



<p>メソポタミア文明 BC4000~ ギルガメッシュ叙事詩 死の恐怖 親友の死 大洪水 ゾンビの原型</p>	<p>エジプト文明 BC3500~ 死後の再生を信じる文明 アヌビス神(冥界神) 第二の誕生を得るために 肉体をミイラとして保存した ミイラ作り神官は高い地位 エドウィン・スマithパピルス</p>	<p>ギリシャ文明 BC3000~ 神殿医学 - アスクレピオス神殿 ヒュギエイア 薬の神様 アロマオイルの使用 リリーオイル → 鎮痛効果 サフラン → 通風薬</p>

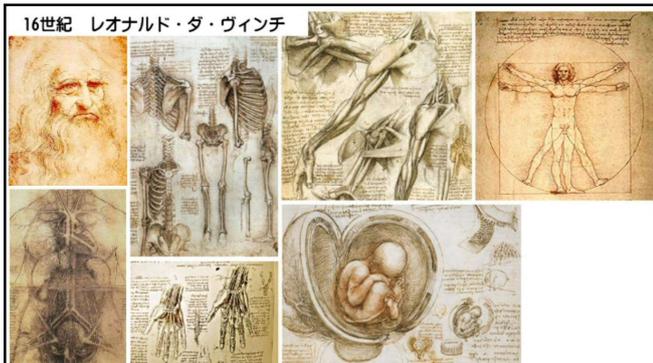
<p>ヒポクラテス BC460~BC370年頃</p>	<p>アリストテレス BC384~BC322年</p>	<p>アレクサンドロス三世 BC356~BC323年</p>

ヨーロッパ医学の発展

キリスト教の強い影響で僧院医学が発展する。
11~12世紀にはナポリ南のサレルノ医学学校が医師免許発行。
12世紀にヨーロッパ各地に医科大学が創設、医学が発展する。

14世紀のペスト大流行

世界4億5000万人感染
1億人(22%)が死亡
現在のペスト発生
世界年間5000人~6000人感染
400~500人(8%)が死亡



DNAの構造決定

ジェームズ・ワトソン
フランシス・クリック
モーリス・ウィルキンス

1962年 ノーベル賞受賞

タンパク質が遺伝物質という意見が強かった時代に、二重らせんモデルの提唱は、遺伝がDNAの複製によって起こり、塩基配列が遺伝情報を担うことが見事に説明できるようになり、その後の分子生物学の発展に決定的な影響を与えた。

ワトソン クリック

遺伝子増幅（PCR法）により
医学や生命科学などは飛躍的に進歩した

- PCR法は、遺伝子操作、遺伝子診断などに欠かせない操作法となり、医学、生命科学、健康科学などの先端科学の基礎を支えている。
- この発明がなければ、山中先生のiPS細胞の製造や本匠先生のがんの特効薬の開発は考えられない。
- ちなみに、現在パンデミックを起こしている新型コロナウイルスの検査はPCR法であり、全人類の命に関係する発明だったといえる。

キャリーマリス博士
1993年ノーベル賞受賞

遺伝子を増幅して
万能細胞を造り上げた
↓
拒絶反応のない
臓器移植
臓器再生が可能となる

山の中 先生
2012年ノーベル賞受賞

自分の万能細胞を
保存しておいて
必要な時に利用

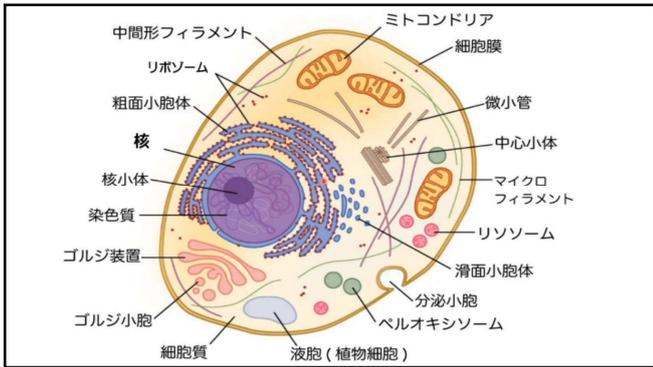
免疫担当細胞が異物を排除する機能を
増強させる免疫チェックポイント阻害剤を
発見。
患者のTリンパ球を活性化させ、腫瘍
への攻撃を促進して治療する。

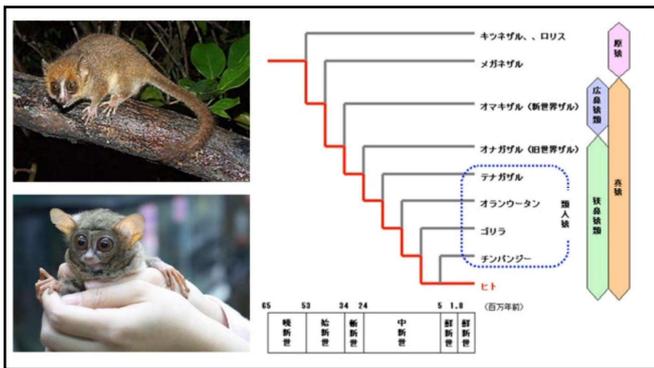
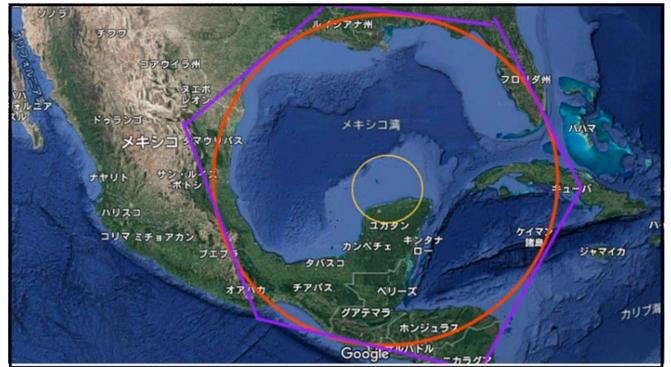
本匠 佐(たすく) 先生
2018年ノーベル賞受賞

生化学
2 回目
地球上生物の定義

地球上生物の定義

1. 細胞単位で構成
2. 代謝して活動
3. 刺激に反応
4. 繁殖する



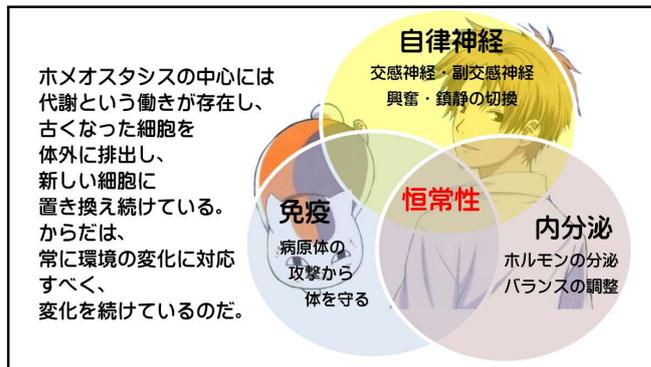
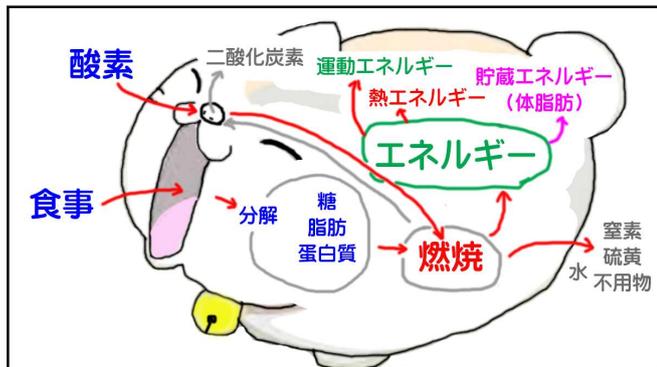


