルーバックス等の説明
 - 生物が, 必要な物質を外部から取り入れて利用し, いらなくなったものを排泄しながら生命を維持していく現象
 - 「必要な物質」が食品に含まれる「栄養素 (nutrient)」



栄養の中心概念

- バランス (balance)
 - 摂取量 - 利用量 = 体の蓄積量の変化
 - ゼロ / 正 / 負
- 代謝回転 (turnover)
 - 体組成は一定に見えるが代謝により常に置換
 - cf.) 福岡伸一 (シェーンハイマー) 「動的平衡」
- 流量 (flux) : 消費と合成の速度 = 経路の活性を示す
- 代謝プール (metabolic pool)
 - 前駆物質プール, 機能的プール, 貯蔵物質プール
 - cf.) 血球と血漿は異なるプールを示す
- 栄養供給変化への適応 (adaptation) : eg. 飢餓で短軀



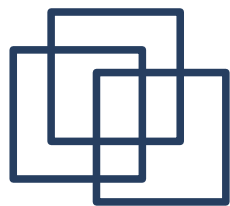
エピジェネティクスとしての nutritional adaptation

• エピジェネティクス

-DNA 配列自体は変わらなくても、遺伝子発現は外部の条件（DNA に付着する有機分子）によって長期間にわたってコントロールされ、時にはそれが遺伝する場合もあるという考え方

• 栄養適応における例としては Thrifty phenotype が有名

-現象としては、胎児期に母体の栄養状態が悪いと、成長後に太りやすくなる



栄養素

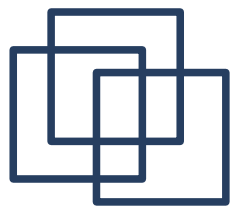
栄養素	体内総量 (kg)	エネルギー等量 (MJ)	貯蔵可能日数	一日摂取 (g)	摂取／貯蔵 (%)
炭水化物	0.5	8.5	<1	300	60
脂質	12-18	550	56	100	0.7
タンパク質	12	200	(20)	100	0.8

• 主要栄養素 (macronutrients)

- 通常は炭水化物, 脂質, タンパク質
(左表参照。貯蔵可能日数は、それが唯一のエネルギー供給源だとしたときに10MJ/日の消費を賄える日数)

• 微量栄養素 (micronutrients)

- 必須脂肪酸と必須アミノ酸
- ビタミンとミネラル
- 繊維
- 植物化学物質 (phytochemical)
- 水



必須脂肪酸と不可欠アミノ酸

•必須脂肪酸

-植物や微生物の体内で合成されるが、ヒトや多くの動物は合成できないが必要な脂肪酸

-n-6系多価不飽和脂肪酸としてリノール酸, γ リノレン酸, アラキドン酸

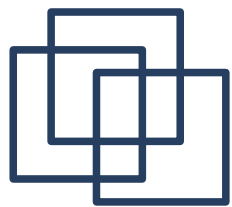
-n-3系多価不飽和脂肪酸として α リノレン酸, EPA, DHA

-ただし狭義ではリノール酸と α リノレン酸のみ

- (昔はビタミンFと呼ばれた)

•不可欠アミノ酸の推定平均必要量

アミノ酸	(mg/kg 体重/ 日)	(mg/g タンパ ク質)
ヒスチジン	10	15
イソロイシン	20	30
ロイシン	39	59
リジン	30	45
メチオニン+システイン	15	22
フェニルアラニン+チロシン	25	38
トレオニン	15	23
トリプトファン	4	6
バリン	26	30
総不可欠アミノ酸	184	277
タンパク質推定平均必要量	660	



