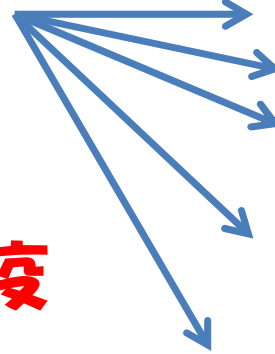


免疫学概説

参考スライド

免疫関連疾患と診療科

- ◆ 感染と免疫
- ◆ がんと免疫
- ◆ 移植と免疫
- ◆ アレルギーと免疫
- ◆ 自己免疫疾患
- ◆ 自己炎症性疾患
- ◆ 免疫不全

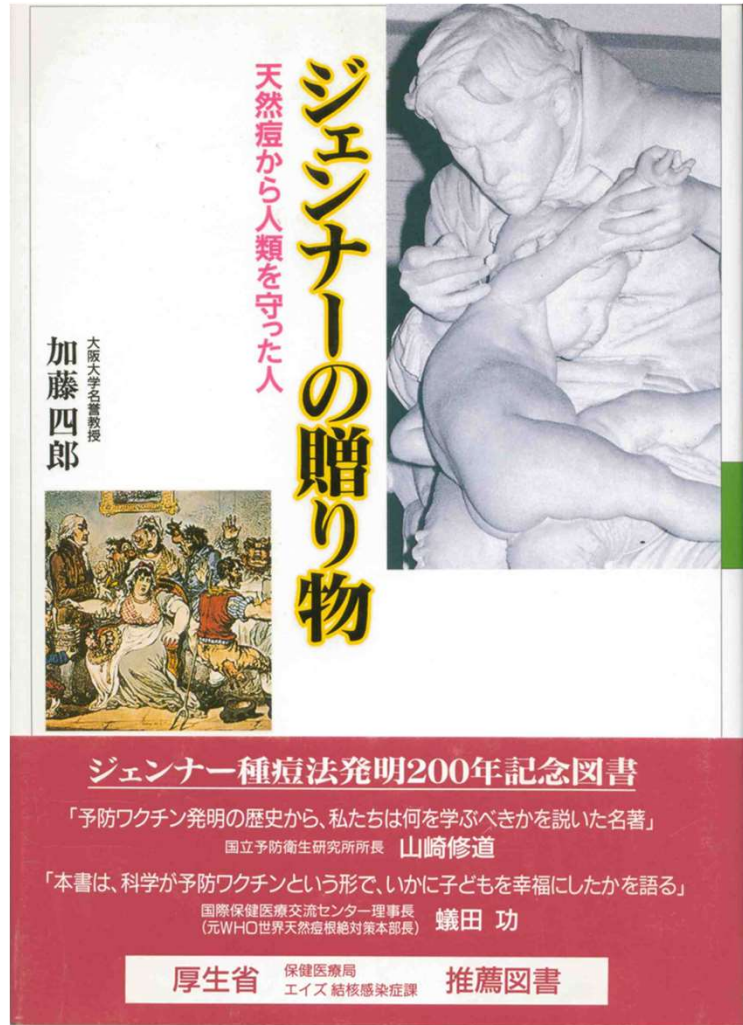


- ◆ 呼吸器
- ◆ 消化器
- ◆ 循環器
- ◆ 泌尿生殖器
- ◆ 皮膚
- ◆ 小児, 婦人
- ◆

- ◆ 検査、診断、予防、環境、食事、治療

免疫は、あらゆる診療科の疾患に共通のテーマである。

免疫制御の成功例



History of Smallpox (天然痘)

Mummy: ミイラ
Eruption: 発疹
Swelling: 腫れもの

2000-1000 BC: possible smallpox in Egyptian mummies

This is the mummy of Ramses V, who died in 1157 BC. Note the eruptions on the lower face. Also note skin folds possibly due to swelling.

免疫制御の成功例 天然痘(痘そう)

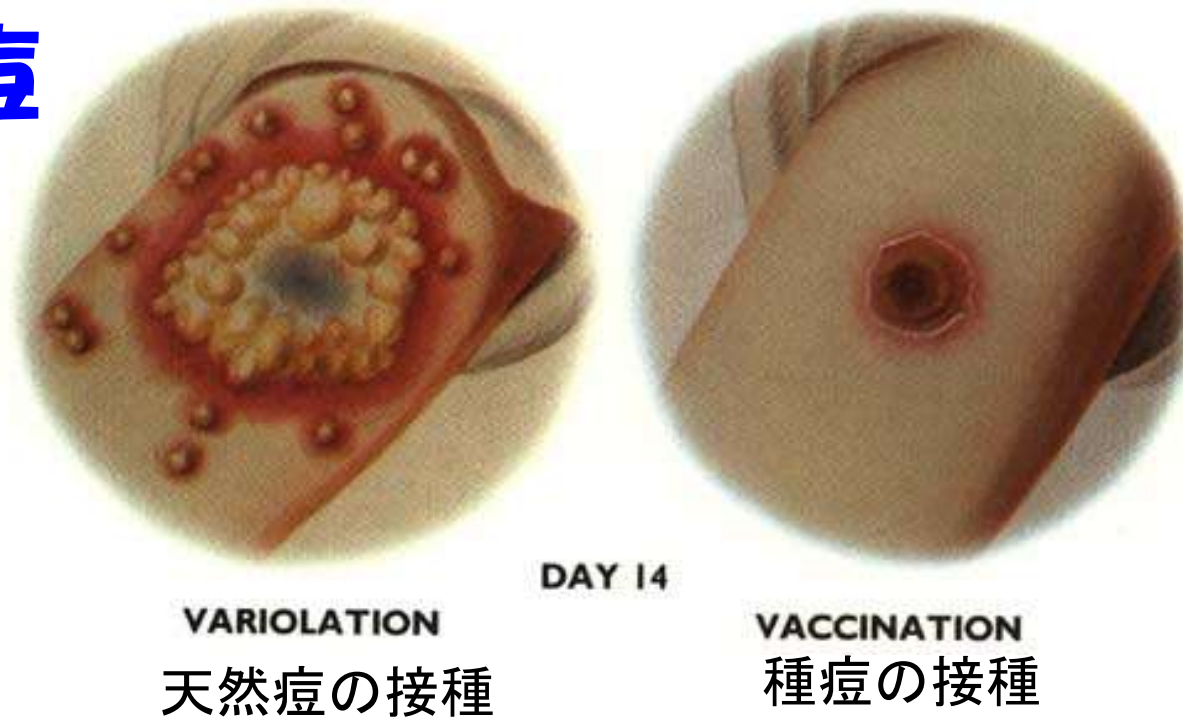
**天然痘は紀元前より、伝染力が非常に強く死に至る疫病 として人々から恐れられていた。
また、治癒した場合でも顔面に醜い癍痕が残るため、忌み嫌われていたとの記録がある。**

- ・1663年米国、4万人のインディアン部落が壊滅状態。**
- ・1770年インド、300万人が死亡。**
- ・1796年Jenner による種痘が発表された当時、英国では45,000 人が死亡。**
- ・日本では明治年間に、2～7 万人の患者数の流行(死亡者数5,000～2万人)が6回発生。**
- ・第二次大戦後の1946年には18,000人程の患者数の流行(死者、3000人)**

**天然痘ワクチンの接種、すなわち種痘の普及によりその発生数は減少し、WHO は1980
年5月天然痘の世界根絶宣言を行った。以降、世界中で天然痘患者の発生はない。**

Comparison of Variolation and Vaccination

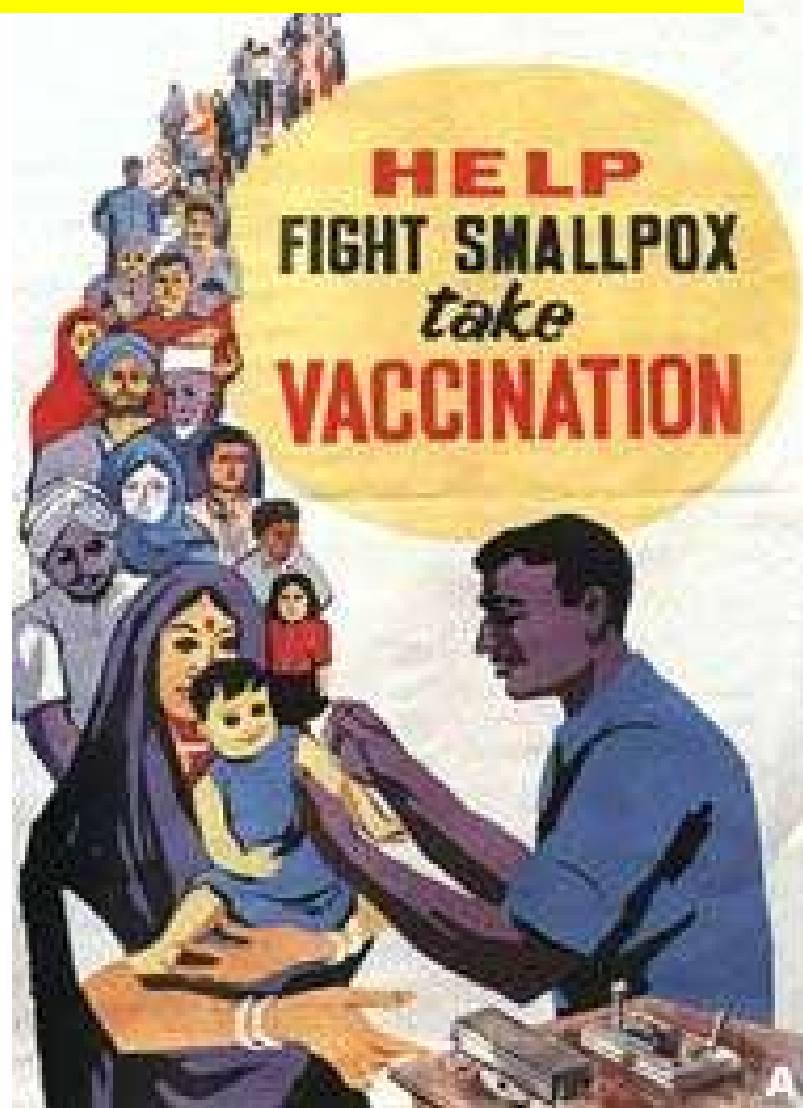
種痘と人痘



Variolation caused a more severe skin eruption, but one much less severe than full-blown smallpox.

Vaccination generally caused a single pustule at the site of inoculation.

WHOの種痘キャンペーンポスター





ウシになるぞ～
ネガティブキャンペーン

FIG. 1. English engraving by James Gilray, 1802, suggesting the alarm that greeted the introduction of the smallpox vaccine (from the National Library of Medicine).

WHOからの 根絶宣言

We, the members of the global commission for certification of smallpox eradication, certify that smallpox has been eradicated from the world.

Geneva December 9, 1979

Eradicate : 根絶する



THE HISTORY OF SMALLPOX IN JAPAN

病いの克服 日本痘瘡史

川村純一 著



思文閣出版

古西義磨

Yoshimaro Konishi

緒方洪庵と 大坂の除痘館



種痘普及に尽力した幕末の医師たち

嘉永二年から明治にかけての二十数年、
天然痘の予防に奮闘した市井の人々を紹介し
その組織運営や啓蒙活動を通じて
洋学が受け入れられていく過程を考察する。

定価(本体2,500円+税) 東方出版

表1 天然痘（痘瘡）ワクチン経緯

1796（寛政 8 年）	ジェンナーによる牛痘接種
1849（嘉永 2 年）	種痘伝来、佐賀藩に始まり各藩に種痘所設立
1877（明治 9 年）	天然痘予防規則制定
1909（明治 42 年）	種痘法公布 種痘に関する法体系の完備
1946（昭和 21 年）	天然痘の大流行 戦後引き揚げ者を中心に約18,000人罹患 約3,000人死亡
1956（昭和 31 年）	天然痘の国内発生終焉
1958（昭和 33 年）	WHO天然痘根絶計画採択
1970（昭和 45 年）	「種痘禍」種痘後脳炎等副反応が社会問題となる
1975（昭和 50 年）	旧千葉県血清研究所により細胞培養弱毒痘瘡ワクチン「LC16・チバ」の製造承認取得
1976（昭和 51 年）	定期種痘廃止
1980（昭和 55 年）	WHO天然痘根絶宣言
1999（平成 11 年）	NYタイムス紙、「ロシア国内の天然痘ウイルスが危険国に流出」と報道
2001（平成 13 年）	米国、テロ対策としては従来の牛皮型ワクチン4,000万人分確保 日本、ワクチン製造の復活、「LC16・チバ」ワクチン250万人分の国内備蓄開始
2005（平成 17 年）	厚生労働省はワクチン5,600万人分の国家備蓄を検討

天然痘は、人類が根絶できた 唯一の感染症

天然痘撲滅から40年以上が経過した。

予防接種という、感染症に対する予防法が確立されたが、
「すべての感染症を撲滅することはできていない」

考えるべき課題はたくさんある

免疫をつかさどる臓器・細胞・分子(全体像)

• 胸腺, 骨髄, 脾臓, リンパ節, …

- B細胞
- T細胞
- NK細胞・NKT細胞
- マクロファージ
- 樹状細胞
- 顆粒球(好中球, 好酸球, 好塩基球)
- 肥満細胞
- 血小板
- …

- 抗原と抗体
- 補体
- 組織適合性抗原
- 接着分子
- サイトカイン・ケモカインと受容体
- CD抗原
- …

免疫機構の分類

◆ 能動免疫と受動免疫

- ◆ **能動免疫**: 感染, ワクチンなど, 直接に免疫系が刺激された後に成立する.
- ◆ **受動免疫**: 母乳, 抗血清(抗毒素), 輸血, グロブリン製剤など, 免疫機能を発揮するものを直接投与する. 免疫補充療法

◆ 体液性免疫と細胞性免疫

- ◆ **体液性免疫**: 抗体が中心となって作用する. 抗体移入で再現できる.
- ◆ **細胞性免疫**: 感作T細胞などが中心となる. 抗体移入では伝達できない.

◆ 全身免疫と粘膜・皮膚免疫

- ◆ **粘膜・皮膚免疫**: 体表面のバリア.
- ◆ **全身免疫**: 体表面のバリアを超えたものに対応する免疫応答.

◆ 自然免疫と獲得免疫

- ◆ **自然免疫**: 自然抵抗性, 皮膚・粘膜の物理障壁, 分泌成分(抗菌物質など), 補体, 食細胞, NK細胞, ある程度の免疫記憶(*trained innate immunity*)
- ◆ **獲得免疫**: 抗体, リンパ球(強い免疫記憶, 感作されて機能を発揮する, 予防接種成立の背景となっている)

*どの階層に至るかは, 病原体(異物)と宿主の状況で変化する.
(種類, 量, 感染ルート, 年齢, 感作状況...)