生化学
3 回目
生命維持
ホメオスタシス

生命維持

栄養素
ビタミン
ミネラル
酸素

老廃物
炭酸ガス



生化学
4 回目
タンパク質
アミノ酸

アミノ酸

広義には、
アミノ基とカルボキシル基
の両方の官能基を持つ有
機化合物の総称

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{NH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\ | \\ \text{R} \end{array}$$

アミノ酸

3大栄養素のうちのタンパク質の構成成分である。
ヒトのタンパクは20種類のアミノ酸で構成され、
セントラルドグマに則って生体タンパクの主要成分となる。
動物が体内で合成できないアミノ酸は常に摂食する必
要があり、ヒトでは9種類が必須アミノ酸である。

アメフリヒトイロバス

アルギニン フェニルアラニン ヒスチジン イソロイシン バリン
メチオニン リジン トリプトファン ロイシン スレオニン

アミノ酸の分類

栄養学的	必須	非必須	条件付必須
構造的	酸性	塩基性	芳香族 含硫
水溶性	親水	疎水	
代謝的	糖原性	→オキサロ酢酸・ピルビン酸生成	
	ケト原性	→アセト酢酸・アセチルCoA生成	

アミノ酸の分類

栄養学的	必須	非必須	条件付必須
構造的	酸性	塩基性	芳香族 含硫
水溶性	親水	疎水	
代謝的	糖原性 → オキサロ酢酸・ピルビン酸生成 ケト原性 → アセト酢酸・アセチルCoA生成		

酸性アミノ酸
COOH基(カルボキシル基)が2つ以上あるアミノ酸
アスパラギン酸・グルタミン酸

塩基性アミノ酸
NH₂基(アミノ基)が2つ以上あるアミノ酸
アルギニン・リジン・ヒスチジン

アミノ酸の分類

栄養学的	必須	非必須	条件付必須
構造的	酸性	塩基性	芳香族 含硫
水溶性	親水	疎水	
代謝的	糖原性 → オキサロ酢酸・ピルビン酸生成 ケト原性 → アセト酢酸・アセチルCoA生成		

芳香族アミノ酸
ベンゼン環を持つ化合物を芳香族化合物といい、ベンゼン環を含むアミノ酸を芳香族アミノ酸という。
フェニルアラニン・チロシン・トリプトファン

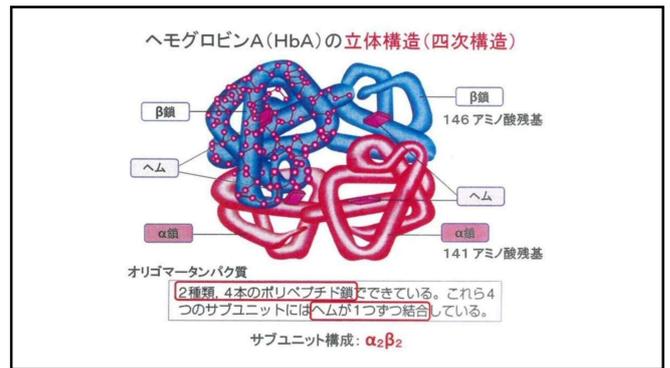
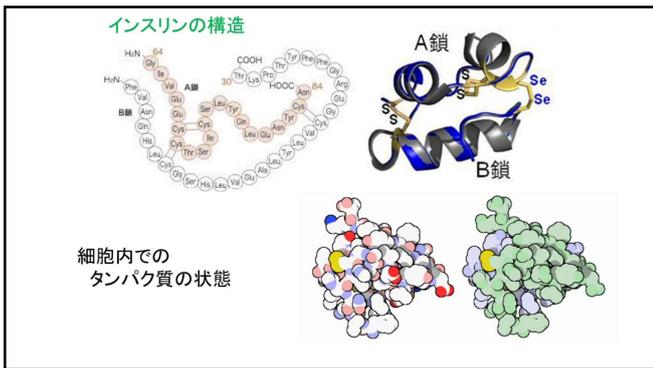
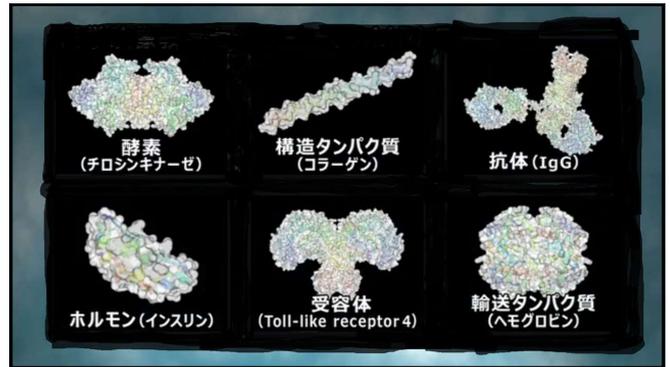
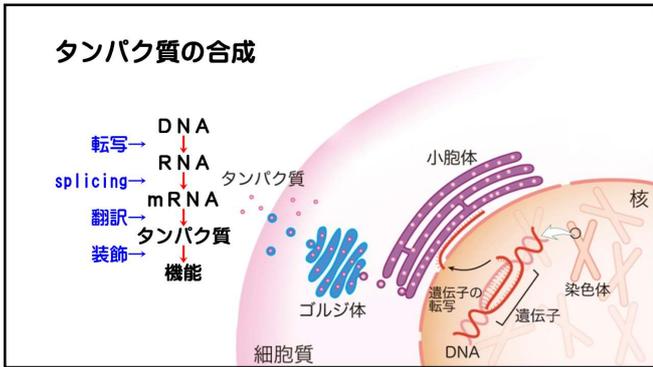
覚え方は「フェチな鳥」

アミノ酸の分類

栄養学的	必須	非必須	条件付必須
構造的	酸性	塩基性	芳香族 含硫
水溶性	親水	疎水	
代謝的	糖原性 → オキサロ酢酸・ピルビン酸生成 ケト原性 → アセト酢酸・アセチルCoA生成		

含硫アミノ酸
分子の中に硫黄(S)を含むアミノ酸
システイン・メチオニン

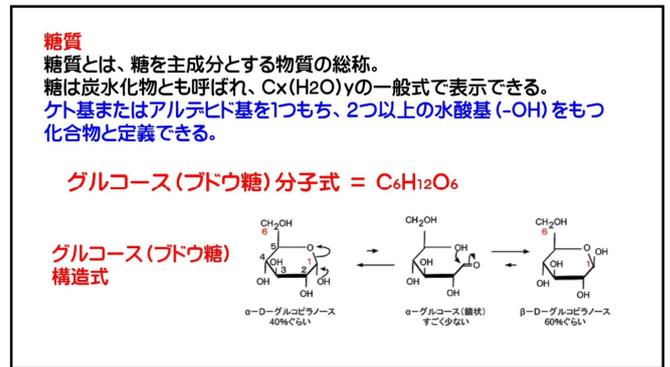
タンパク質の構造を決定する(SS結合)重要なアミノ酸



生化学

5回目

糖質



ちなみに、アルデヒド基とケト基はカルボニル基に属する

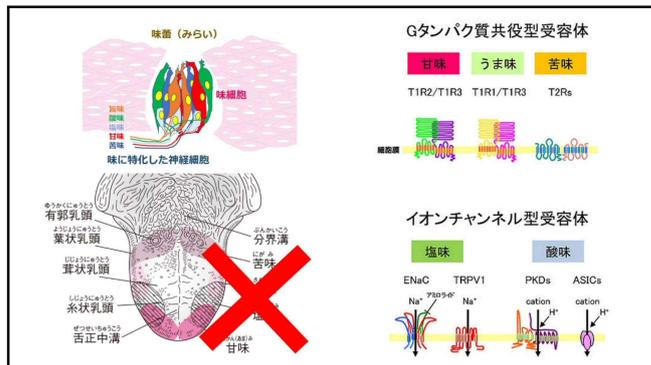
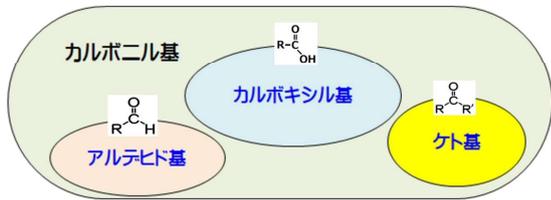