ビタミンの食事摂取基準

出典：厚生労働省「日本人の食事摂取基準」(2010年版)ブロック別講習会資料 4. ビタミン

・脂溶性ビタミン

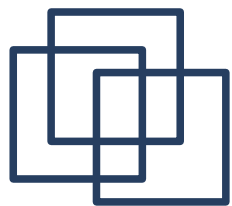
・水溶性ビタミン

男性（18～29歳の値）の比較

男性（18～29歳の値）の比較

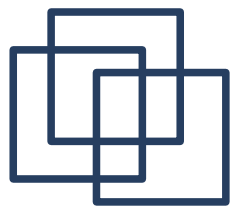
	方法 (変更なし)	2005	2010
ビタミンA	肝臓内ビタミンA最小蓄積量 (20µg/g肝臓)を維持するために必要な摂取量		
	推定平均必要量の基準値	8.25µgRE/kg体重/日	9.3µgRE/kg体重/日
	推定平均必要量	550µgRE/日	600µgRE/日
	推奨量	750µgRE/日	850µgRE/日
ビタミンD	血中副甲状腺ホルモン濃度の上昇を抑制し、骨密度の低下を予防する最小必要血中25-ヒドロキシビタミンD濃度 (50 nmol/L)を維持できる摂取量	AI : 5µg/日	AI : 5.5µg/日
ビタミンE	血中ビタミンE濃度を12µmol/L以上に保たれることが期待できる摂取量	AI : 9mg/日	AI : 7mg/日
ビタミンK	正常な血液凝固能を維持するために必要な摂取量	AI : 75µg/日	AI : 75µg/日

	方法	2005	2010
B ₁	尿中に排泄が認められる値から	RDA : 0.54mg/1000kcal	RDA : 0.54mg/1000kcal
B ₂	尿中に排泄が認められる値から	RDA : 0.60mg/1000kcal	RDA : 0.60mg/1000kcal
B ₆	血漿中のPLP濃度30nmol/L)を維持できる値から	RDA : 0.023mg/g たんぱく質	RDA : 0.023mg/g たんぱく質
B ₁₂	悪性貧血患者の血液学的性状及び血清B ₁₂ 濃度を適正に維持できる値から	RDA : 2.4µg/日	RDA : 2.4µg/日
ナイアシン	尿中のMNA量が1 mg/日に維持される値から	RDA : 5.8mg NE/1000kcal	RDA : 5.8mg NE/1000kcal
パントテン酸	国民健康・栄養調査の中央値	AI:6mg/日	AI:5mg/日
葉酸	赤血球中葉酸濃度300nmol/L以上)と血漿総ホモシステイン濃度 (14µmol/L未満)に維持できる値から	RDA : 240µg/日	RDA : 240µg/日
ビオチン	食事調査の値から	AI:45µg/日	AI:50µg/日
C	血漿C濃度 (50µmol/L)を維持できる量から	RDA : 100mg/日	RDA : 100mg/日



食事摂取基準 (Dietary Reference Intakes)

- エネルギーについては EER (estimated energy requirement : 推定エネルギー必要量)
- 34 種類の栄養素については,
 - 推定平均必要量 EAR (estimated average requirement)
 - 推奨量 RDA (recommended dietary allowance)
 - 国の全人口のほとんど (97-98%) において必要が満たされる食物摂取量
 - 目安量 AI (adequate intake)
 - 耐容上限量 UL (tolerable upper intake level)
 - 目標量 DG (tentative dietary goal for preventing life-style related diseases)



各基準の位置づけ

出典：厚生労働省「日本人の食事摂取基準」(2010年版)
ブロック別講習会資料 1. 総論

目標量 (DG)



生活習慣病予防のために当面の目標とすべき量

めざしてもらいたいが、達成できなくても仕方がない。

生活習慣病には、さまざまな危険因子・予防因子が関連している。

- ・「目標量の範囲」に入っているが、**他の危険因子、予防因子を考慮**して、総合的な予防対策を考えなければならない。
- ・他の危険因子、予防因子のことを考えると、ある程度許される場合もあるし、目標量をめざすことが強く勧められる場合もある。

内容からみた目標量の種類	栄養素
摂取量を目標量に近づけるために設定した栄養素	(摂取量の増加をめざすもの) 食物繊維、n-3系脂肪酸、カリウム (摂取量の減少をめざすもの) コレステロール、ナトリウム
目標量が範囲として与えられ、その範囲内に入るようにすることをめざすために設定した栄養素	脂質、飽和脂肪酸、炭水化物
目安量が与えられていて、目標量は上限だけが与えられている栄養素	n-6系脂肪酸