免疫系調節のしくみ

- i. **免疫細胞間**：免疫担当細胞は沢山の種類から構成されている。それらが、**複雑なネットワークによってバランスが築かれる**。例えばTh1/Th2バランス、酸化型・還元型マクロファージ、様々な液性因子、エイコサノイド。

免疫系自身が行う調節に加え、神経・内分泌系ならびに常在菌叢が調節する

- ii. **神経、内分泌**：からだは脳によって制御される“神経系”、“内分泌系”、“免疫系”の3つの流れがあって全体を調節している。単純な免疫制御を超えた調節がなされる(病は気から)。
- iii. **常在菌叢**：免疫系の発達には、常在菌とのせめぎ合いが重要。(腸内細菌、皮膚・粘膜常在菌)。生れ落ちれば直ぐにこれらの菌にさらされる。胎盤を介して生まれる前に母親の抗体を受け取る意味はここにある。

免疫系の臓器・組織

• 免疫担当細胞を

• 作る場所と

• 働く場所がある.

• 中枢性

– 骨髄

– 胸腺

– ファブリキウス嚢

• 末梢

– リンパ節

– 脾臓

– 粘膜付属リンパ組織

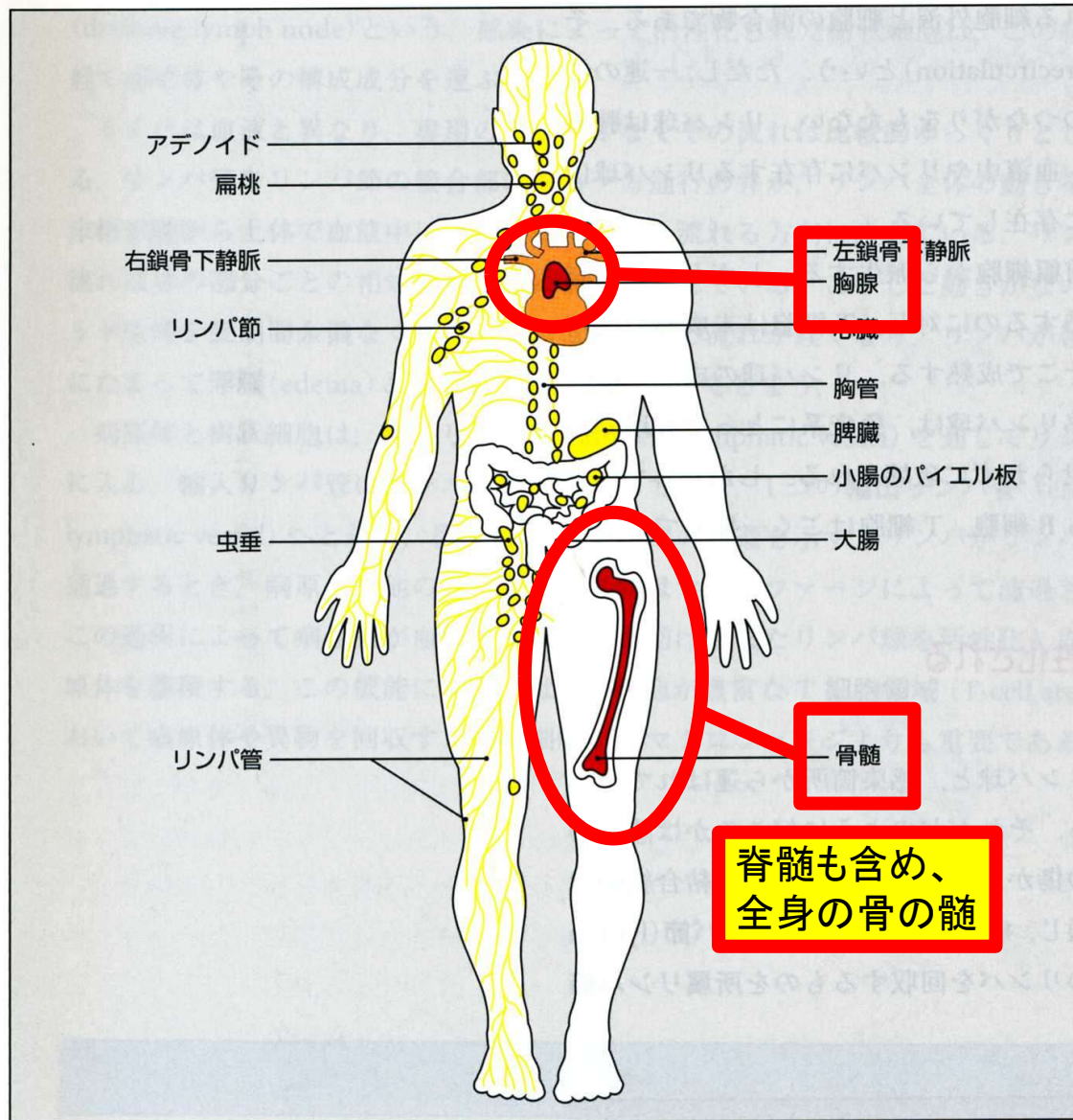
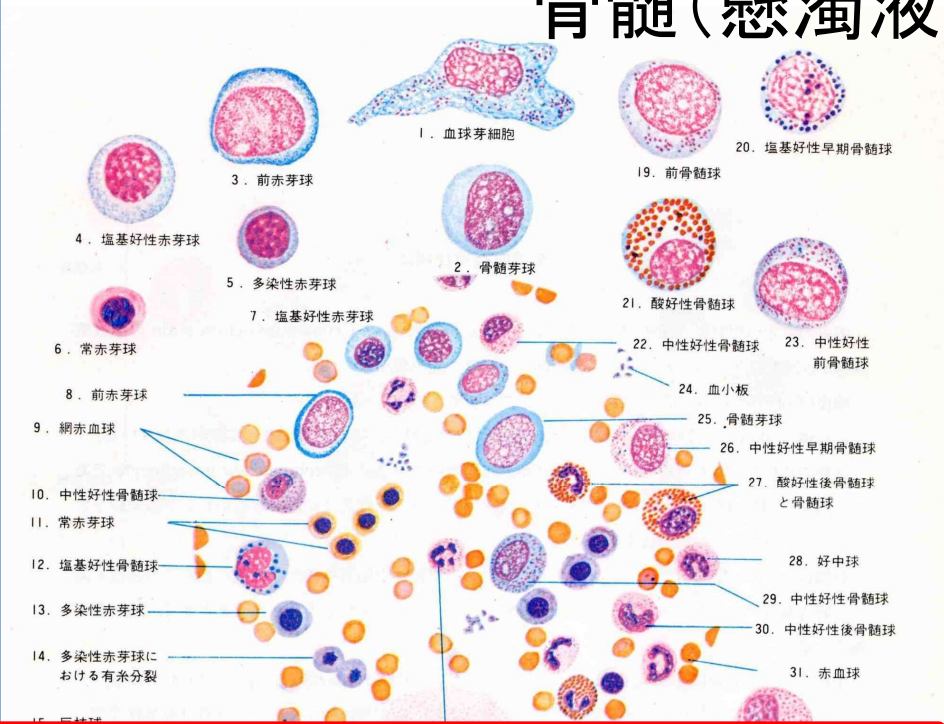


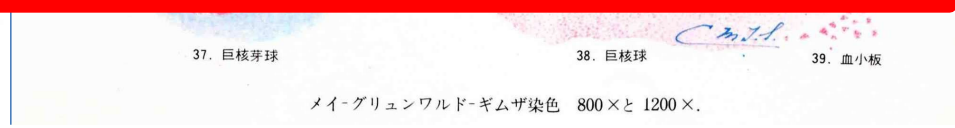
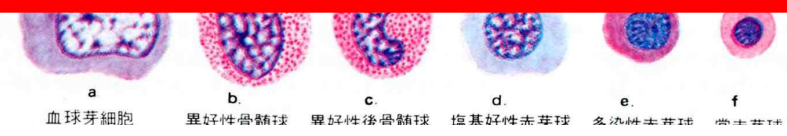
図 1.15 ヒトの体にある主要リンパ組織図
リンパ球は骨髓にある幹細胞から作られる。このうちB細胞は骨髓中で完全に成熟化するが、T細胞は未成熟な状態で骨髓から移動し、胸腺で完全に成熟化する。骨髓と胸腺は一次リンパ組織であり、赤で示す。また、二次リンパ組織およびリンパ管は黄色で示す。血液から漏れ出た血漿はリンパ管で集められ、胸管を介して血液系に戻される。

骨髓(断面)

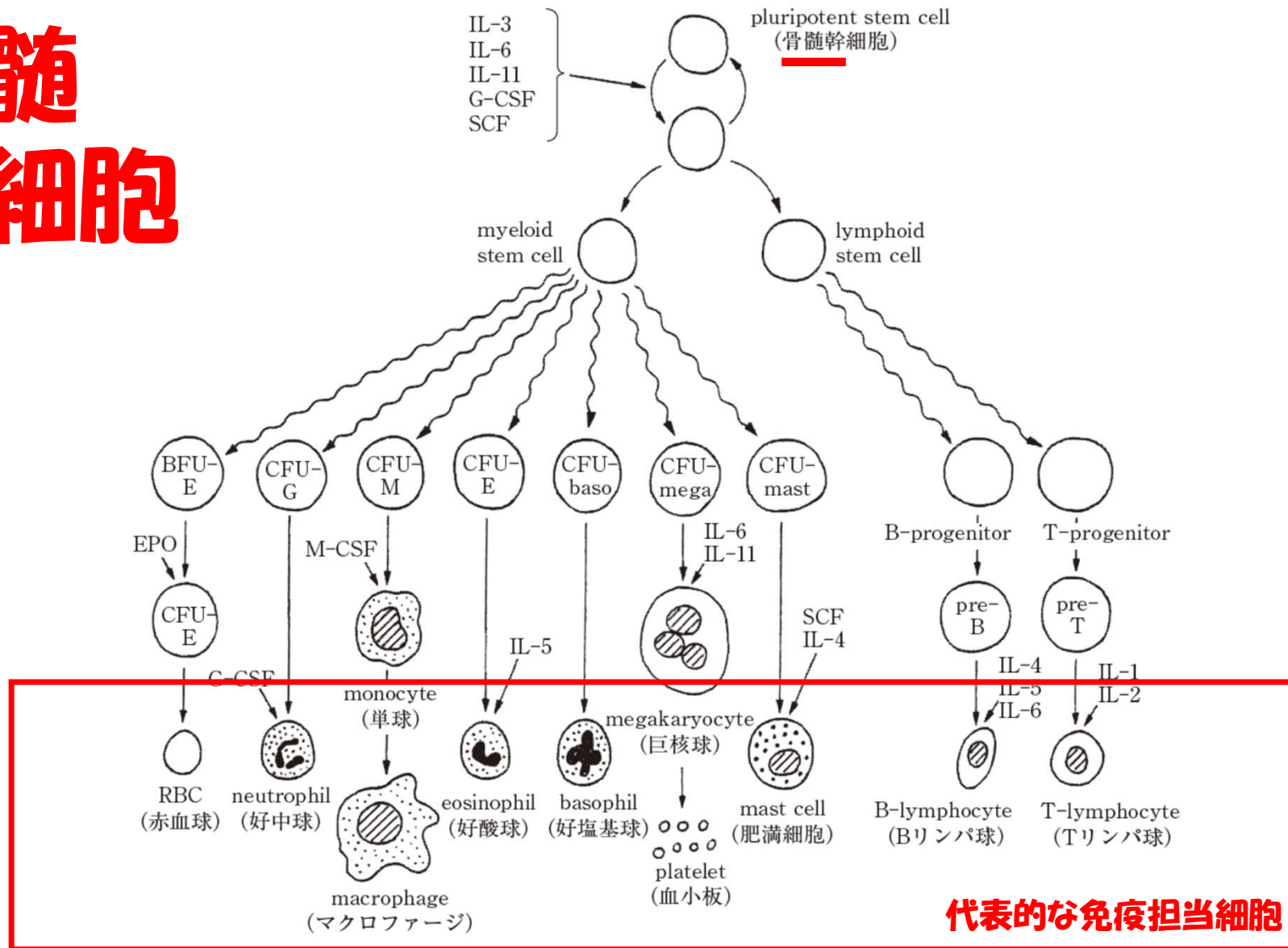
骨髓(懸濁液)



顕微鏡で観察すると、形の異なる、200種類以上の細胞が確認される



骨髓 幹細胞



白血病と闘いながらも、人を思いやり強く生きた日々

あっ子の日記

Akko's Diary

植木 亜紀子 遺文／植木 誠 著



市川團十郎



團十郎復活

六十兆の細胞に生かされて

「市川團十郎コンテ...

「市川團十郎コンテ...



決断 命の一滴

白血病・日本初の骨髄バンク

NHK出版

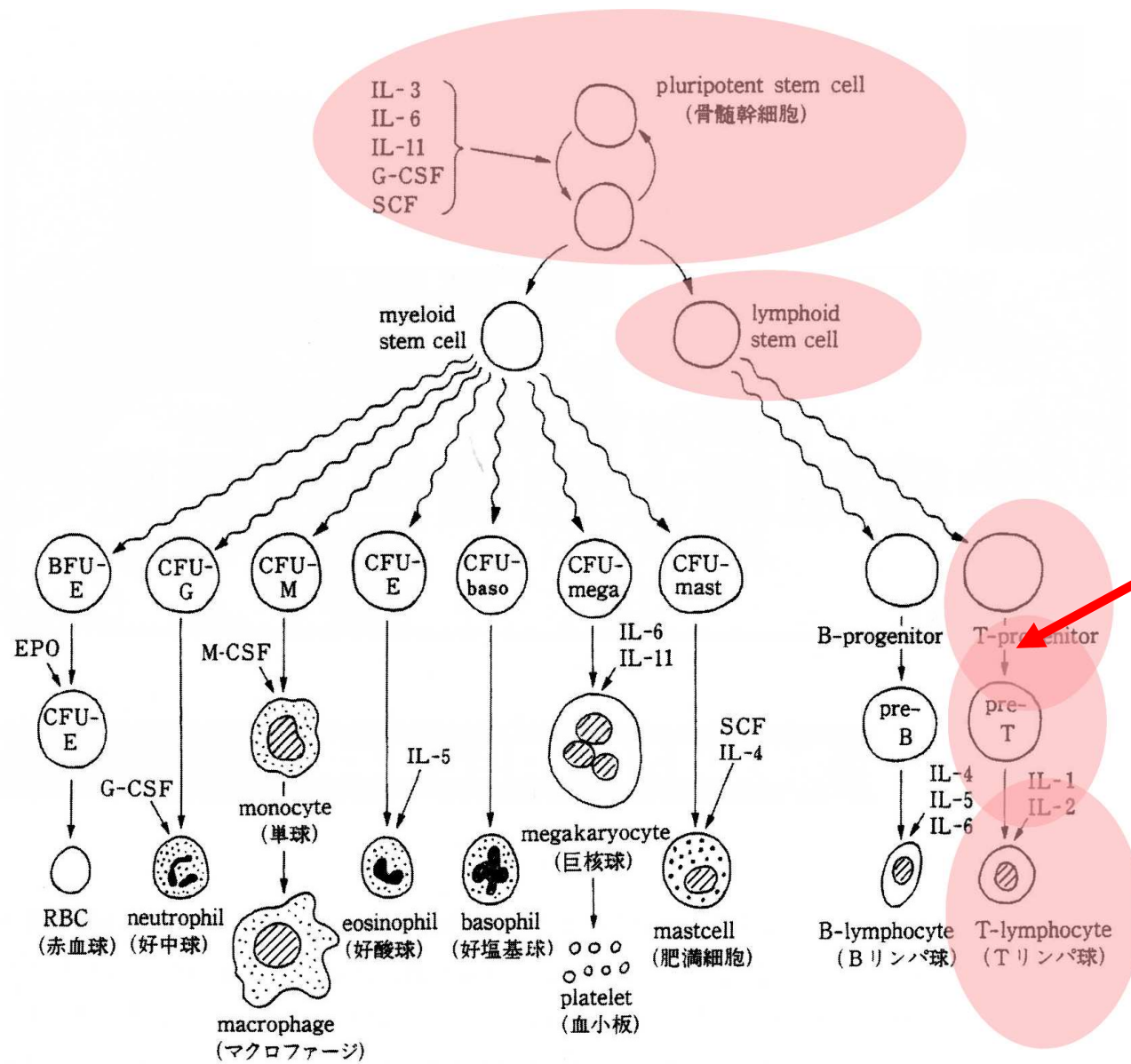


胸腺の機能

- 胸腺が欠損した例
 - ヌードマウス
 - DiGeorge症候群
- 胸腺が無い！
- T細胞が無い！
- 免疫機能が低下。



ヌードマウス（英: nude mouse）とは、胸腺の劣化あるいは欠損を引き起こす突然変異を持つ血統の実験用マウスである。ヌードマウスではT細胞数の著しい減少が生じ、その結果として免疫系が阻害されている。ヌードマウスの表現型あるいは主要な外観として体毛の欠如があり、この特徴によりヌードマウスと名づけられた。ヌードマウスは異なる型の組織や腫瘍の移植に対して拒絶反応を示さないため、研究に有用である。それらの異種移植片は通常は腫瘍の新しい画像化や治療法の研究に利用される。ヌードマウスの遺伝的根拠はFOXN1遺伝子の破壊である^{[1][2]}。