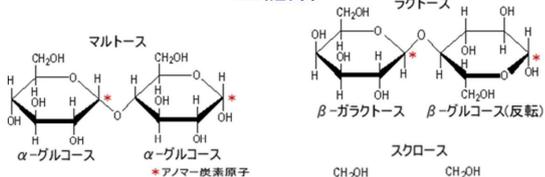
表 糖質の種類

炭水化物	糖質	糖	単糖類	ブドウ糖、果糖、*ガラクトース
		類	二糖類	砂糖、麦芽糖、乳糖
		少糖類 (オリゴ糖)	単糖が2~10個程度結合した糖質	
		多糖類	デキストリン、でん粉、グリコーゲン	
		糖アルコール類	キシリトール、マルチトール	
	高甘味度甘味料	アセスルファムカリウム、スクラロース		
	食物繊維	水溶性食物繊維	ポリデキストロース、難消化性デキストリンなど	
		不溶性食物繊維	セルロース	

表 糖質の種類

炭水化物	糖質	糖	単糖類	ブドウ糖、果糖、ガラクトース
		類	二糖類	砂糖、麦芽糖、乳糖
		少糖類 (オリゴ糖)	単糖が2~10個程度結合した糖質	
		多糖類	デキストリン、でん粉、グリコーゲン	
		糖アルコール類	キシリトール、マルチトール	
	高甘味度甘味料	アセスルファムカリウム、スクラロース		
	食物繊維	水溶性食物繊維	ポリデキストロース、難消化性デキストリンなど	
		不溶性食物繊維	セルロース	

二糖類



アノマー炭素とは
単糖が環状構造をとると、カルボニル基が新たに不斉炭素原子となる。
こうして新しく光学異性体ができるが、この異性体をアノマーという。

その他の二糖類

トレハロース

グルコースが1,1-グリコシド結合してきた二糖の一種で、昆虫の極乾燥耐性の役割を担う二糖類です。
砂糖の45%の甘味度ですが、上品な甘みを持つ特徴があります。
甘味料以外にもタンパク質の変性防止、脂質変性の抑制、鮮度保持に使用され、虫歯になりにくいなどの特徴もあります。

玉葱 糖質のはなし

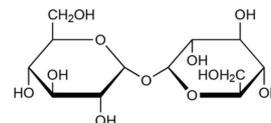
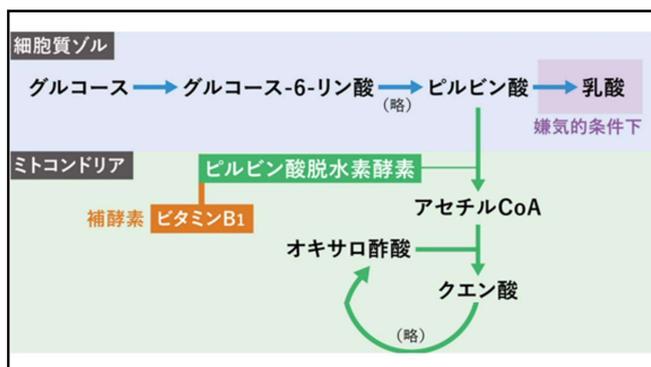
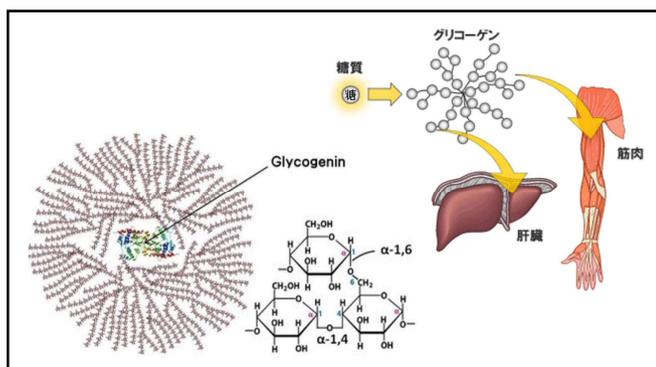
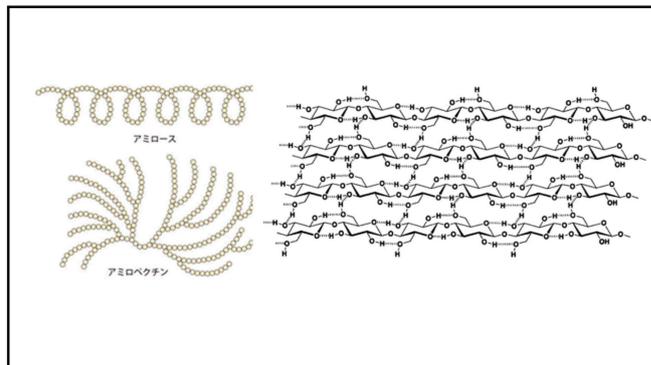


表 糖質の種類

炭水化物	糖質	単糖類	ブドウ糖、果糖、ガラクトース
		二糖類	砂糖、麦芽糖、乳糖
		少糖類 (オリゴ糖)	単糖が2~10個程度結合した糖質
		多糖類	デキストリン、でん粉、グリコーゲン
		糖アルコール類	キシリトール、マルチトール
	食物繊維	高甘味度甘味料	アセスルファムカリウム、スクラロース
		水溶性食物繊維	ポリデキストロース、難消化性デキストリンなど
		不溶性食物繊維	セルロース



AB 抗体なし

A 抗B

A 抗B

A 抗B

A 抗B

O 抗A 抗B

O 抗A 抗B

レシブエントドナー	O型	A型	B型	AB型
O型	適合(一致)	適合(不一致)	適合(不一致)	適合(不一致)
A型	不適合	適合(一致)	不適合	適合(不一致)
B型	不適合	不適合	適合(一致)	適合(不一致)
AB型	不適合	不適合	不適合	適合(一致)

糖質の工業利用

- ナノ複合材: 繊維やゴムにセルロース/ナノファイバーを混ぜると、軽くて強い自動車部品が作れます。
- フィルター: 出典源の大きいナノファイバーで作ったフィルターは小さな塵埃を捕集できます。
- ガスバリアフィルム: 空気を通しにくいフィルムは、食料などの鮮度保持に効果があります。
- 化粧品や食品、塗料など: 水中で粘性を付与したり、微粒子を分散したりできます。
- 透明シート: 透明液晶体などの素材として使用できます。