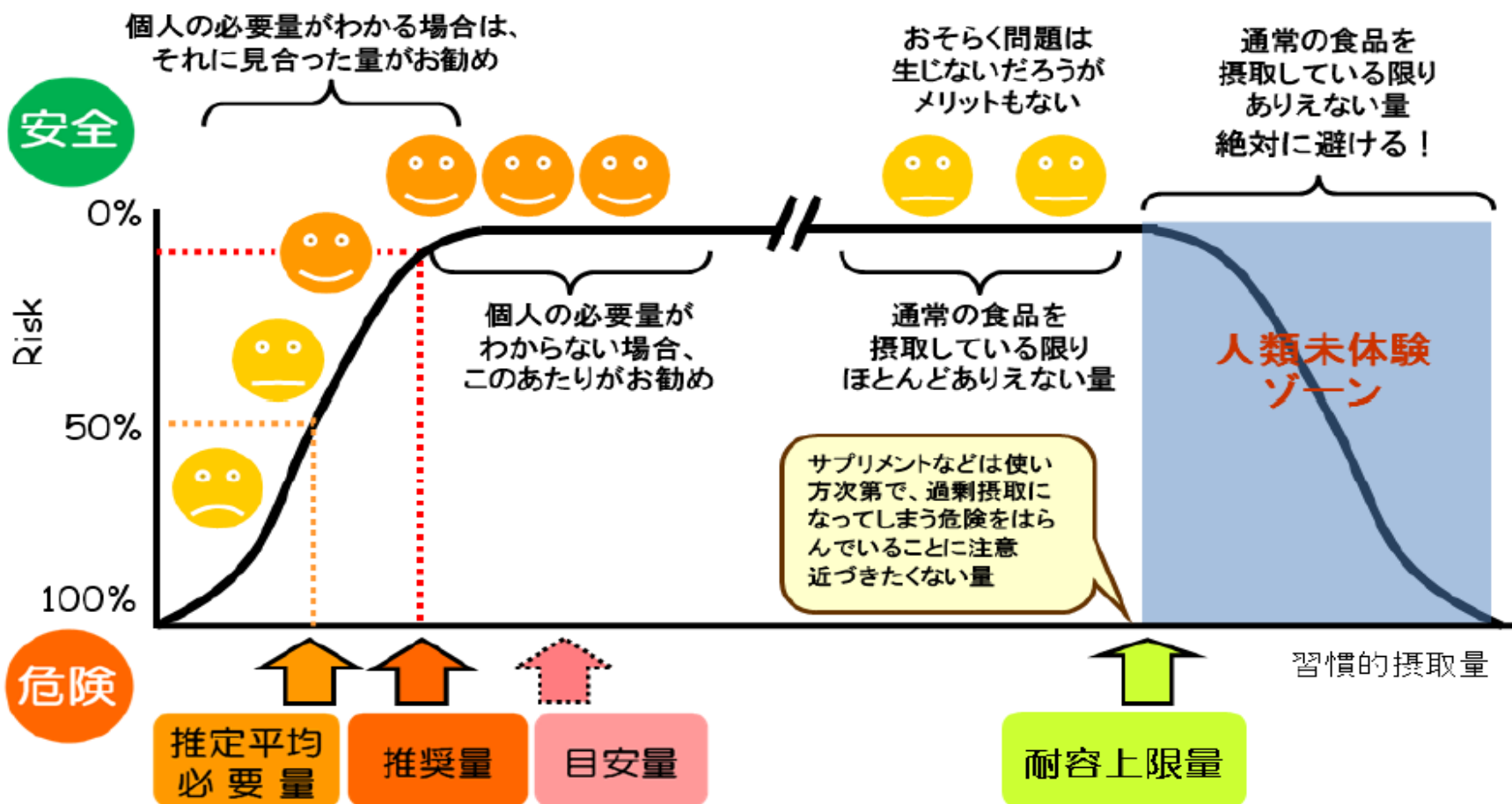


各基準の位置づけ

出典：厚生労働省「日本人の食事摂取基準」(2010年版)
ブロック別講習会資料 1. 総論

めざしたい範囲

(推定平均必要量・推奨量・目安量・耐受上限量)





過剰や不足で起こる疾患

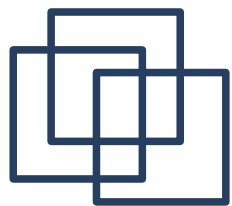
(出典:ネスル 2005, 表 41, pp.457)

病気	エネルギー過剰	脂肪過剰	繊維不足	塩分過剰	アルコール過剰
動脈性心臓病	×	×	×	×	×
がん	×	×	×	×	×
脳卒中	×	×		×	×
NIDDM	×	×	×		×
肝硬変					×
消化器疾患	×	×	×		×



