

免疫

私たちの体には、口や鼻や目から、有害な細菌やウイルスなどの「病原体」が入りこんできます。そこで人体は、有害な細菌やウイルスなどから体を守るために巧みな仕組みを備えています。このしくみのことを「**免疫**」とよびます。免疫ではたらくのは、さまざまな「**白血球**」の仲間たちです。免疫がなかったら人間は、すぐに死んでしまいます。

まず、人体には、体を守るために**3つの防衛ライン**が備わっています。

第1の防衛ラインは、**皮膚**です。皮膚は傷つけられない限り、ほとんどの病原体の体内への侵入を防ぎます。

第2の防衛ラインは、傷ついた皮膚や体の粘膜から侵入した病原体と闘う**自然免疫の細胞**たちです。

第3の防衛ラインは、第2の防衛ラインでも防ぎきれず、さらに奥まで侵入してきた病原体と闘う**獲得免疫の細胞**たちです。

上記の防衛ラインで働く**免疫システム**には、基本的に以下の2種類の仕組みがあります。

1 つ目は、第2の防衛ラインで作用する「**自然免疫**」です。常に体内を監視し、侵入者に対していち早く攻撃態勢を整えます。**自然免疫**は、病原体が侵入した初期段階の防衛線です。主に**食細胞(マクロファージ・好中球)**が持つ**TLR 受容体**により侵入者を大まかに認識し、病原体と判断すると非特異的に飲み込み細胞内で消化します。また、周囲に「敵が来た」という情報を伝え、血管内腔を広げて(はれ)、**好中球**や**マクロファージ**などが集まりやすいようにもします。

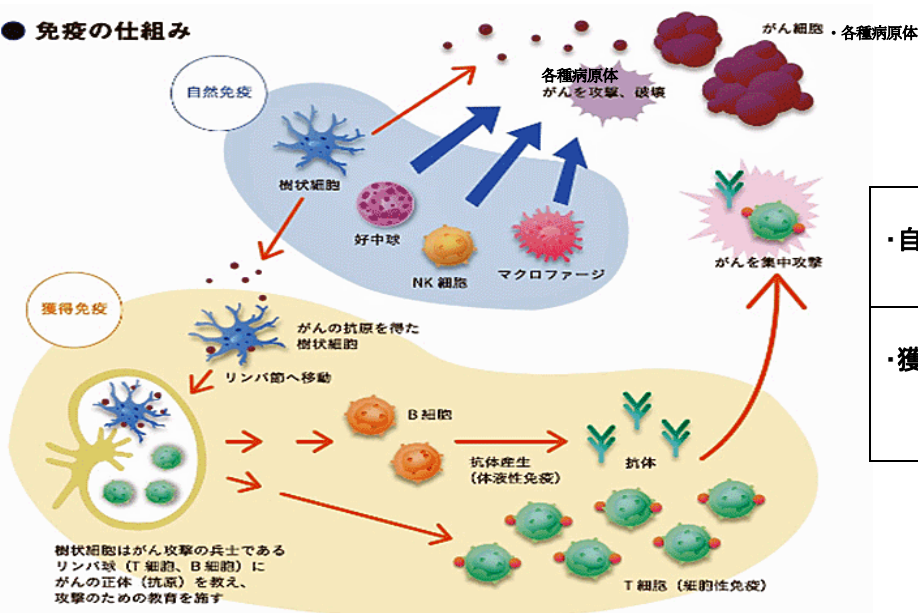
2 つ目は、第3の防衛ラインで作用する「**獲得免疫**」です。**適応免疫**とも呼ばれます。高度な生命体にのみ備わったシステムで、強い破壊力を持ち、強力な敵に対抗します。特定の病気に対して**抗体**を持つのもこのシステムのお蔭です。この**獲得免疫**では、食細胞の仲間である**樹状細胞**が病原体を自分の中に取り込み、リンパ節に移動して獲得免疫の細胞たちに侵入者の情報を提示(**抗原提示**)するところからスタートします。**樹状細胞**は、次々にやってくる**ヘルパーT細胞**に**抗原**を提示し、この**抗原**にだけ反応できるヘルパーT細胞だけが**樹状細胞**と結合して活性化し、司令塔的役割を果たします。