胸腺

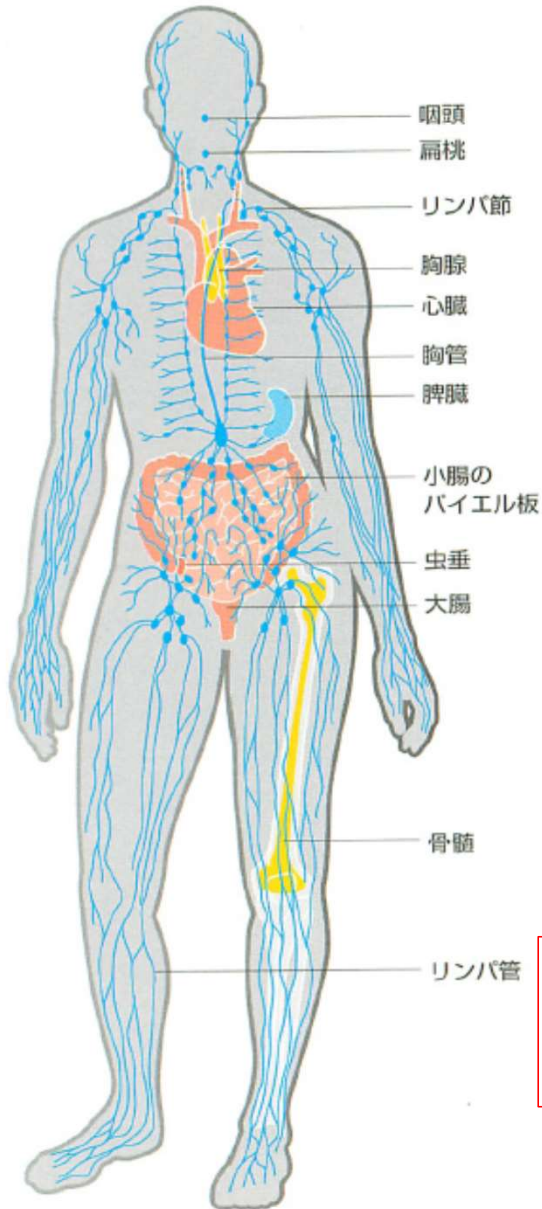
図 2.1 造血幹細胞の分化

ファブリキウス嚢

鳥類におけるB細胞分化の臓器

- 免疫研究は、様々な動物を用いて行われてきた。ニワトリも汎用されてきた。
- 鳥類を用いてリンパ球の分化の研究が行われた際、骨髄で分化したB細胞前駆細胞がファブリキウス嚢にてB細胞へと最終分化することが明らかとなった。そこで、
- B細胞とファブリキウス嚢は、T細胞と胸腺と同等の関係と位置づけられた。ただし、
- 哺乳類にはファブリキウス嚢は無く、B細胞は骨髄で最終分化する。
- 基礎免疫学や比較免疫学の教科書への記載に留まる。