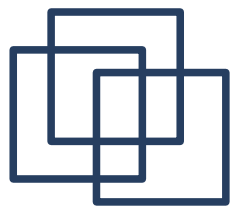
代表的な食事調査法

- 24時間思い出し法: 前日に食べたたり飲んだりしたものを列挙させる(サンプル併用の場合も)
 - リコールバイアスあり
- 食生活記録: 1日または2日以上にわたって, 自分が何を食べたかを記録させる
 - 国民健康/栄養調査はこの方法だが, 過少申告あり
- 陰膳法: 1人分を余計に作ってもらう
- マーケットバスケット法: 買ってきた物を調べる
- FFQ (Food Frequency Questionnaire; 食品摂取頻度質問票): 食品リストから, 昨日, 過去1週間, 過去1ヶ月, または過去1年に食べたものとその頻度を選ばせる



食品成分表 (Food Composition Table)

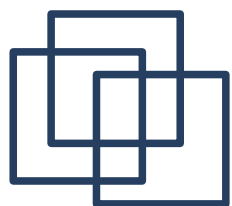
- 食品ごとに栄養素の組成を求めた表
- 食事調査の結果から栄養素摂取量を推定するために必須
- 同じ食品でも地域によって組成が異なる
 - 日本での調査なら日本の食品成分表を, ソロモン諸島での調査なら South Pacific 版の食品成分表を用いる
 - http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/houkoku/1298713.htm
- 成分ごとに決まった測定法がある。水分は常圧または減圧加熱乾燥法, タンパク質は改良ケルダール法で求めた N から換算, ミネラルの多くは原子吸光法 (I, Se, Cr, Mo は ICP-MS) 等々



ヒトの必須元素の内訳

分類	主な元素	重量含有率	機能
多量元素			
主要元素	O, C, H, N	96.6%	身体の構成
準主要元素	Ca, P, S, K, Cl, Mg, Na	3~4%	身体の構成及び電解質機能
微量元素	Fe, Zn, Cu, Cr, Co, Se, Mn, Mo, I, V, Ni, As, Si, F, Sn	0.02%	酵素機能など、身体の機能

出典：和田 攻「VIII 機能性栄養素としての微量元素」In: 鈴木継美・和田 攻(編)『ミネラル・微量元素の栄養学』, 第一出版, 1994.より改変



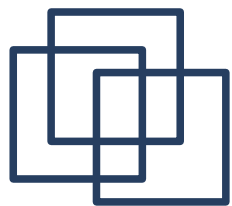
周期律表からみた必須元素

	I	II	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	IXb	Xb	IIb	III	IV	V	VI	VII	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

必須
多量元素
微量元素

*La	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**Ac	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

出典：和田 攻「VIII 機能性栄養素としての微量元素」In: 鈴木継美・和田 攻(編)『ミネラル・微量元素の栄養学』, 第一出版, 1994.より改変



代表的な必須微量元素の生体機能

- 鉄 (Fe): ヘム形成, 酸素の運搬と貯蔵, 酸素呼吸, TCA 回路, 遺伝子発現調節, DNA の生合成; 植物の光合成や窒素固定
- 銅 (Cu): 銅結合酵素(リシルオキシダーゼなど)に必須, 中枢神経維持, ヘモグロビン形成
- 亜鉛 (Zn): 亜鉛結合酵素(アルコール脱水素酵素, カルボキシペプチダーゼなど)に必須, 成長・代謝促進, インスリンに含まれる
- マンガン (Mn): マンガン結合酵素(スーパーオキシドディスムターゼなど)に必須, 活性酸素除去, 脂質代謝
- ヨウ素 (I): 甲状腺ホルモンに必須
- セレン (Se): 抗酸化作用 (GPx に含まれる), 重金属毒性軽減作用, 抗ガン作用など



代表的な必須微量元素の必要量, 摂取量, 体内総量, 血清濃度

元素	吸収・排泄量 (mg/day)	経口必要量 (mg/day)	経口摂取量 (mg/day)	体内総量(mg)	血清濃度 ($\mu\text{mol/L}$)
Fe	<1	10~20	20~40	4000~5000	18
Cu		2~3	1.6~4.7	80	17
Zn		10~15	11~15	1400~2300	18
Mn		2.5~5	2~9	12~20	0.01
I		0.1~0.150	0.3~1		
Cr		0.05~2	0.18~3	6	2
Se		0.05~0.15	0.1~0.2		
Co			0.0008~0.58	1	0.005
Mo			0.21~0.46	<9	0.08~0.35