生化学

6回目

脂質



脂質とは

脂質は生体にとっては欠かせない三大栄養素の1つである。また、重要なエネルギー源だけでなく、ホルモンや細胞膜、核膜を構成したり、皮下脂肪として臓器を保護し、体を寒冷から守ったり、脂溶性ビタミン(ビタミンA・D・E・K)の吸収を促すなど、重要な役割を担っている。



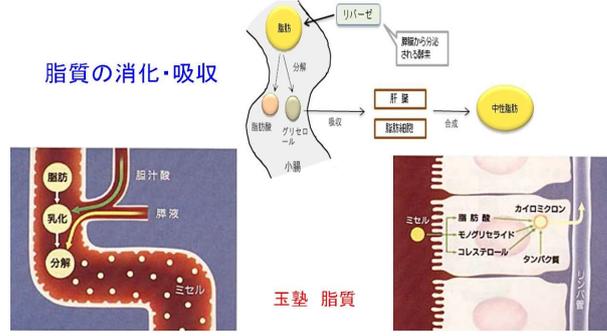
脂質の生化学的特徴

脂質は、生物から単離される**無極性分子溶媒に溶ける物質**を総称したものである。特定の化学的、構造的性質ではなく、溶解度によって定義される。ただし、この定義では数多くの例外が存在し、十分な条件とは言えない。

現在の生化学的定義では「**長鎖脂肪酸あるいは炭化水素鎖を持つ生物体内に存在あるいは生物由来の分子**」となる。

伝統的な定義は4つある。
 ①水に不溶 ②有機溶媒に可溶
 ③脂肪酸あるいは炭化水素鎖を含む ④生物由来の物質

脂質の消化・吸収



玉塾 脂質

脂肪酸がエネルギーへ

脂肪酸の代謝

ミトコンドリア



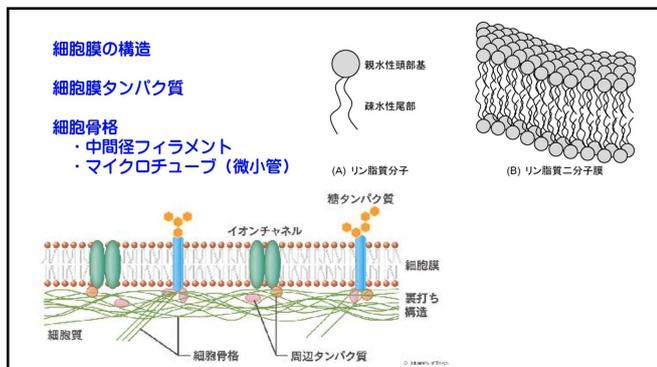
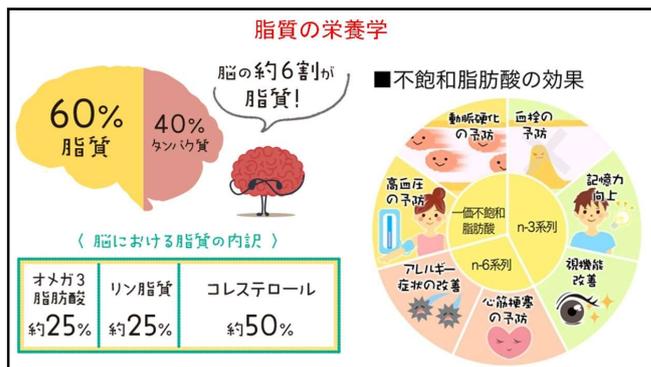
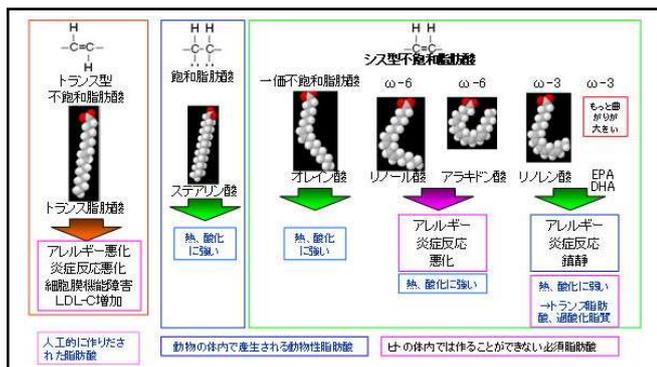
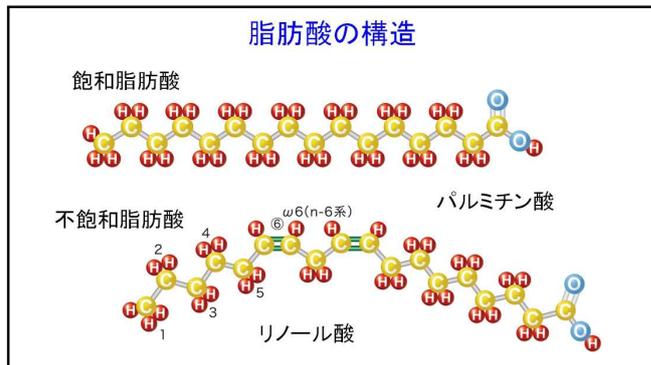
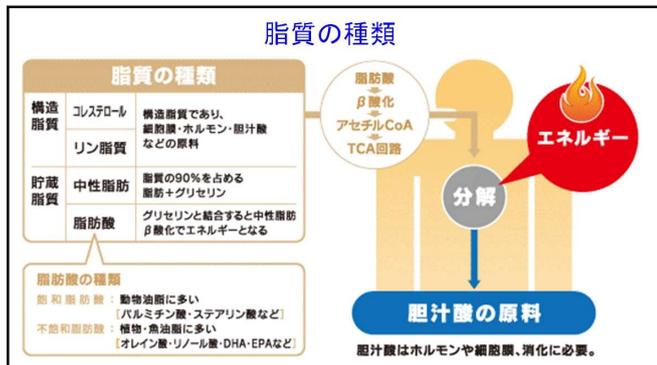
脂肪酸 → アシルCoA $\xrightarrow{V_{B2}, \beta\text{-酸化}}$ アセチルCoA → TCA回路 → 電子伝達系 V_{B2}

脂肪のおかげで体温キープ♪

1g 9kcal



35°C 低体温症
 30°C 意識がない
 25°C 死ぬことも

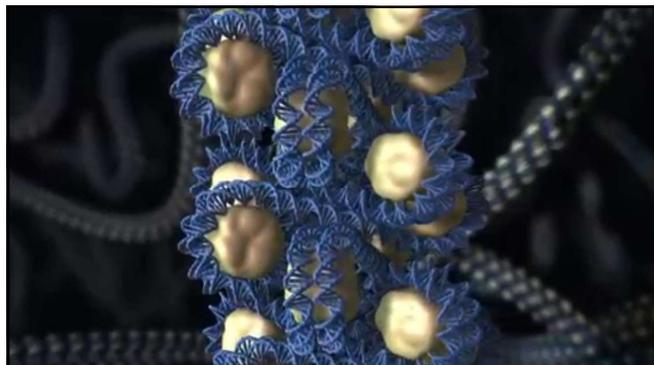


四次構造

核酸の四次構造は、リボソームやヌクレオソームのような核蛋白質と相互作用している高分子の空間的配置を意味する。

11nm histone core nucleosome
ヒストンコアにDNAが2回巻きつく

30nmシグザグモデル



タンパク質の合成

複製 (Replication) 転写 (Transcription) 細胞核 核膜 細胞質 機能
DNA → RNA → mRNA → タンパク質
Processing (Splicing, Editing) 翻訳 (Translation)