末梢リンパ組織



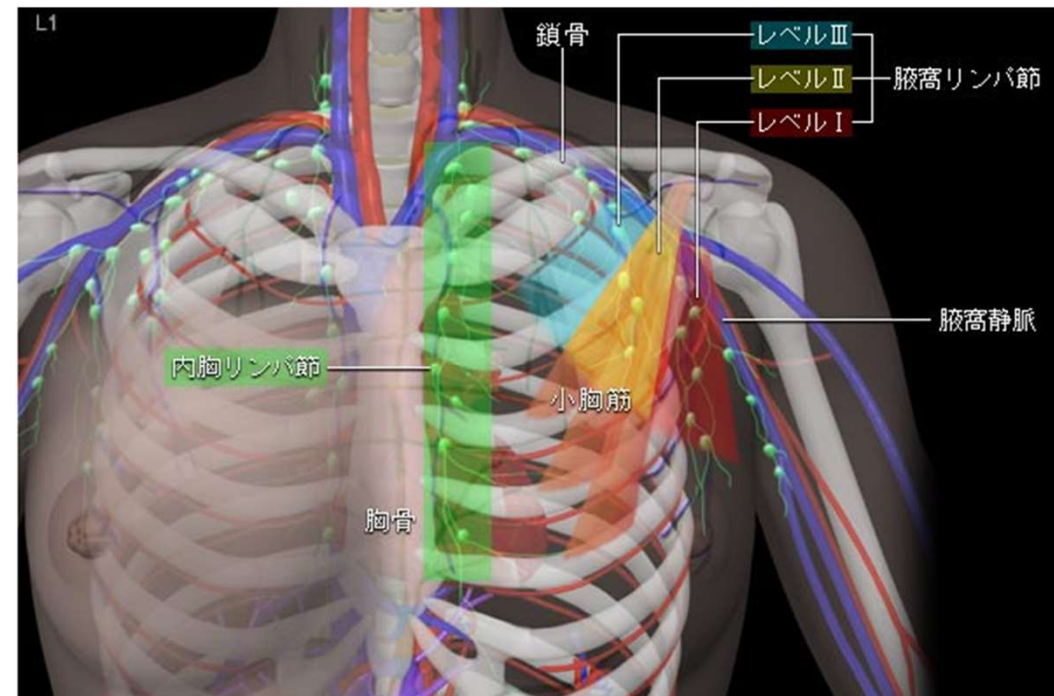
脾臓

リンパ節
全身に散らばる
500以上

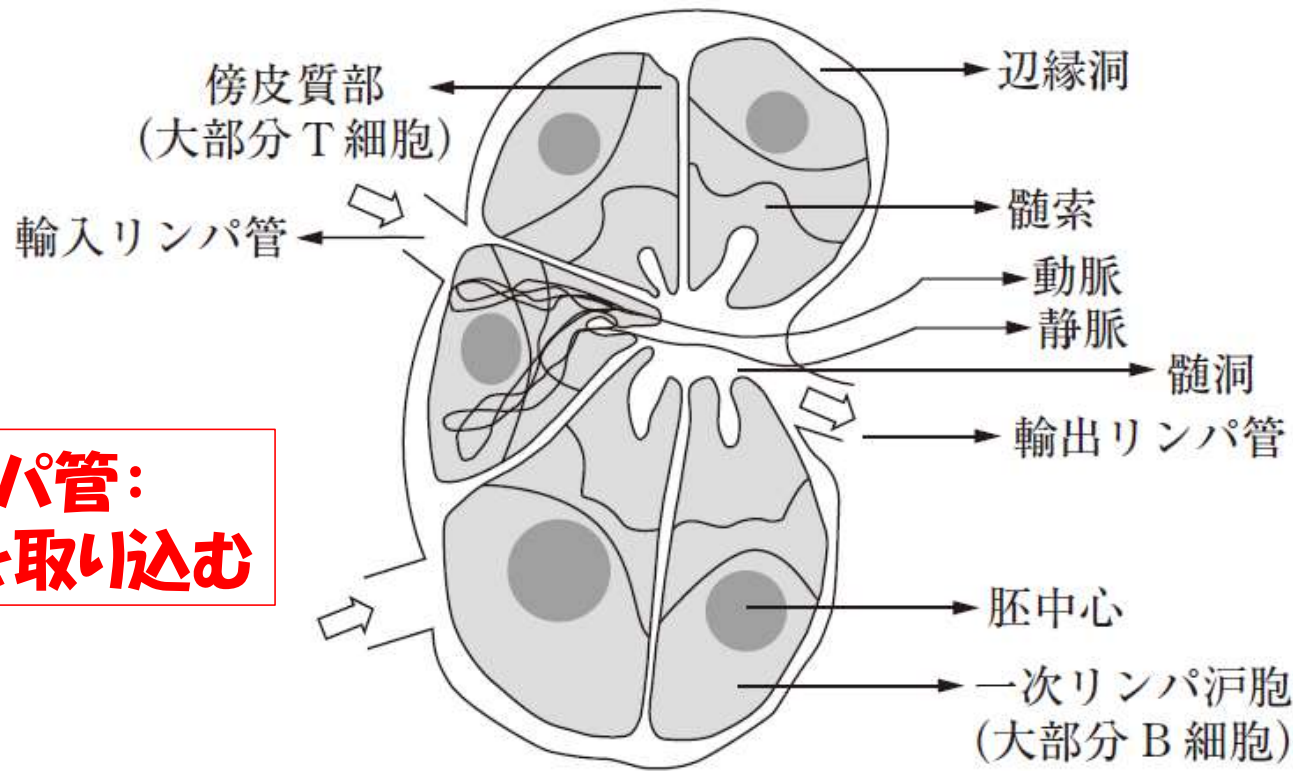
粘膜附属リンパ組織
パイエル板
虫垂 など

働く場所とは
有害物質をトラップ・無毒化
病原体を捕捉・殺菌

乳房周辺や腋窩のリンパ節



リンパ節の模式図

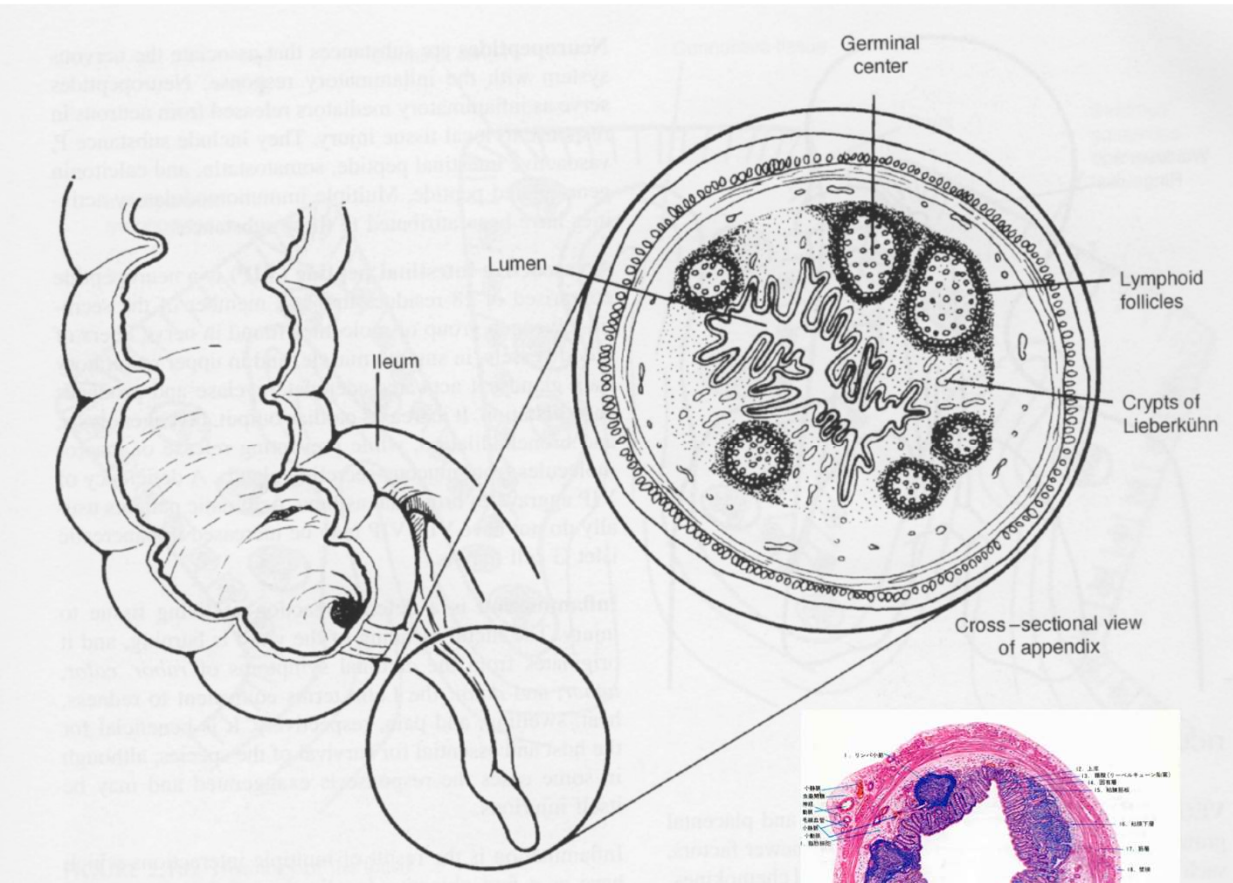


輸入リンパ管:
病原体を取り込む

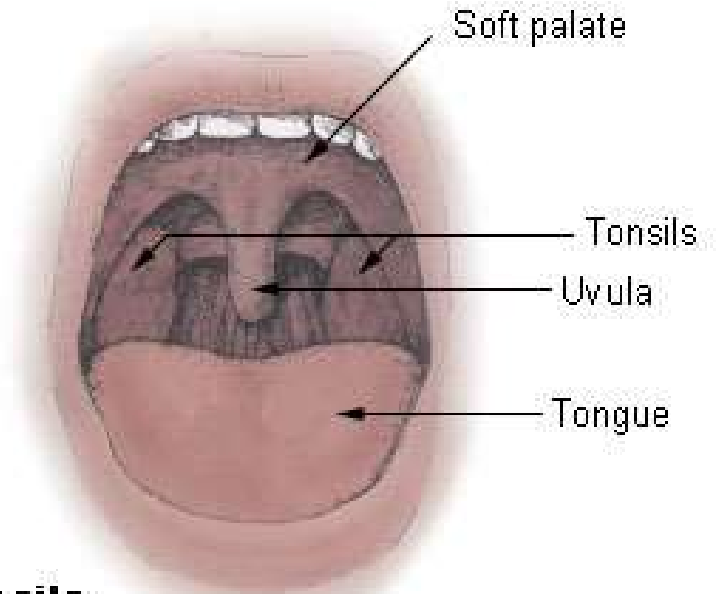
輸出リンパ管:
リンパ組織でトラップ
貪食、殺菌、
きれいなリンパ液を放出

リンパ球で作られた抗体

粘膜附属リンパ組織

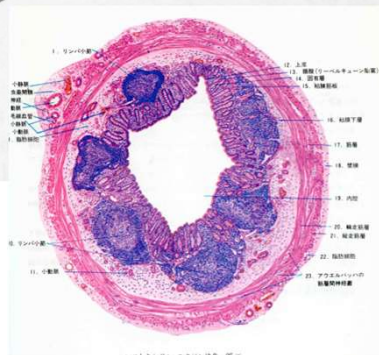


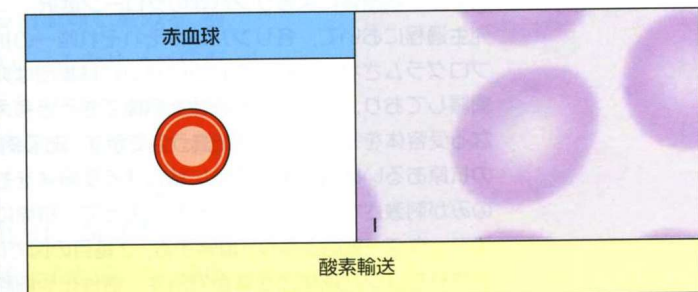
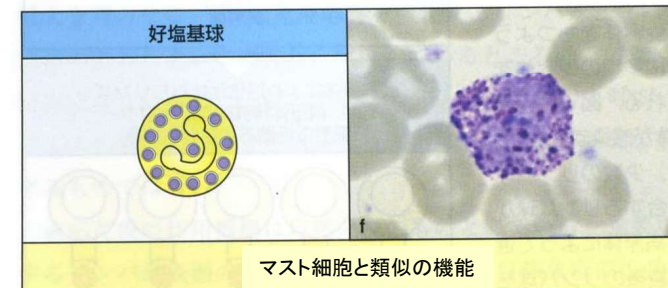
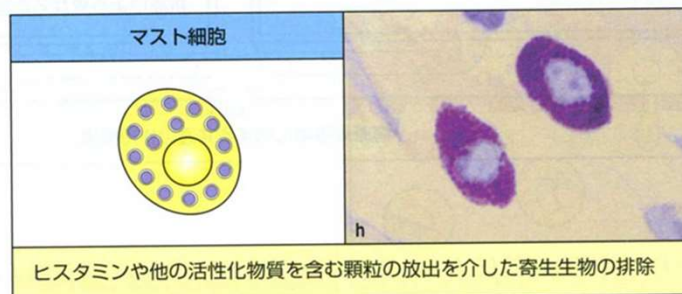
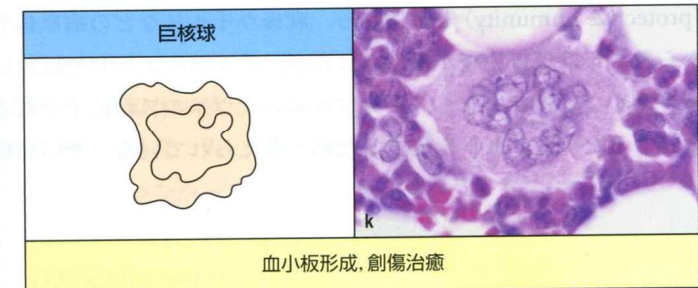
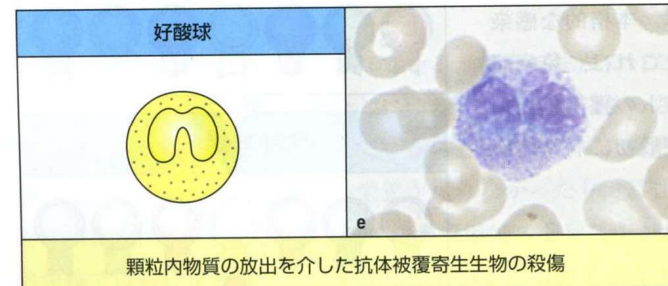
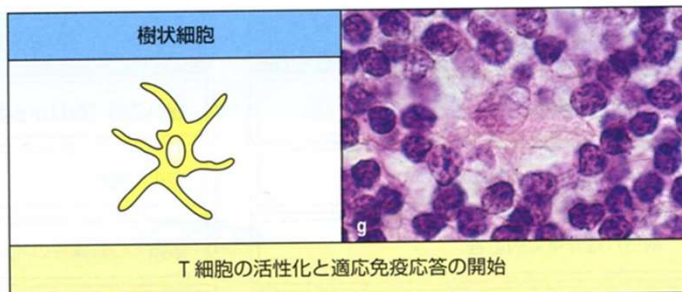
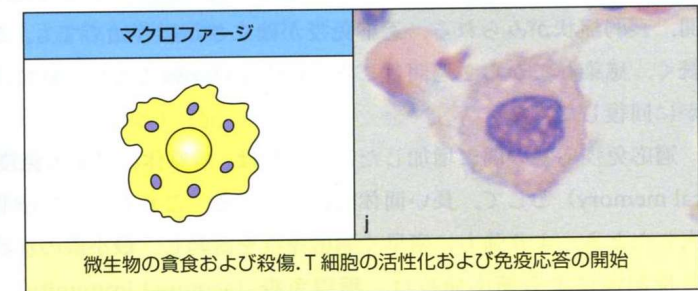
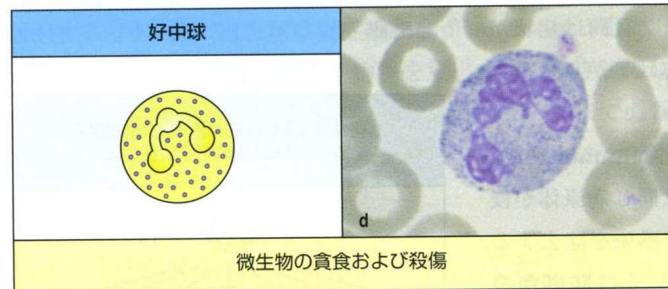
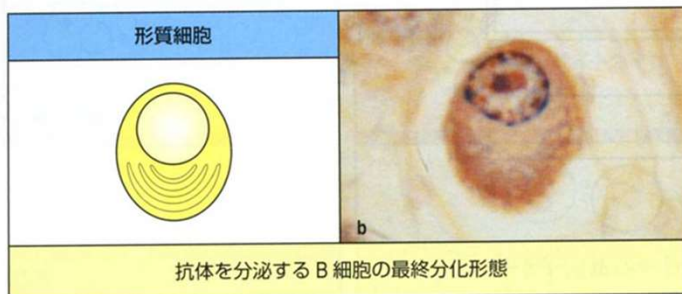
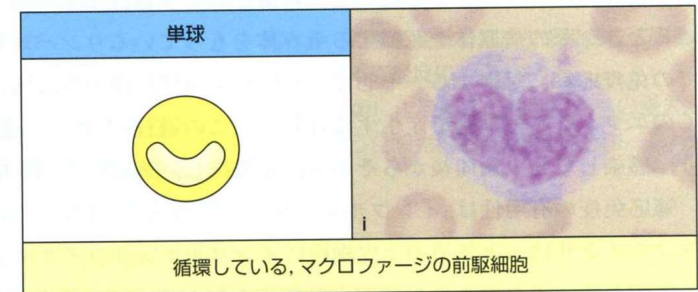
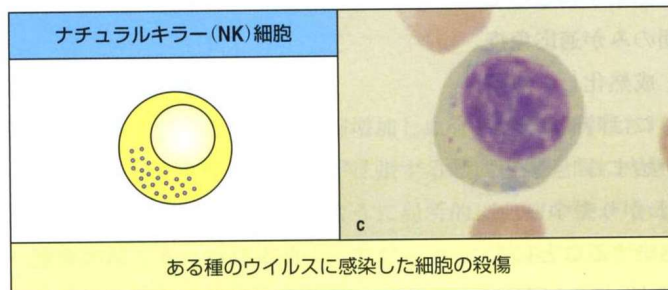
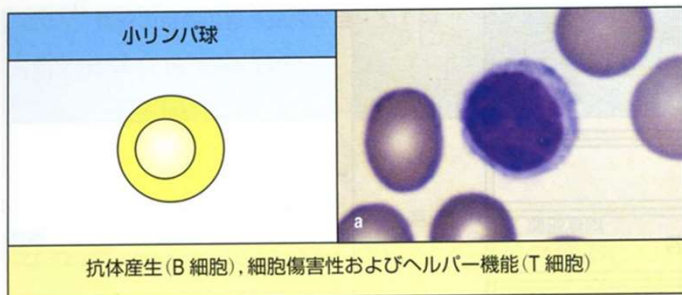
虫垂(盲腸)



Tonsils

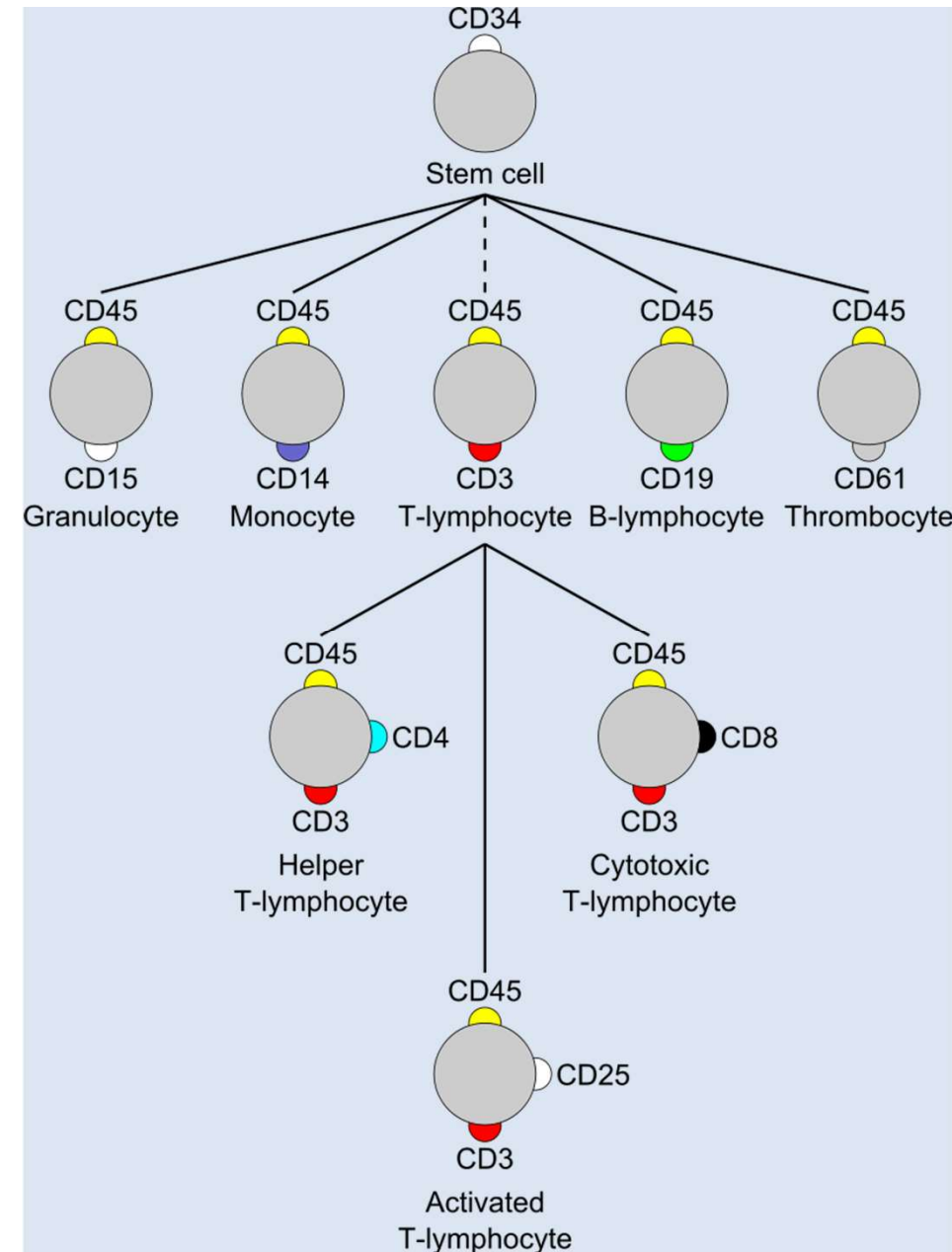
扁桃腺



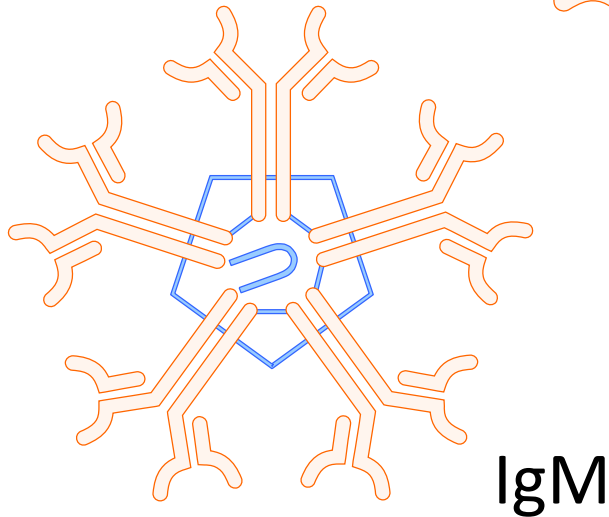
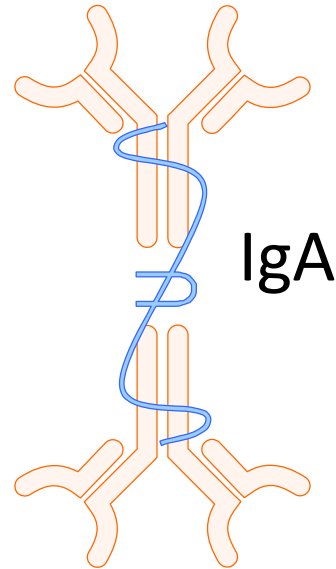
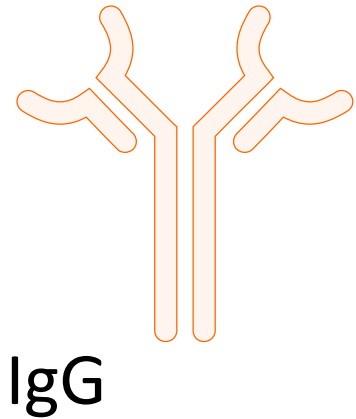