鈴木・和田(編)『ミネラル・微量元素の栄養学』, 第一出版, 1994より作成



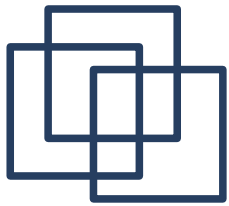
体内鉄の相対的含有量

- 健康な成人男性で(体重 75kg として), 体内の鉄含有量は, せいぜい 4 ~ 5g
- 内訳:
 - 貯蔵鉄: 1000 mg (その 1/3 は肝臓に存在)
 - ヘモグロビン: 2300 mg
 - 組織鉄: 500 mg
 - 血漿鉄: 3 mg (少ないがきわめて精密に調節されている)
- 吸収も排泄も 1 mg/day に満たない→必要な鉄の大部分は, 体内にあった鉄の再利用



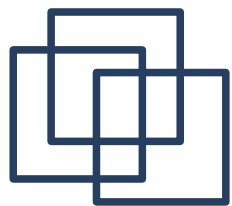
鉄損失

- 生理的鉄損失は，成人男性で1日あたり1 mg程度。かつて鉄の放射性同位体を静注してトレースすることで確認された。
 - 損失経路は消化管，尿，皮膚。消化管からの損失は血液，粘膜，胆汁があるが，赤血球の形で失われるのが最多
 - 損失量は子供も同じ程度。体重1 kgの増加につき30 mgの鉄を要するので，成人男性より鉄欠乏になりやすい
- 女性は月経血による損失が1日にならずと約0.6 mgある。妊娠中は胎児の発育に鉄が使われたりするので9ヶ月をならずと2.5 mg/dayの鉄が失われる。
 - 女性の方が鉄欠乏になりやすい。