更に、**獲得免疫**には、以下の2つのシステムがあり、それぞれ分担して対応しています。

- ①**獲得免疫**のうちの「**細胞性免疫**」では、**樹状細胞**からの情報をもとに活性化された**キラーT細胞**が、病原体に感染した細胞の表面に示された異物を目印に直接はたらき破壊します(病原体にははたらかない)。また、増殖・活性化された**ヘルパーT細胞**は、感染箇所に行き、そこでたたかう**マクロファージ**の働きを強め、食機能を強めたりもします。
- ②**獲得免疫**のうちの「**体液性免疫**」では、**B細胞**が、流れてきた病原体の**抗原**を取り込んで抗原提示をし、先に**樹状細胞**から抗原提示を受けた**ヘルパーT細胞**の助けをかりて増殖・活性化(**プラズマ細胞化**)することで、**抗体**を生成・放出します。**抗体**は、特異的に病原体の表面にくっつき(**抗原抗体反応**)、病原体の毒性を無毒化したり、病原体が正常な細胞に取りついて感染しないよう無力化したりします。また、**補体**と協力して**マクロファージ**などの食細胞が**抗原**を食べやすいようにしたりもします(**オプソニン化**)。

以上のように、**免疫**は体内に侵入した病原体に対し、まず「**自然免疫**」が攻撃を仕掛け、それでも撃退できない場合は「**獲得免疫**」が出動するという「**2 段階**」を講じています。両者は密接な連携プレーであらゆる状況に対応します。