細胞は見た目で区別できる？

- 種類、分化段階、活性化段階など、「見た目」では区別はできないので、背番号を付けた。
- 主に、細胞表面の分子を用いて。
- CD抗原 (Cluster of differentiation)
- 例
- 骨髄幹細胞 (CD34 陽性)
- B細胞 (CD19陽性)
- ヘルパーT細胞 (CD4陽性)
- キラーT細胞 (CD8陽性)
- マクロファージ (CD14)
- HLA (組織適合性抗原)
- 一つの細胞は複数のCD抗原を発現。



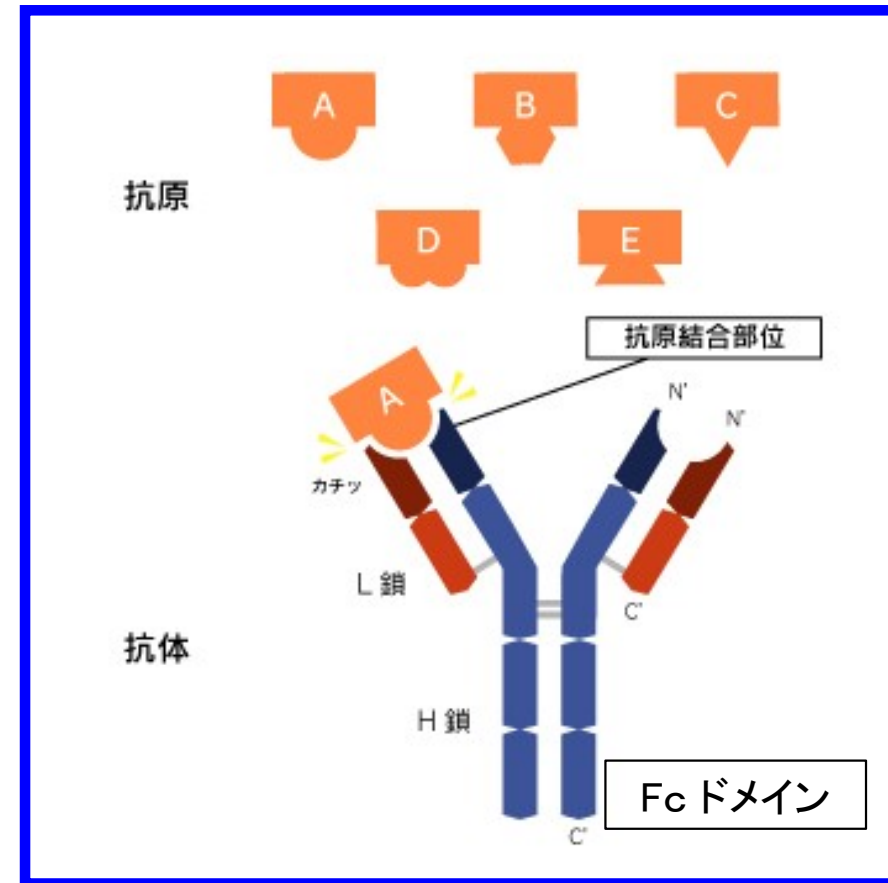
抗体、免疫グロブリン



- Bリンパ球から産生
- 病原体や毒素に結合し、無力化、無毒化する。
- ワクチン接種の目的
- IgG, IgM, IgA, IgD, IgE
- さらにサブクラスに分かれる
- IgG 血中、臓器中の病原体
- IgA(2両体) 唾液、涙など 粘膜
- IgM 初期防御の中心

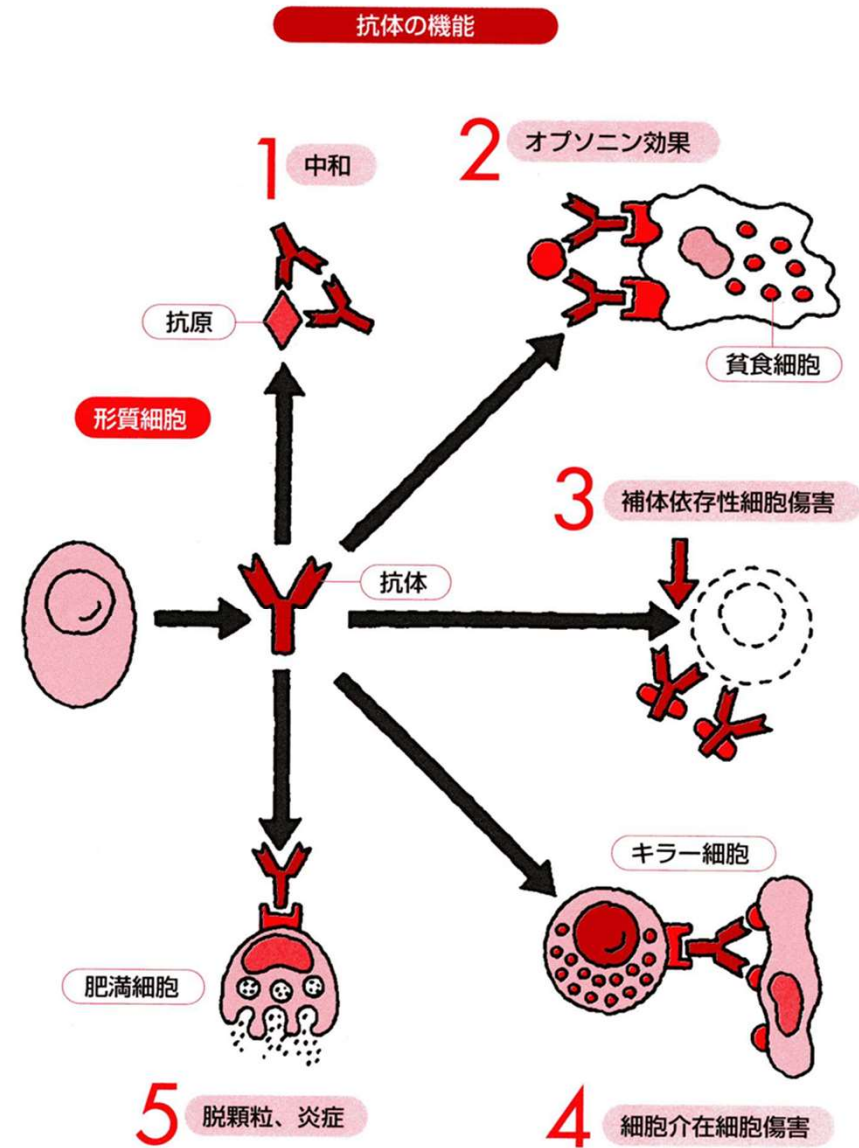
抗原特異性

- 例:インフルエンザウイルスのワクチンは、コロナウイルスには効かない?
- インフルエンザに対する抗体とコロナに対する抗体は**抗原結合部位**の構造が異なる。
- 理由:抗原特異性
- 抗原と抗体の結合:鍵と鍵穴が合う
- 抗体は抗原結合部位とマクロファージなどに情報を伝える部位(Fcドメイン)を持っている。



抗体の機能

1. 抗体単独：毒素の中和作用
2. 食細胞（好中球、マクロファージ）の貪食、殺菌能を高める
3. 補体とともに、溶菌、がん細胞の溶解
4. NK細胞の殺菌能を高める
5. 肥満細胞の脱顆粒（花粉症）
6. その他



抗原Aに
対する特
異的な応
答

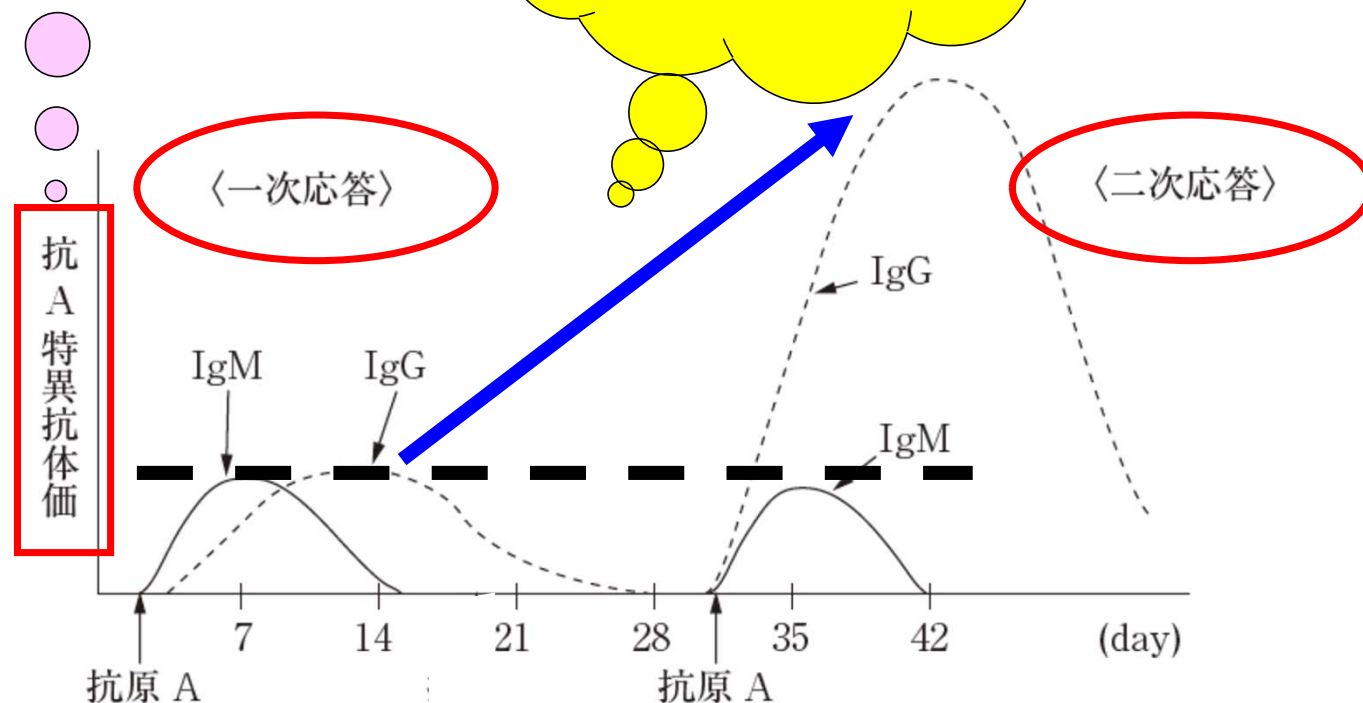
IgGは二次応答
で増量, IgMは
一次・二次で変
化しない

一次応答:

未感作抗原による、初めての刺激。

二次応答:

感作された個体への、二回目以降
の刺激



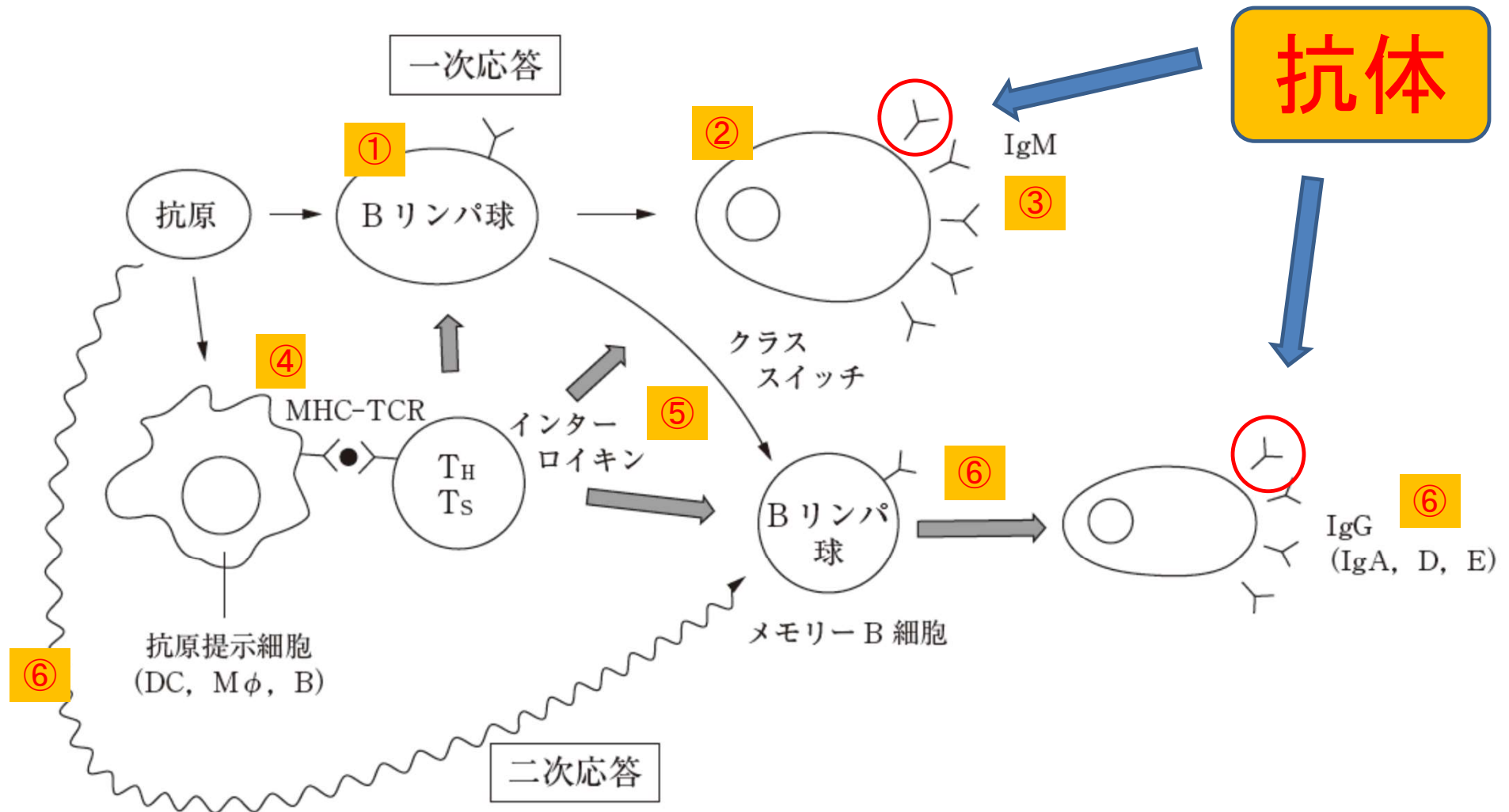
「感作」

抗原で刺激されること

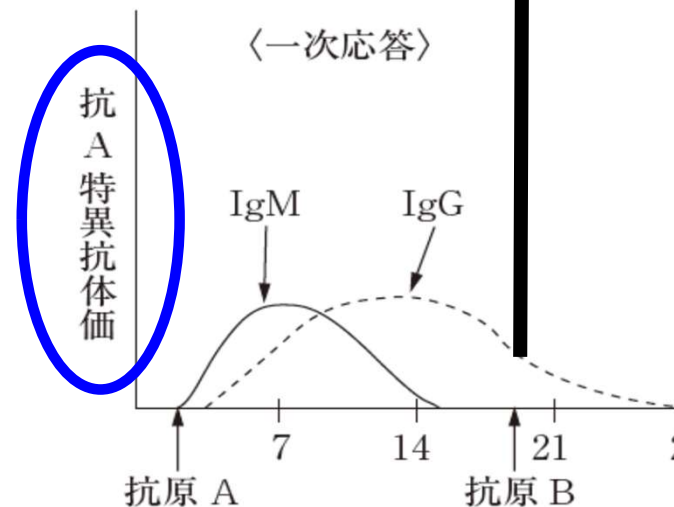
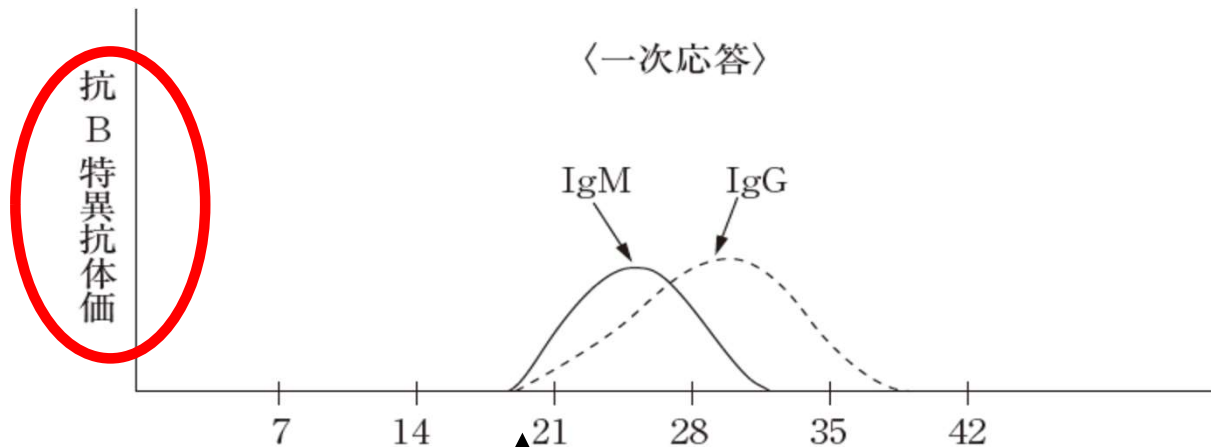
抗体産生機構(一次応答・二次応答)