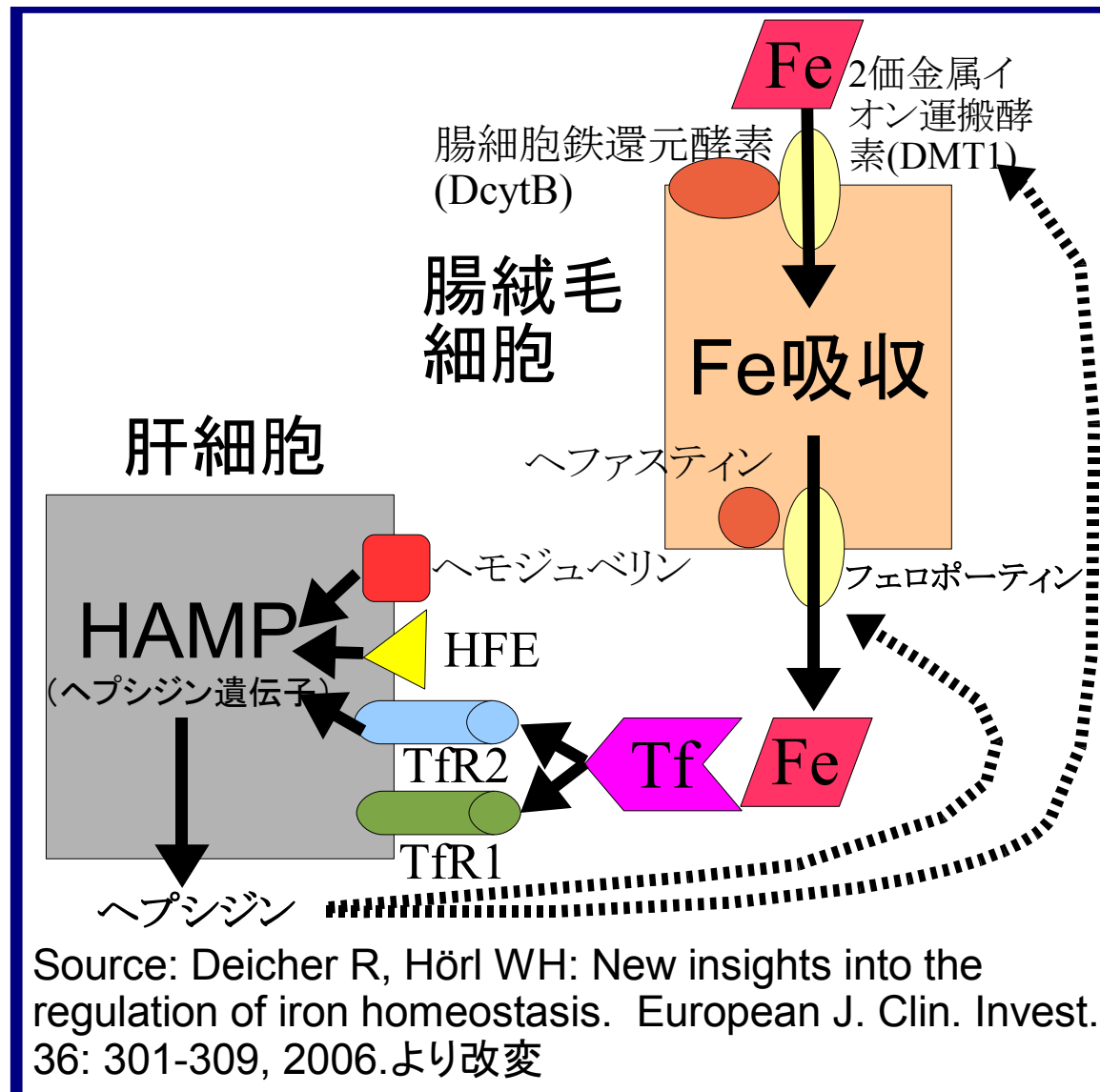


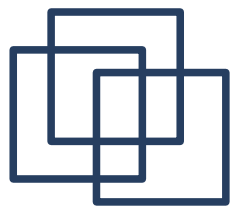
鉄の吸収

- 大部分は十二指腸と空腸上部で吸収される。体内の鉄が欠乏すると(主に非ヘム鉄の)吸収効率が上昇する
 - ヘム鉄:そのまま吸収される
 - 非ヘム鉄:消化管で鉄イオンまたは低分子の鉄キレートとして可溶化されてから吸収される。この調節には腸管の絨毛細胞に存在する DCytB と DMT1 の作用が重要であることが最近わかった。吸収効率は腸管内の pH にも依存する(Fe(III) は弱酸性からアルカリ性では溶解度が低く, Fe(II) は溶解度が高いが容易に Fe(III) に自動酸化する。また非ヘム鉄には吸収促進因子と阻害因子が存在する



腸管における鉄吸収制御





鉄が関連する主な病気

• マラリアなどの感染症

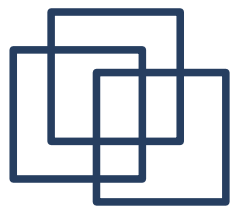
- 鉄欠乏では免疫が低下する可能性と寄生体から鉄を奪われなくなる利点と両方ある
- 炎症が起こるときは血清フェリチン濃度が高いので非ヘム鉄の吸収効率は良くなる
- 循環血中の鉄濃度を低く抑える” Iron withholding” 戦略