核酸の消化分解

食品中核酸 **ヌクレオチド** → **ヌクレオシド** → **遊離塩基**

遊離塩基の大半は排泄され、一部は再利用されて核酸合成の素材を提供する。

リボースの部分は**糖の代謝経路**に入り利用される。

プリンヌクレオチド (アデニン・グアニン) → **キサンチン** → **尿酸** ↓ **排泄**

ピリミジンヌクレオチド (チミン・シトシン・ウラシル) → **塩基** → **脂肪酸の合成等**

核酸の機能性

- 老化抑制作用**
活性酸素はDNAを傷つけて老化の原因となりますが、核酸には活性酸素を除去し、細胞や遺伝子の酸化、損傷を防ぐ抗酸化作用があります。
- 免疫力の維持・向上**
核酸は異常細胞を死滅させる機能を発揮して免疫細胞を正常に戻す働きがあります。免疫力を高めるためには核酸の摂取が重要です。
- 腸内環境の正常化**
核酸は細胞の新生を促し、絨毛の発育を助けるため、腸から病原菌が吸収されるのを阻止してくれます。また善玉菌を増やし、腸内環境を整えます。
- 脳機能の改善**
核酸は脳神経、脊髄神経に多く、脳を巧みに使うと増加します。核酸を補給することで、脳が活動するためのエネルギーが増え、頭がよく働くようになります。
- アレルギーの改善**
免疫にはアレルギーに関わる抗体の産生を抑制する細胞性免疫と産生を促す体液性免疫があります。核酸はこのバランスを整えることでアレルギーを改善してくれます。

生化学 8回目

クエン酸回路 ビタミン

呼吸をする生物の出現

地球誕生時の大気は二酸化炭素が高濃度で存在し、酸素濃度はわずかであった。しかし、光合成を行う生物が出現したことで、大気には徐々に酸素が蓄積された。

本来、酸素は強い酸化力を持つ毒性の強い気体である。しかし、一部の生物は酸素を利用した酸化過程で大きなエネルギーを利用するようになった。

酸素を利用したエネルギー代謝のできる生物は細胞内のミトコンドリアにより炭水化物を酸化し、最終産物として二酸化炭素 (CO₂) と水を排出し、進化していった。

地球上生物の進化についてお話しします。

細胞呼吸の代謝系

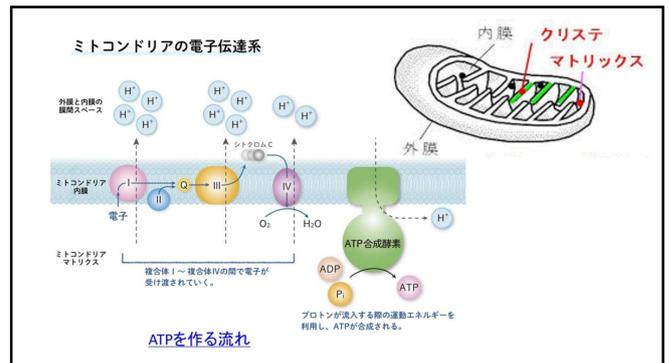
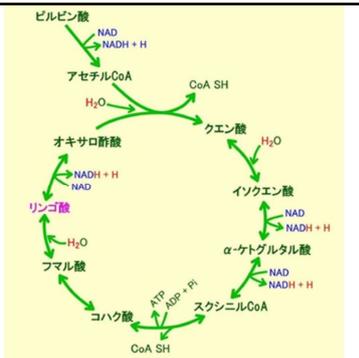
呼吸代謝には大きく分けて以下の3つの代謝が関わる。糖類はこれらの代謝系によって二酸化炭素 (CO₂) および水にまで分解され、その過程でATPが生産される。

- **解糖系**
細胞質基質で行われる酸素を使わない糖の酸化過程。
- **TCA回路 (クエン酸回路・クレブス回路)**
ピルビン酸などから変換されたアセチルCoAを二酸化炭素に分解する酸化過程。
- **酸化的リン酸化**
NADH等の水素受容体を酸化し、酸素に電子を伝えて水を生成する過程を「電子伝達系」と呼ぶ。ATP合成酵素によりATPが生成する。

クエン酸回路の反応系

1. オキサロ酢酸
2. クエン酸
3. イソクエン酸
4. α-ケトグルタル酸
5. サクシニルCoA
6. コハク酸
7. フマル酸
8. リンゴ酸

(奥井朝子不倫)



ビタミンについて

ビタミンは、その生物の体内で十分な量を合成できない**三大栄養素とミネラル以外の有機化合物の総称**。
ビタミンは機能で分類される名称で、物質名ではない。

生物種によってビタミンとして働く物質は異なる。
たとえばアスコルビン酸はヒトにはビタミン(ビタミンC)だが、多くの生物にはビタミンではない。

ヒトのビタミンは13種が認められている。
ビタミンが不足すると、疾病や成長障害が起こる(ビタミン欠乏症)。
日本では厚生労働省が日本人の食事摂取基準によって各ビタミンの指標を定めている。

ヒトに必要な13種のビタミン

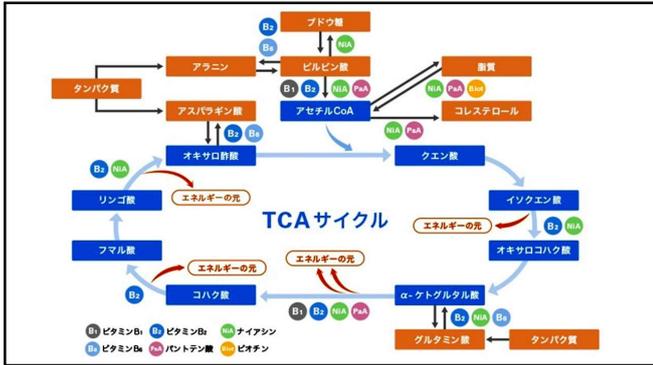
P43

脂溶性ビタミン

- ビタミンA : レチノール、β-カロテン、α-カロテンなど
- ビタミンD : エルゴカルシフェロール、コレカルシフェロール
- ビタミンE : トコフェロール、トコトリエノール
- ビタミンK : フィロキノ、メナキノの2つのナフトキノ誘導体

水溶性ビタミン

- ビタミンB群
- ビタミンB1: チアミン
- ビタミンB2: リボフラビン。ビタミンGともいう。
- ビタミンB3: ナイアシン。ビタミンPPともいう。
- ビタミンB5: パントテン酸
- ビタミンB6: ピリドキサル、ピリドキサミン、ピリドキシン
- ビタミンB7: ビオチン。ビタミンBw、ビタミンHともいう。
- ビタミンB9: 葉酸。ビタミンBc、ビタミンMともいう。
- ビタミンB12: シアノコバラミン、メチルコバラミンなど
- ビタミンC : アスコルビン酸