- ① 抗原はBリンパ球の細胞膜にある、表面免疫グロブリン(slg)に結合する。
 - ② Bリンパ球は活性化・分化して形質細胞になり、抗体を産生。
 - ③ 一次応答では、おもにIgMを産生。
 - ④ 抗原は抗原提示細胞(樹状細胞、マクロファージ)によって処理され、細胞表面の組織適合性抗原MHCクラスIIに結合して細胞の表面にでる。
 - ⑤ 抗原提示細胞は、T細胞を活性化し、サイトカインを産生して、Bリンパ球を分化させ、IgG抗体を産生する(二次応答)
 - ⑥ 二次応答では、IgG(または、IgA, IgE)産生が高まる。
- ※ 抗原特異的に起きる(クローン選択説)

抗体産生の調節機構



免疫応答における抗原特異性とは

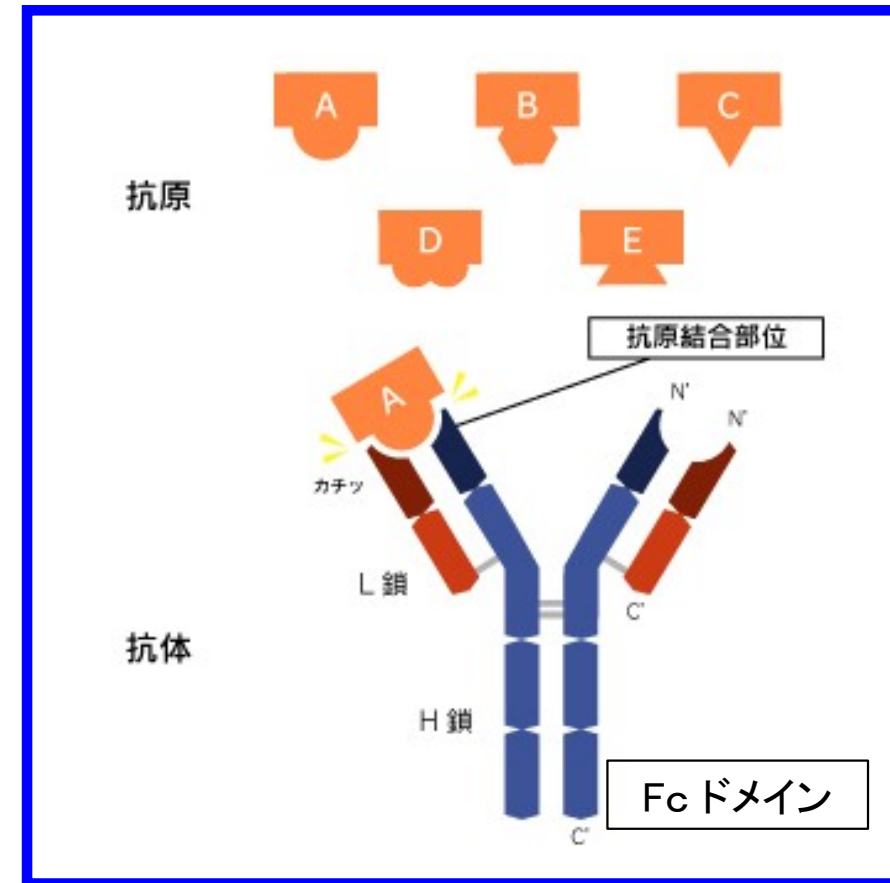


抗原Bを投与した時は、
抗原Bに特異的な抗体が産生される。
(クローン選択説)

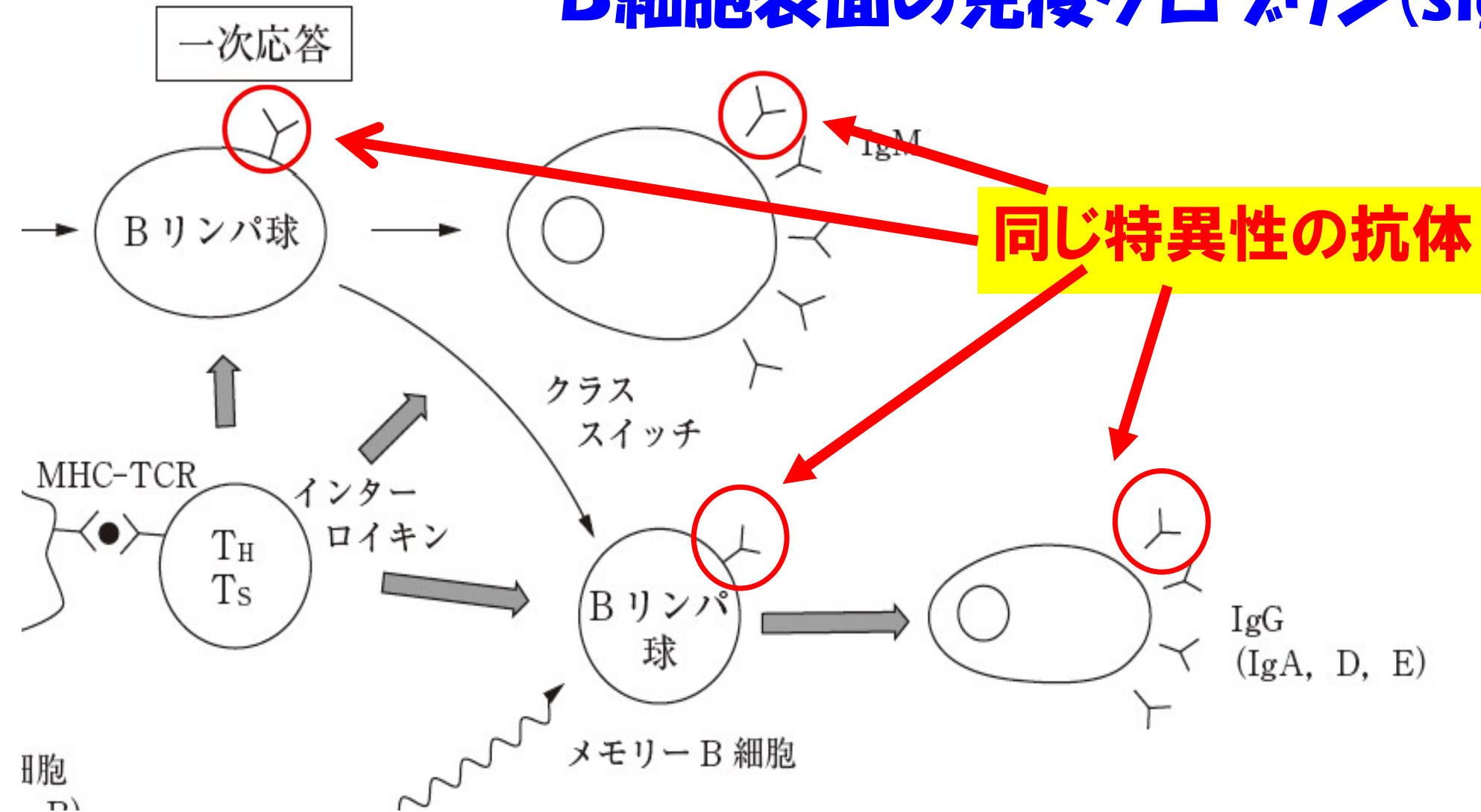
総IgM, IgGの濃度は、ほぼ不変

抗原特異性

- 例:インフルエンザウイルスのワクチンは、コロナウイルスには効かない?
- インフルエンザに対する抗体とコロナに対する抗体は**抗原結合部位**の構造が異なる。
- 理由:抗原特異性
- 抗原と抗体の結合:鍵と鍵穴が合う
- 抗体は抗原結合部位とマクロファージなどに情報を伝える部位(Fcドメイン)を持っている。

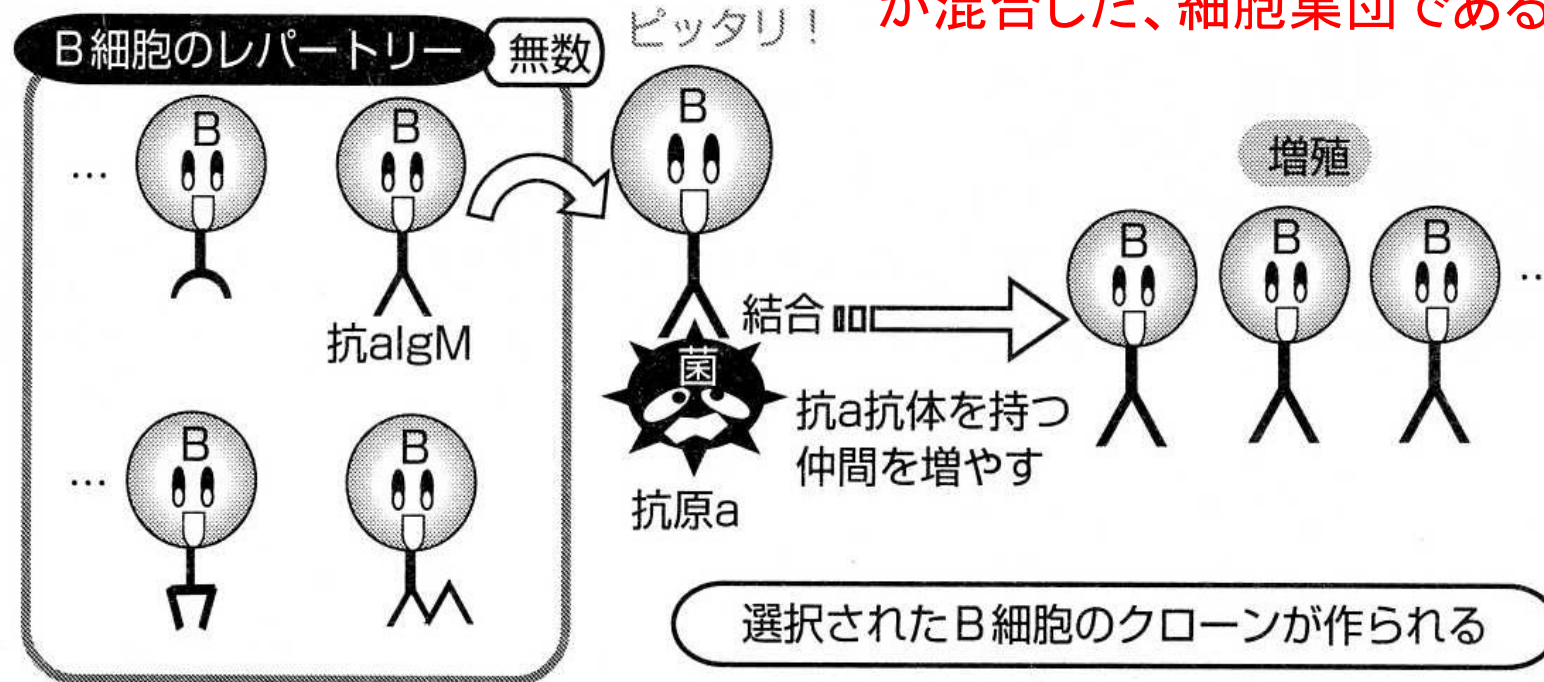


B細胞表面の免疫グロブリン(slg)



リンパ球のクローン選択説

リンパ球は、様々なレパートリーを持ったものが混合した、細胞集団である



リンパ球は特定の抗原と出会う前からある1つの抗原と反応するように、分化の段階ですでに運命づけられている。そして1つの抗原は、無数のリンパ球のレパートリーの中から特異的に結合するリンパ球だけを選択し、その細胞を増殖させる