• 遺伝性ヘモクロマトーシス

- ヘプシジンの発現異常（ヘプシジン遺伝子自体の異常と発現調節遺伝子の異常）が主

• バンツーシデローシス

- 鉄製容器で自家醸造する，きわめて高濃度の鉄を含むビールを飲むため，鉄過剰蓄積？（遺伝子も関与）



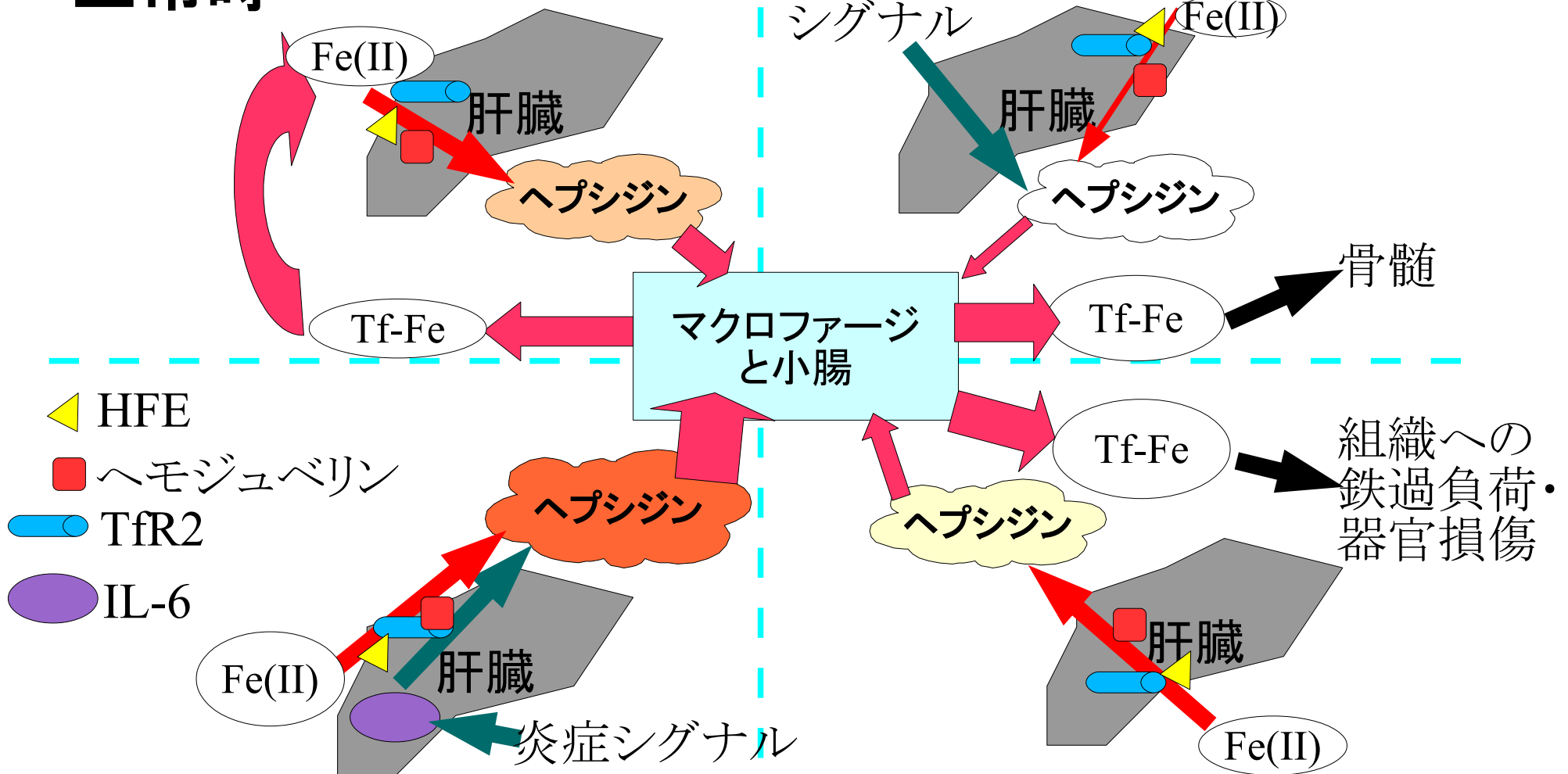
ヘプシジンによる鉄の調節

(出典: http://www.nature.com/ncpgasthep/journal/v1/n1/fig_tab/ncpgasthep0019_F1.html)
Pietrangelo A, Trautwein C: Mechanisms of Disease: the role of hepcidin in iron homeostasis—implications for hemochromatosis and other disorders. *Nature Clin. Pract. Gastroenterol. Hepatol.* (2004) 1, 39–45.

正常時

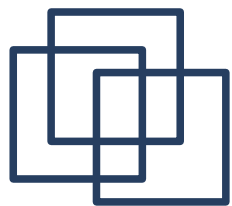
低酸素
シグナル

鉄欠乏・低酸素



鉄過負荷・炎症

遺伝性ヘモクロマトーシス



文献

- 厚生労働省「日本人の食事摂取基準(2010年版)」
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/sessyu-kijun.html>
- Gibney MJ, Macdonald IA, Roche HM (Eds.) Nutrition & Metabolism, Blackwell Publishing, 2003.
- マリオン・ネスル(著)三宅真季子, 鈴木真理子(訳)「フード・ポリティクス:肥満社会と食品産業」新曜社, 2005年
- 蒲原聖可「ファイトケミカルで病気を防ぐ」マキノ出版, 2000年
- 桜井 弘「金属は人体になぜ必要か」講談社ブルーバックス, 1996年