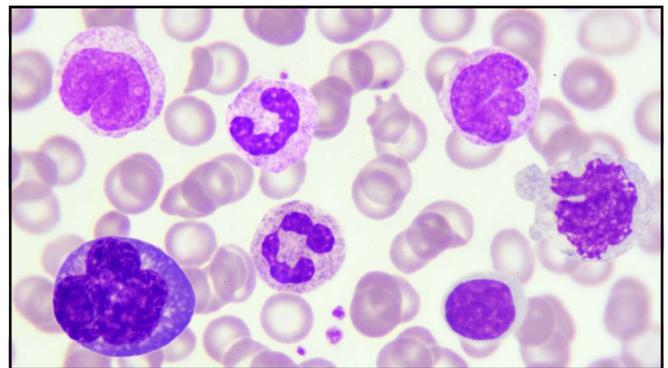


抗凝固剤にて採血し、静置しておくと、その血液は比重の差で、血漿層、白血球層、赤血球層に分かれる。

血漿
黄色い液体。栄養や生命維持に必要な物質が中心。

**血小板
白血球**
白い薄い層。血液凝固や生体防御の機能が中心。

赤血球
赤血球だけが集まった赤い層。酸素の運搬が目的。



血液の機能

1. ガスの運搬 (呼吸・pHの恒常性)
2. 体温恒常性 (温度の運搬)
3. 栄養運搬 (エネルギー基質の運搬)
4. 血液凝固 (凝固・凝固系)
5. 生体防御 (体液性免疫・細胞性免疫・補体)
6. 老廃物運搬 (排泄・水分調節)
7. 内分泌物質等運搬 (生体内活性物質の運搬)

血液の40% **赤血球**

中央部がくぼんでる

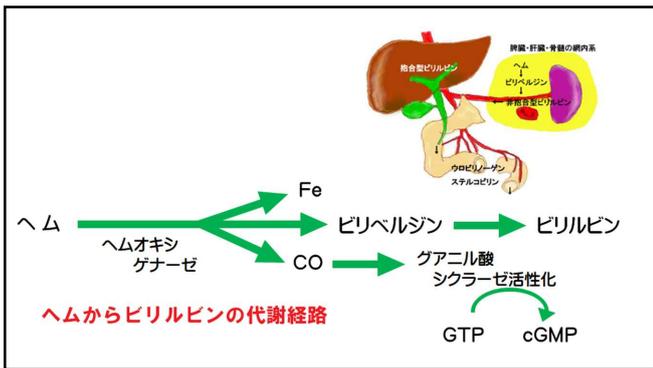
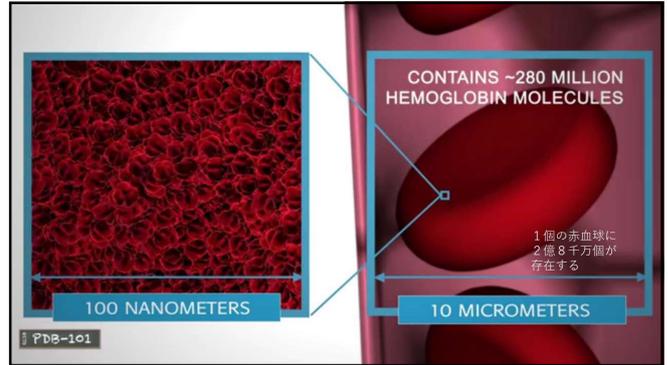
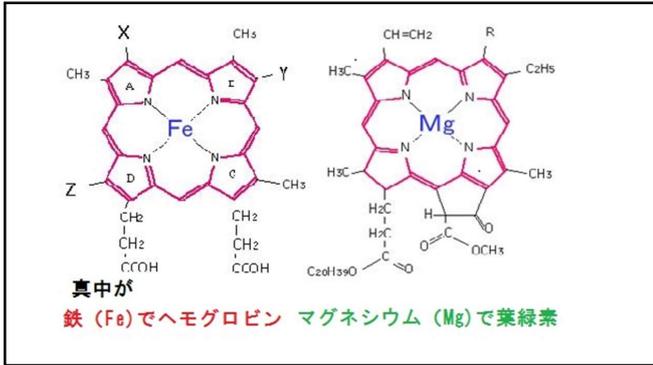
鉄分と結合

骨髄で産生

ヘモグロビンを含み 二酸化炭素とはほとんど結合しない

全身に酸素を運ぶよ!!

酸素



白血球の種類

白血球

- 好塩基球
- 好酸球
- 好中球
- Tリンパ球
- Bリンパ球
- 単球

がある

公園で気球 (好塩基球)

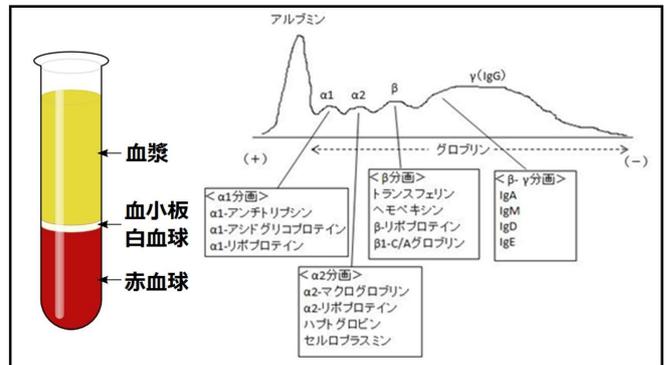
短気 起こって (好酸球)

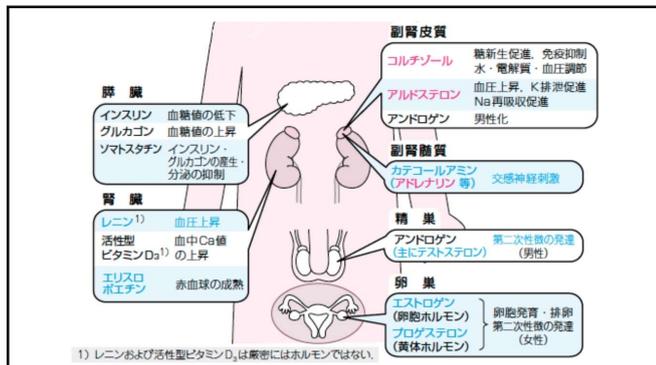
不幸で降参 (好中球)

テイルンピリン (Tリンパ球)

ブリンピリン (Bリンパ球)

白血球たちの分類と機能は臨床検査学で教えるね。



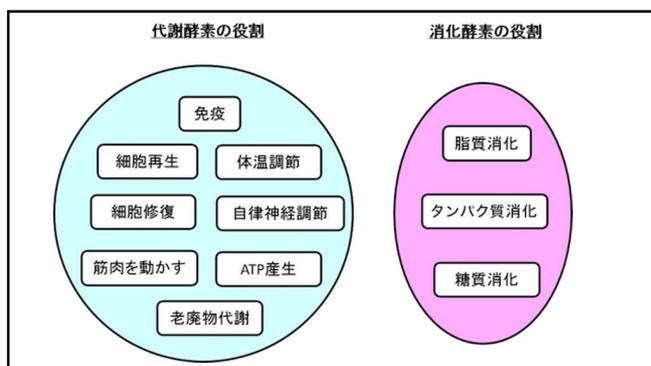
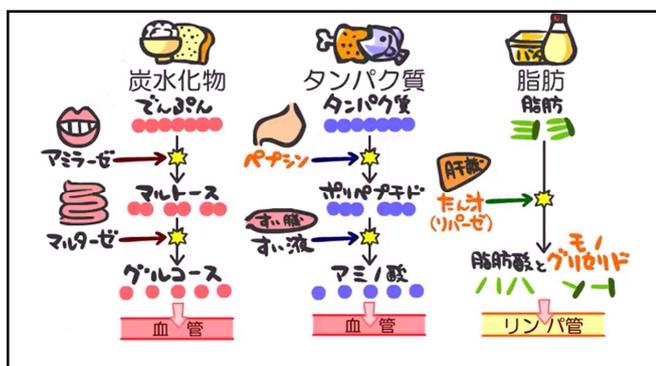
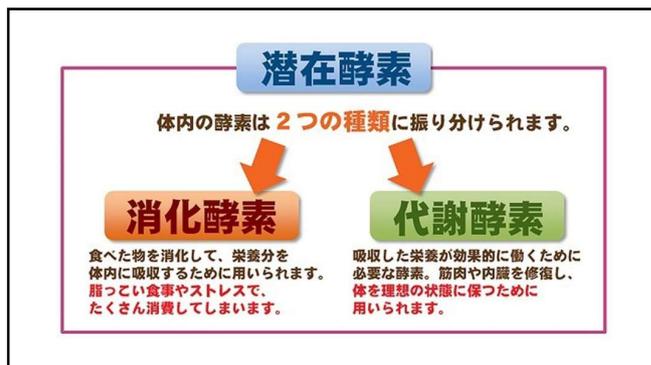