選ばれたレパートリーのBリンパ球のみが増殖し、抗体を産生する

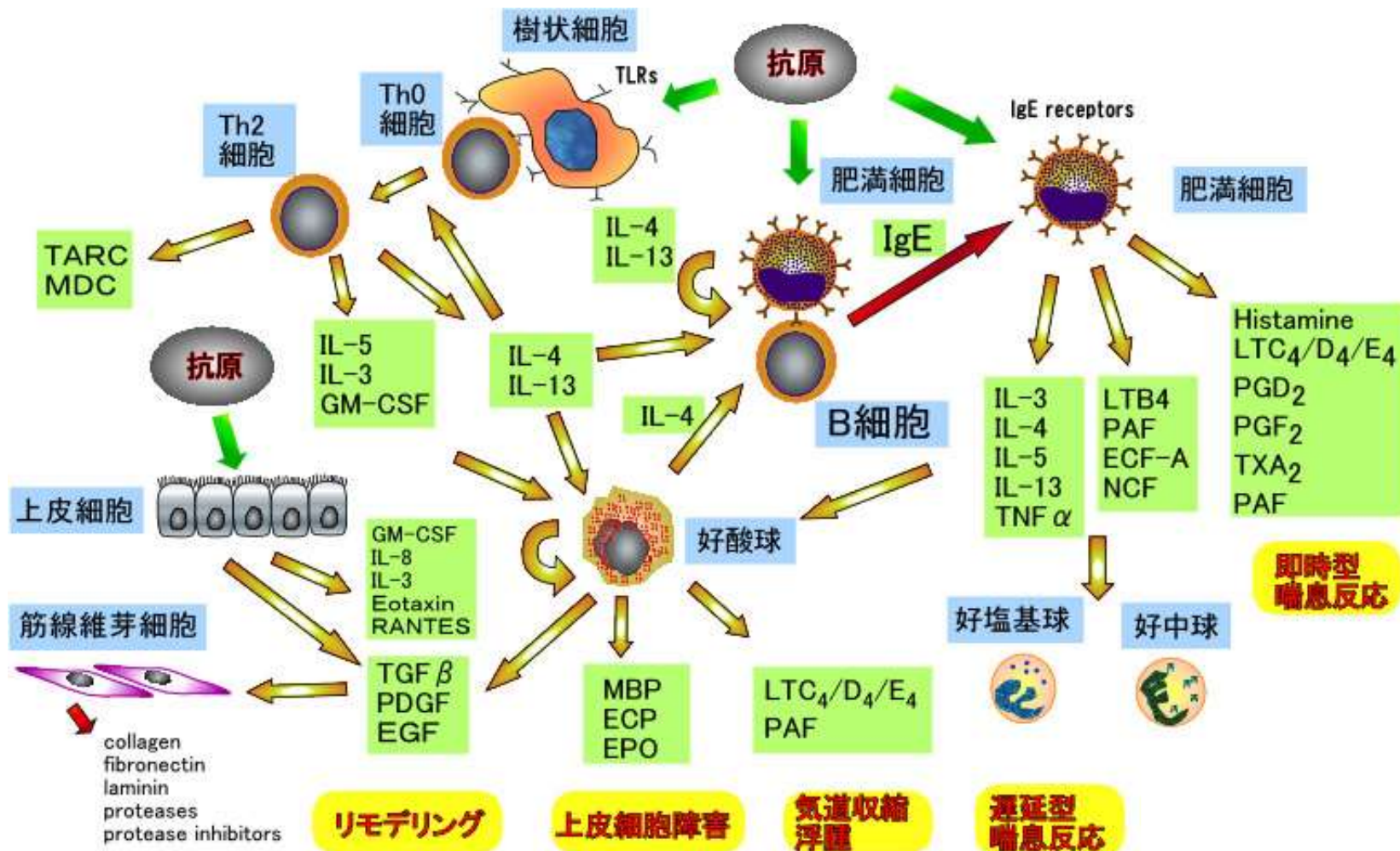
休み時間の免疫学より

サイトカイン(総称)

- 白血球、リンパ球から産生されるタンパク質
- 特異的受容体を介した細胞間の情報伝達分子
- インターフェロン、インターロイキン、ケモカイン、など100種を超える
- 組換え体が医薬品として使用されている

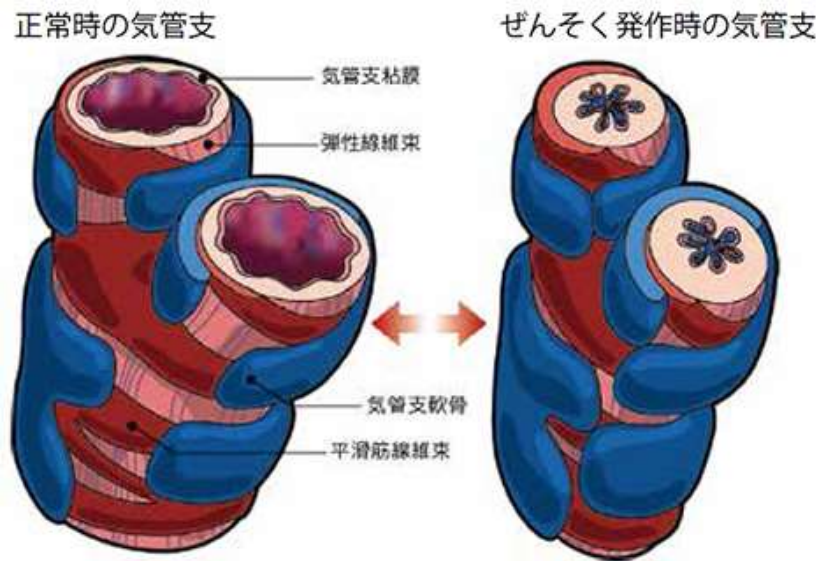
- 例)
- G-CSF:好中球の増殖
- IL-2:T細胞の増殖
- IL-8:好中球の遊走
- TNF:マクロファージ活性化、発熱
- TGF- β :免疫抑制

サイトカイン・ネットワーク(例示:喘息)



喘息

アレルギーに応答して、気管支が収縮する。
呼吸困難、咳、痰、・・・

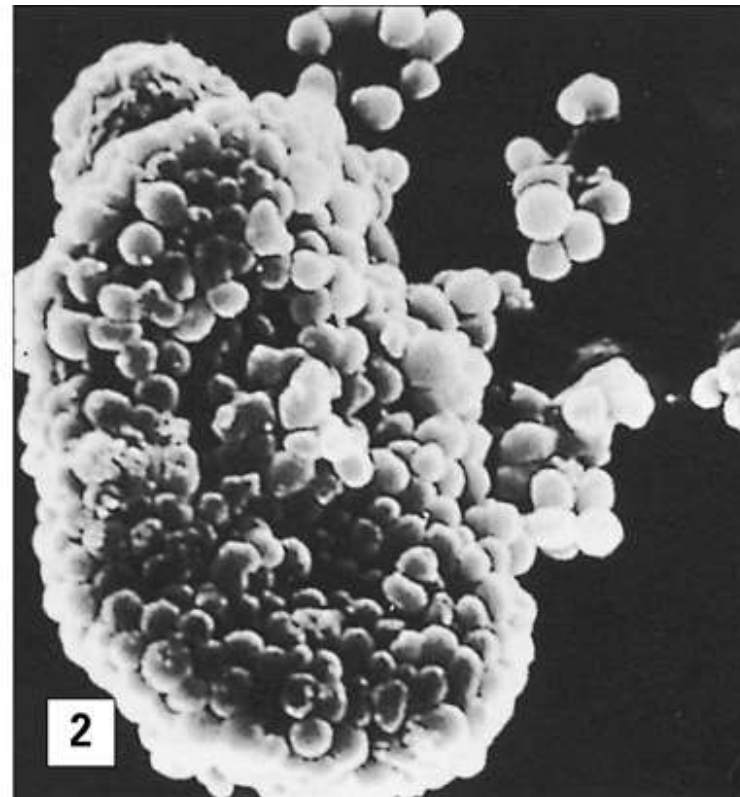
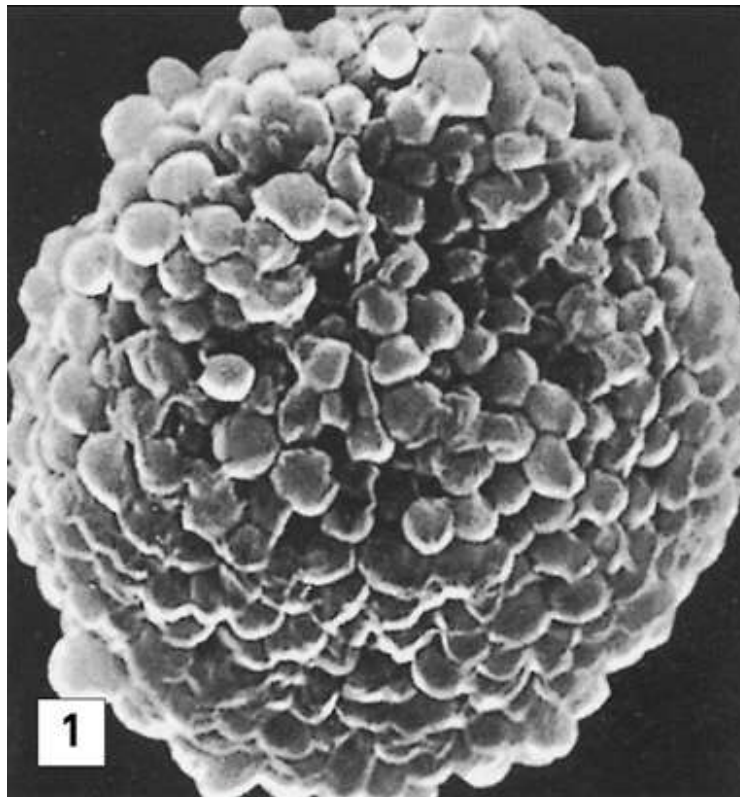


日本呼吸器学会資料より

- ① ヘルパーT細胞2型(Th2細胞)は、IL4, IL13を産生し、B細胞をIgE産生細胞に分化させる(アレルギー特異的IgEの産生)。
- ② 肥満細胞は、様々なサイトカインを産生し炎症を増悪する(アレルギーに応答する)。
- ③ Th2細胞の産生するIL-3, IL-5, GM-CSFは好酸球を活性化し、多数の組織傷害分子を産生(アレルギーに応答する)。
- ④ 気管の収縮、障害、リモデリングなどが起きる(アレルギーに応答する)。

ラット腹腔の肥満細胞

(右, アレルゲンに反応して脱顆粒したところ)



ヒスタミン
サイトカイン
ロイコトリエン
プロスタグランジン

などを産生する

我々の 歩いて来た道

—ある免疫学者の回想—

石坂公成

ラホイヤアレルギー免疫研究所名誉所長

科学には 国境がない。

滞米35年間におよぶ研究生活で、アレルギーの機序を解明。文化勲章、日本国際賞など数多くの栄誉を受け、市民権なしでアメリカ免疫学会会長を務める一方、多くの国際的研究者を育成した、石坂公成・照子夫妻の半生の軌跡。

黙出版 定価 本体3800円(税別)



KIMISHIGE ISHIZAKA

The
Way

我々の 歩いて来た道

—ある免疫学者の回想—



石坂公成

ラホイヤアレルギー免疫研究所名誉所長

IgEを発見

かつて「アレルギー性疾患は個人の体質によるものだと考えられており、血清中の抗体は診断的価値はあっても疾患の発現には関与しないというのが常識であった」(米ラホヤアレルギー免疫研究所・石坂公成氏)。

その“常識”を覆したのは、石坂夫妻による1966年のIgEの発見であった。

これを機に、免疫学・細胞生物学の手法でアレルギー疾患を解析・研究することが可能になり、病態理解や治療は飛躍的な進歩を遂げた。

医薬品としての免疫分子

- **ガンマグロブリン(IgG)・・・献血から分離(重症感染症治療)**
- **抗体医薬品・・・遺伝子組換え技術、50種以上が利用されている。**
 - **抗PD-1抗体 (オプジーボ、免疫チェックポイント阻害剤 本庶佑先生、ノーベル賞)**
 - **抗TNF α 抗体(レミケード、関節リウマチ、クローン病、などの治療)**
 - **抗IL-6抗体(アクテムラ、関節リウマチ、キャスルマン病、などの治療)**
- **サイトカイン類・・・遺伝子組換え技術、**
 - **インターフェロン(白血病、がん、ウイルス血症の改善)**
 - **G-CSF(白血球減少症治療)**
 - **IL-2(血管肉腫、腎がん)**

B 血液の組成 血液は、有形成分である赤血球・白血球・血小板と、液体成分である血しょうからなる。

●ヒトの血液の組成 ヒトの血液の総量は、体重の約 13 分の 1 である。

成 分		形	大きさ (直径)	数(血液 1mm ³ 中)	生成器官	破壊器官	寿命	はたらき
有形成分 (45%)	赤血球	円盤状 無核	7 ～ 8μm	男 410 万～ 530 万個 女 380 万～ 480 万個	骨髓 (胎児は肝臓・ひ臓)	肝臓 ひ臓	120 日	ヘモグロビンによる酸素の運搬
	白血球	球形 有核	6 ～ 20μm	4000 ～ 9000 個	骨髓(生成) ひ臓・リンパ節(増殖)	ひ臓	3 ～ 21 日	食作用による細菌の捕食、抗体 生産による免疫作用(▶ p.162)
	血小板	不定形 無核	2 ～ 3μm	20 万～ 40 万個	骨髓	ひ臓	7 ～ 10 日	血液凝固作用(▶ p.151)
液体成分 (55%)	血しょう	水：約 90% タンパク質(アルブミン、グロブリン、フィブリノーゲンなど)：約 7% 脂質、無機塩類、グルコース(血糖、▶ p.160) などを含む						赤血球など有形成分の運搬。 CO ₂ 、栄養分、老廃物などの物質の運搬。抗原抗体反応の場



血液は血球と血漿から構成される。

血漿は多数のタンパク質を含む。

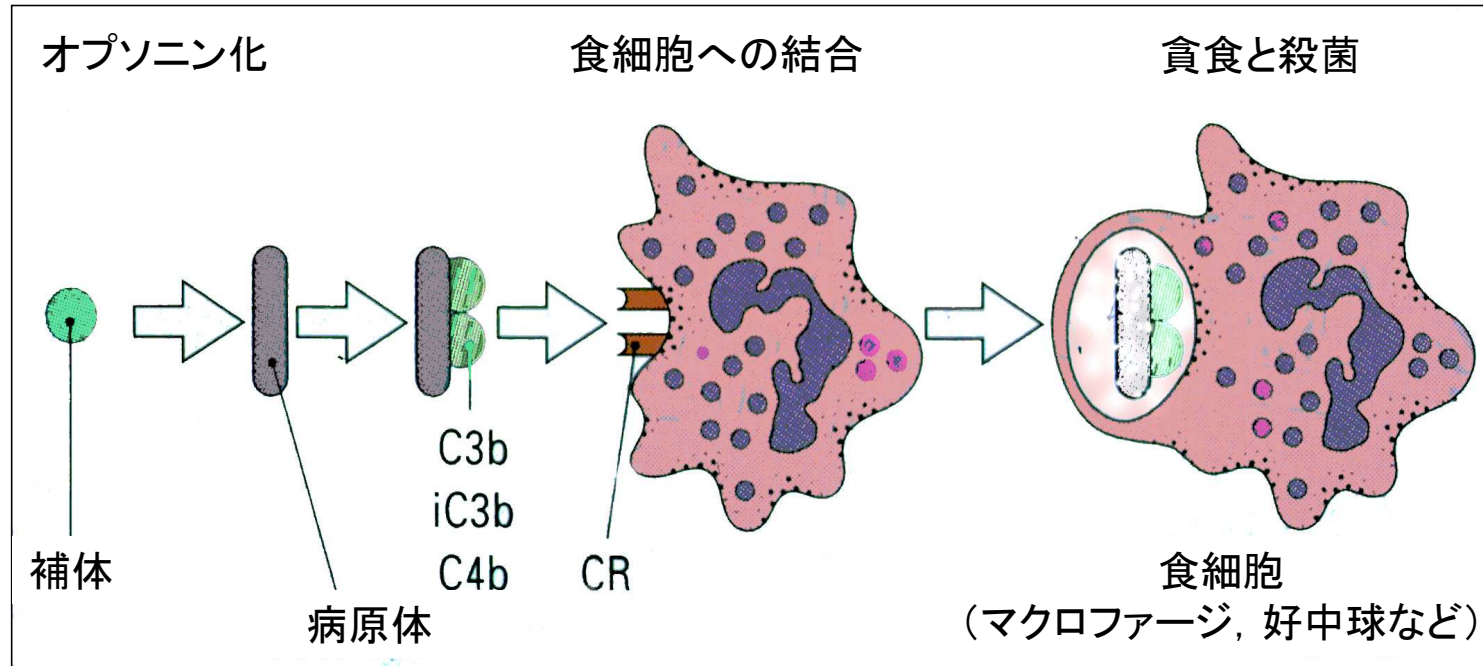
出血時に血液が固まるのは、凝固システムの活性化による。
プロトロンビン・トロンビン、ヒブリンノゲン、フィブリンというカスケード反応は
良く知られている。
凝固塊が溶ける線溶もカスケード反応である。

補体は代表的な血漿成分であり、刺激が加わると活性化し、一連の反応を起こす。

血管が傷つくと、その部位に血小板が集まり、血小板から放出される因子が血しょう中の Ca^{2+} などと協同して作用し、血しょう中のプロトロンビンからトロンビンを生成する。トロンビンは、血しょう中のフィブリノーゲンをフィブリンにする。フィブリンが集まってできた繊維は血球を包みこみ、かたまり(血べい)を生じる。血管の傷が修復するとともに、血管の内皮細胞からプラスミノゲンアクチベーターという物質が分泌される。この物質のはたらきでプラスミンという酵素が活性化されて、不要になった血べいのフィブリンが分解される。この現象を線溶(フィブリン溶解)という。

補体の役割: オプソニン化と貪食

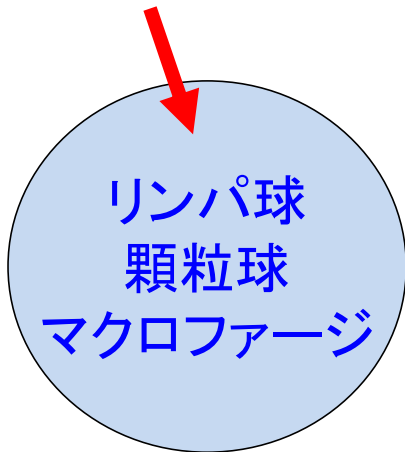
- 補体は血液(血漿)成分
- 約20種のタンパク質で構成
- 不活型で存在
- 条件が整うと活性化
- 多機能
- 貪食・殺菌を増幅
- アナフィラキシーの原因



- ① 補体成分の一部が切り取られることで活性化し、細菌の表面に結合する(オプソニン化)。マクロファージは補体受容体を持っていて、補体と補体受容体が相互作用することで、食作用が促進される。
- ② 細菌に感染すると、ある種の補体は複合体を形成し、細菌の細胞膜に挿入される。この補体の複合体が挿入されると(MAC: membrane attack complex), 細胞膜に穴が開き、細菌は溶解する。

免疫担当細胞の産生する 細胞障害因子

刺激・感染・・・



- ・ 活性酸素
- ・ 酸化窒素
- ・ パーオキシナイトライト(ONOO)
- ・ ジ亜ハロゲン酸
- ・ プロテアーゼ
- ・ ペルオキシダーゼ
- ・ リパーゼ
- ・ 殺菌ペプチド(デフェンシン・・・)
- ・ 塩基性ペプチド(MBP・・・)

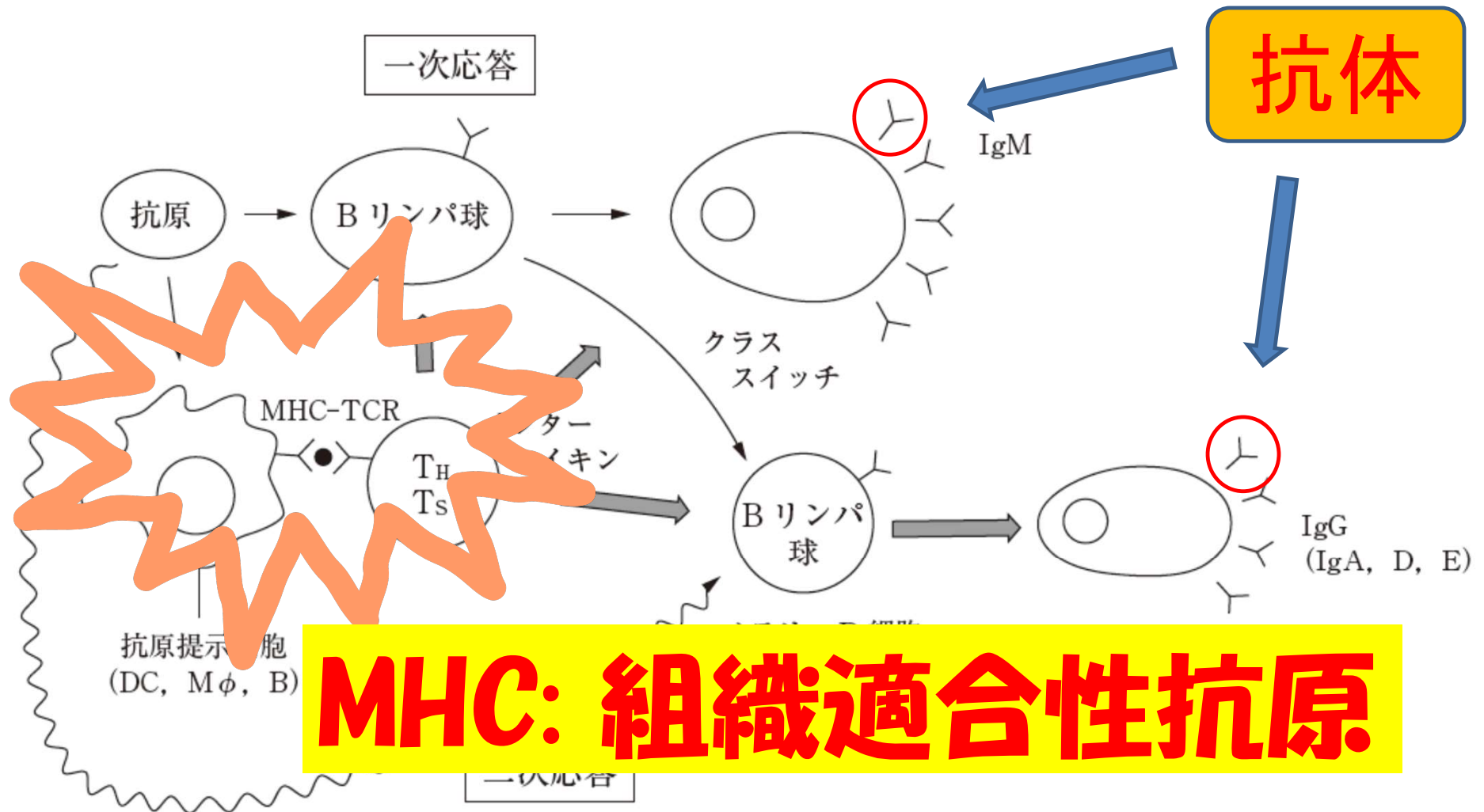
- ・ 細胞障害因子は非特異的な毒作用によって、微生物や癌細胞を破壊。
- ・ 一方で、正常の組織障害・遺伝子変異を惹起

組織適合性抗原 (自己と非自己の識別)

- 免疫の最も重要な役割の一つ
- 自己と非自己の識別
- 老化、変異、がんなどを排除
- 移植はできない
- メリット
 - 外敵に強い(種が減びにくい)
- 親から子に伝わる仕組みを用いている(MHC, HLA)



抗体産生の調節機構



組織適合性抗原(MHC、HLA)

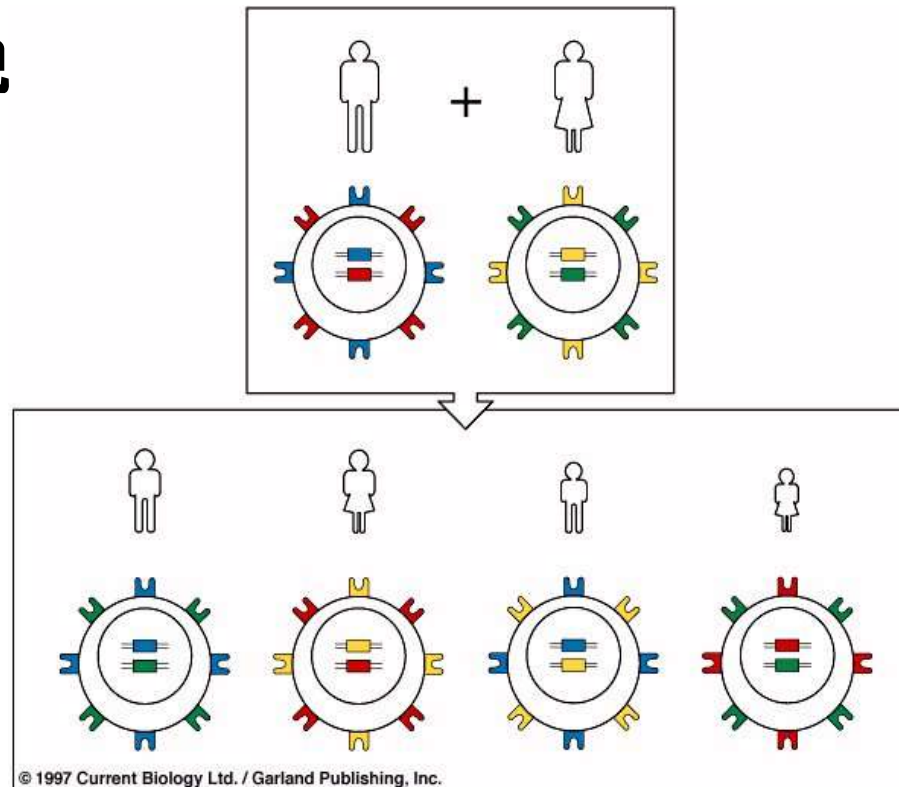


クラス I : ほぼ全ての細胞に発現

クラス II : 抗原提示細胞に発現

親から子に受け継がれる

「自己」を表現している。
多様性が高い(対立遺伝子)
移植のキー分子
多機能分子
Tリンパ球に抗原提示



HLA(組織適合性抗原)からみた 親子・兄弟姉妹の関係

父	A2-B51-Cw1-DR4-DQ1 A11-B52-Cw7-DR8-DQ3	母	A24-B61-Cw9-DR9-DQ4 A26-B44-Cw10-DR15-DQ7
子 1	A2-B51-Cw1-DR4-DQ1		A24-B61-Cw9-DR9-DQ4
子 2	A2-B51-Cw1-DR4-DQ1		A26-B44-Cw10-DR15-DQ7
子 3	A11-B52-Cw7-DR8-DQ3		A24-B61-Cw9-DR9-DQ4
子 4	A11-B52-Cw7-DR8-DQ3		A26-B4-Cw10-DR15-DQ7

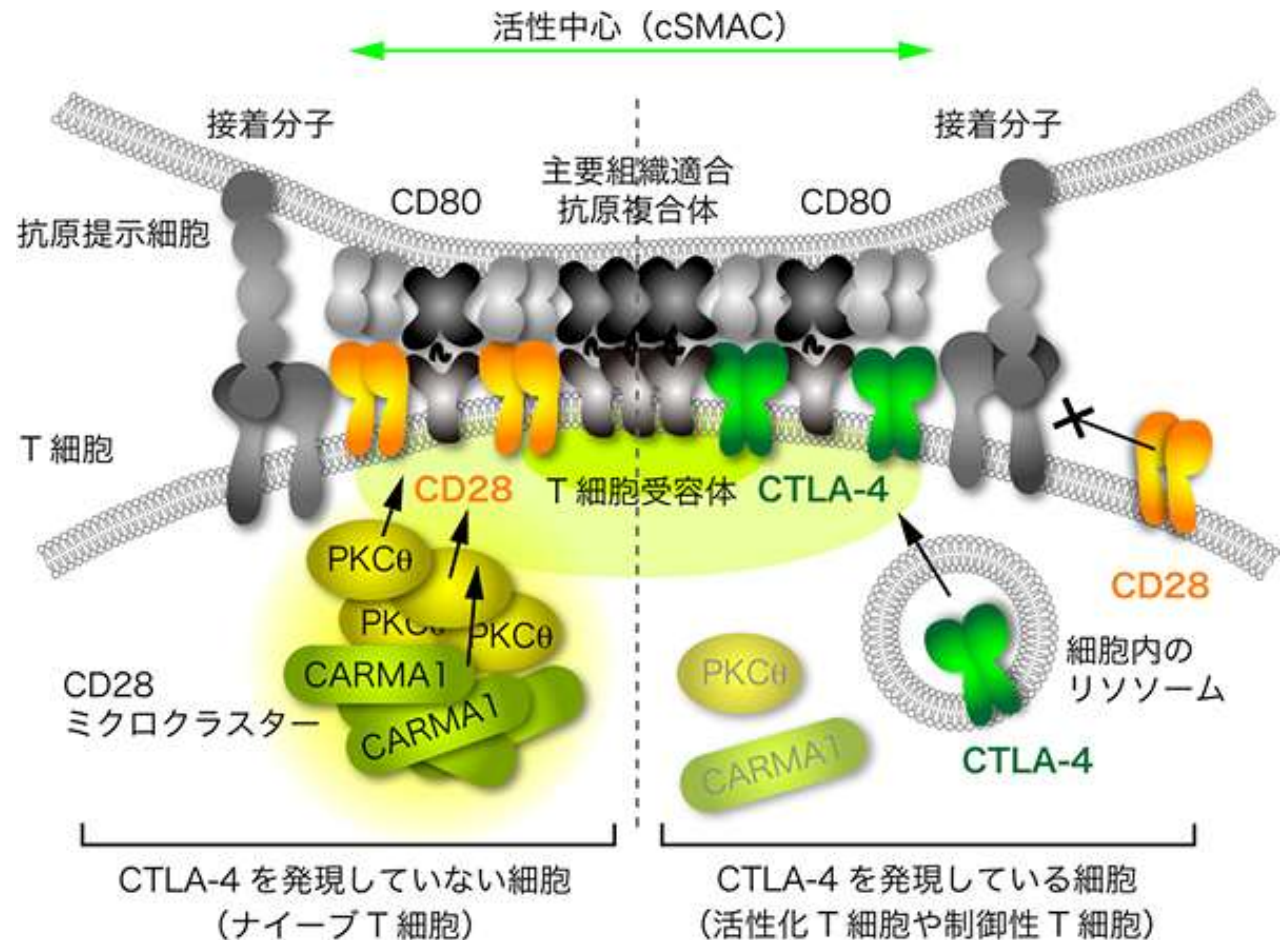
接着分子

例示: 免疫シナプス

リンパ球、マクロファージ、樹状細胞
血管内皮細胞、などが機能を発揮する
ためには、細胞同士が密に結合し
て情報伝達することが重要

免疫シナプス: 抗原提示細胞(樹状
細胞)とT細胞の結合

CD抗原: 細胞表面分子の背番号
(CD80、CD28……)



まとめ

- 免疫は、臓器・組織、細胞、分子など、たくさんの役者が共同作業して成立している。
- あらゆる診療科の疾病に関連している。
- 免疫分子は、医薬品として用いられている。
- 免疫調節には、免疫系内のバランスに加え、神経・内分泌の影響、微生物菌叢の影響を受けている。
- 免疫機能は、時々刻々変化している
(気温、気圧、年齢、食事、ストレス、…)