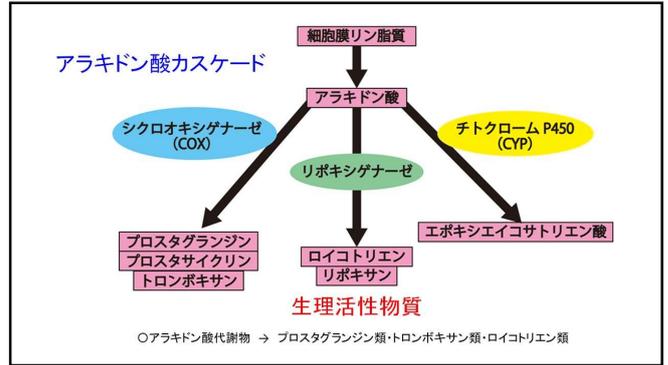
酵素 (enzyme)

酵素とは、**生体で起こる化学反応に対して触媒として機能する分子**である。

多くの酵素は**生体内で作り出されるタンパク質を基にして構成**されている。

したがって、生体内での生成や分布の特性、**熱や pH によって変性して活性を失う (失活)**といった特性などは、他のタンパク質と同様である。

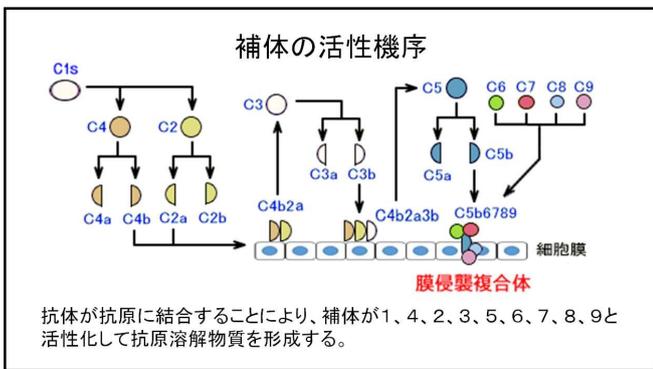
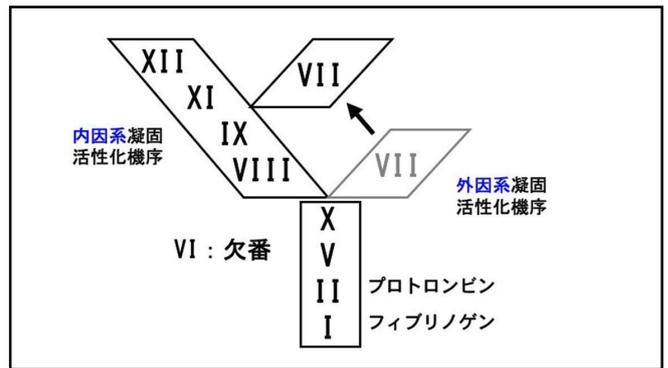




トロポキサンA2
血液凝固抑制など多くの生理活性機能を制御。

CC(C)C/C=C\C(C)C(O)CCCCCCCC(O)C(=O)O

プロスタグランジン
血液凝固に関係し、血圧制御、睡眠制御、鎮痛や自律神経制御など多くの生理活性機能を制御。

CC(C)C/C=C\C(C)C(O)CCCCCCCC(O)C(=O)O


生化学
12回目
免疫
(生体防御)

免疫とは

疫(えき)から免(まぬが)れる、すなわち、「伝染病」などから逃れることを意味している。

たとえば、麻疹(はしか)などの伝染病に一度罹患した人は、ほとんど麻疹に罹らなくなる。この現象に対し「免疫ができた」と言っている。

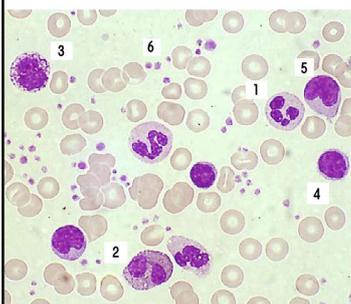
体内に侵入する病原体を攻撃して、自身を正常に保つメカニズムを免疫と称する。

免疫の現象を、最初に学術的研究をしたのはパスツールである。



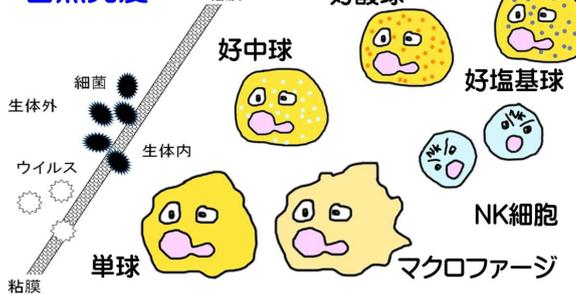
- 1846年 化学博士号取得
- 1848年 光学異性体の現象を発見。
- 1861年 自然発生説との論争に勝利する。
- 1865年 低温殺菌法を開発する。
- 1867年 脳卒中で倒れる。左片麻痺。
- 1879年 弱毒化細菌ワクチンを開発する。
- 1881年 弱毒化炭疽菌ワクチン大規模実験。
- 1885年 弱毒化狂犬病ワクチンの実用化。
- 1888年 パスツール研究所を開所。
- 1895年 死亡

末梢血で観られる白血球



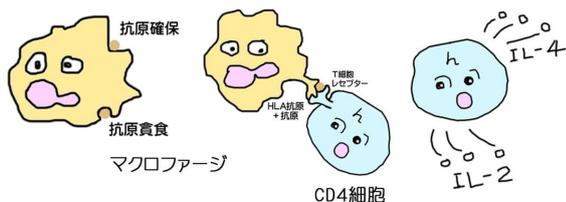
1. 好中球
2. 好酸球
3. 好塩基球
4. リンパ球
5. 単球
6. 血小板

自然免疫

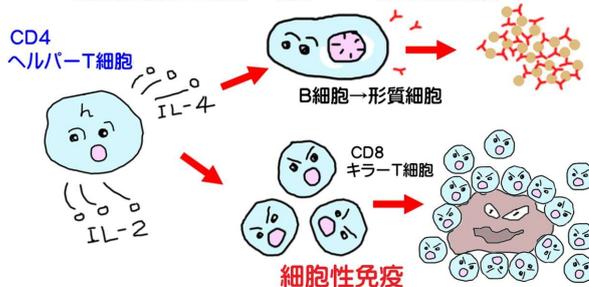


獲得免疫の機序 (1)

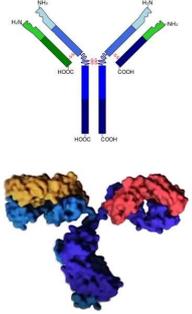
抗原認識 → 抗原提示 → CD4細胞活性



獲得免疫の機序 (2) 体液性免疫

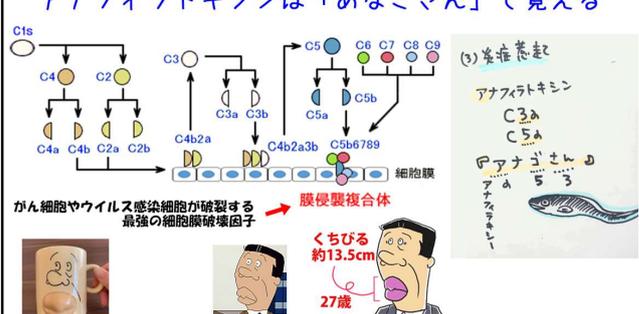


人体の抗体の種類



IgG - 最も分子量が小さく、数が多い。
 IgA - 分泌物に多く存在する。
 IgM - 最も分子量が大きく、反応は強力。
 IgD - 量も少なく、不明な点が多い抗体。
 IgE - アレルギーに関係する抗体。

アナフィラトキシンは「あなごさん」で覚える



がん細胞やウイルス感染細胞が破裂する最強の細胞膜破壊因子 → 膜攻撃複合体

あなごさん (アナフィラトキシン)
 C3a
 C5a
 C5b6789

くちびる 約13.5cm
 27歳

生体防御まとめ



指揮官 (ヘルパーT細胞) hT細胞
 抗原情報
 スパイたち 単球
 樹状細胞 マクロファージ
 ていへんだ ていへんだ

次の作戦はどうするか
 細胞性免疫 兵隊は…武器は
 体液性免疫 兵隊は…武器は
 補体活性 兵隊は…武器は
 それとも…

細菌
 真菌
 ウイルス
 原虫
 蟻虫等寄生虫
 フリオン
 マクロファージに見つからないからやりたい放題

生化学 13回目 遺伝情報



日本の がんによる社会損失は大きい



がん発症者	がん死亡者	がん罹患率	継続治療者
年間 102万人	年間 38万人	男性 66% 女性 50%	約 178万人

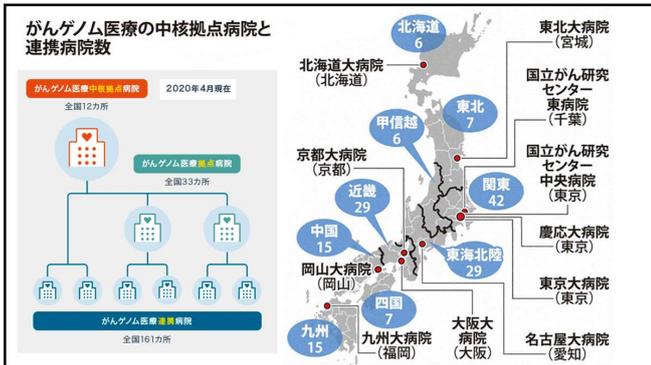
遺伝子疾患

遺伝子の異常が原因になって発症する疾患の総称。

染色体異常
 ダウン症候群 ターナー症候群 クラインフェルター症候群など

単一遺伝子疾患 (メンデルの法則にしたがう特徴あり)
 血友病 筋ジストロフィー ハンチントン舞踏病
 多発性嚢胞腎 VD抵抗性くる病など

多因子遺伝疾患 (ほとんどの疾患の原因として関与する)
 糖尿病 先天性奇形 アルツハイマー型認知症
 高血圧症 悪性腫瘍 高脂血症など

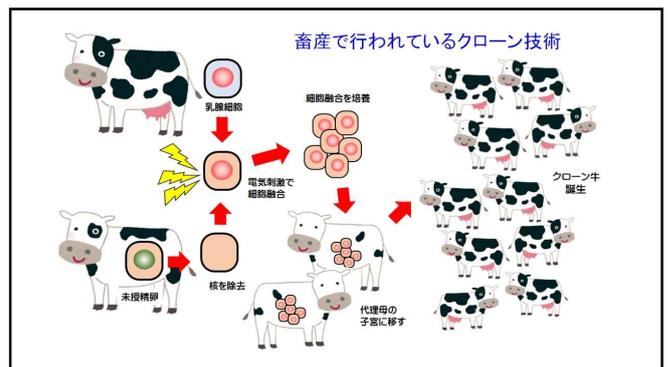


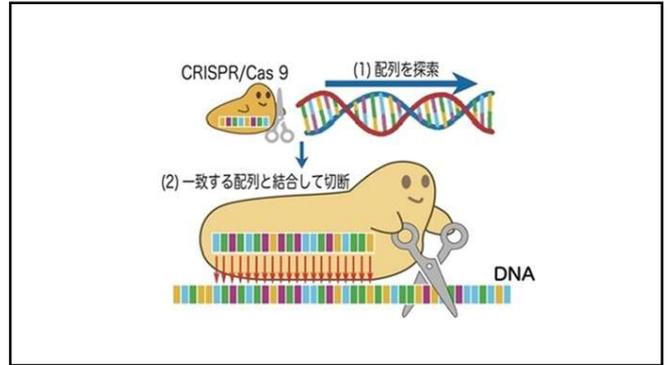
出生前(遺伝子)診断

胎児の遺伝的疾患を出産前に検査する行為。
 以前は羊水を使って検査されていたが、現在は**妊婦の血液で胎児の遺伝子診断**が行えるようになった。
 また、人工授精の培養中に受精卵の遺伝子診断も可能となり、着床させる前に遺伝疾患のない子供を産む選択ができるようになった。**(着床前診断)**

↓

生まれてくる命の選別に関して倫理的問題が高まっている





動物の受精卵に、ヒトの細胞を注入した「動物性集合胚」の取り扱いについて、文部科学省は、より幅広い研究ができるように指針を改定した。

禁じられていた動物性集合胚の動物への移植や、この胚を使った出産が可能になる。動物の体内でヒトの臓器を作る研究が本格化するとみられる。

例えば、膀胱ができないようにしたブタの胚にヒトのiPS細胞を注入後、胚をブタの子宮に着床させ、ヒトの膀胱を持つブタを作ることができるようになる。

2019.3.4 朝日新聞デジタル

ブタでヒトの臓器を作る「異種移植」の流れ (仮称) 国立高度医療研究センター研究開発部

- ブタの受精卵を採取し、受精卵を凍結保存する
- ヒトのiPS細胞 (幹細胞) を採取し、培養する
- ヒトのiPS細胞をブタの受精卵に注入する
- 受精卵をブタの子宮に移植し、妊娠させる
- 妊娠したブタの子宮から、ヒトの臓器を取り出す

異種移植の利益と課題

- <利益>
 - ・ヒトの臓器不足の解消に役立つ
 - ・ブタの臓器はヒトのサイズが近く、利用しやすい
- <課題>
 - ・倫理的な懸念
 - ・ヒトに感染の病気をもたらすウイルスの懸念
 - ・動物で作った臓器をヒトに移植することや、ヒトの臓器を動物に移植する可能性がある

ブタでどんな臓器を作れるの？
膀胱のほか、腎臓、肝臓、心臓、膵臓などの作製が可能と見込まれる

ホーキング博士の最後の著作は「ブリーフ・アンサーズ・トゥー・ザ・ビッグ・クエスチョンズ」(大きな疑問への簡潔な答え)。
博士が生前に自身の考えをまとめはじめ、死後に家族らが完成させた本。

博士は原稿で、遺伝子操作技術に言及し「人類は知性や本能などを書き換える方法を今世紀中に発見する」と予測した。記憶力や病気への耐性に優れた「超人」が現れ、競争に敗れた人々との格差が広がる可能性を指摘した。