● 免疫の仕組み

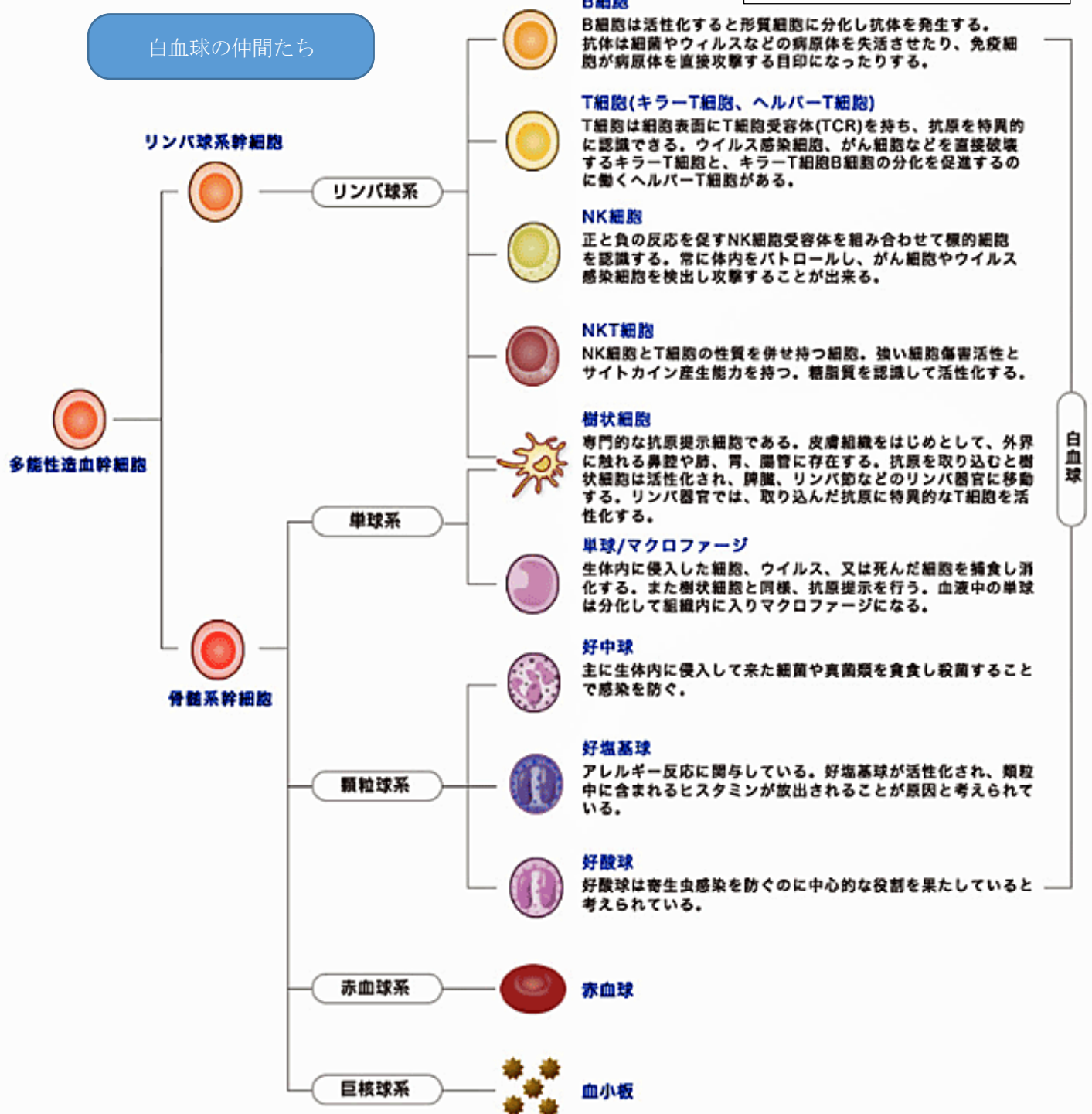


・自然免疫	マクロファージ 好中球
	樹状細胞
・獲得免疫	ヘルパーT細胞 キラーT細胞 B細胞(抗体を生成)

◎ 免疫細胞の種類

免疫細胞	白血球	顆粒球系 単球系	好中球（寿命 2～3 日程度） ※白血球の 7 割近くを占める	食細胞（消化して溶かす）
			マクロファージ	
		リンパ球系	樹状細胞	抗原提示
			ヘルパーT 細胞	抗原の種類に応じた攻撃態勢を、B 細胞や T 細胞に指令
			B 細胞	抗体を生成してバラまく
			キラーT 細胞	感染細胞に直接作用

文献：東京大学医学部附属病院



自然免疫

反応は早い弱い。主な対応は食細胞による貪食処理です。

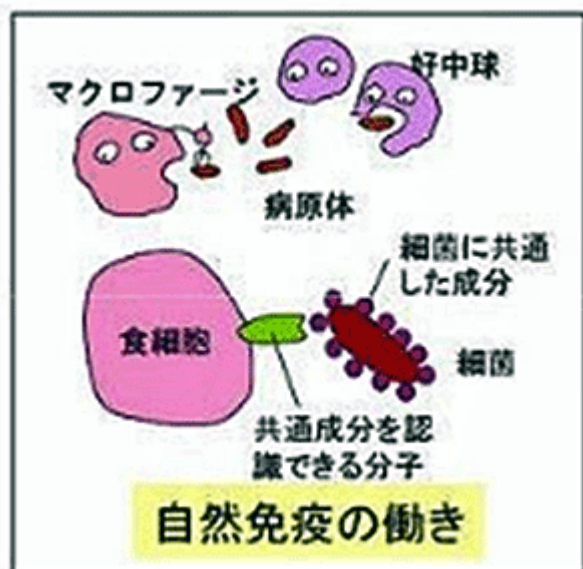
常に体内を監視し、侵入者に対して、いち早く攻撃態勢を整える。

免疫細胞が受容体の種類をいくつも持っていて、種々の病原体に幅広く対応します。

自然免疫ではたらく免疫細胞(樹状細胞・マクロファージ)は、病原体を食べた後に、信号物質(サイトカインなど)を放出して、好中球、NKT細胞、リンパ球(B/T細胞)などを呼びよせる。

《自然免疫ではたらく主な細胞》

血球	樹状細胞 20~30 μ m	外気に触れる鼻腔、肺、胃、腸管、皮膚などに存在している細胞です。 名前のとおり枝のような突起(樹状突起)を周囲に伸ばす形態が特徴です。 侵入してきた病原体を取り込み、リンパ節に向かい、飲み込んだ侵入者の情報をT細胞などのリンパ球に伝達(抗原提示)する役割を果たす。リンパ球は、その情報をもとに、病原体に合わせて武装化する。 樹状細胞がどれだけ明確に敵を認識するかが免疫のカギとなる。
	マクロファージ 20~30 μ m	マクロファージはアメーバ状の細胞です。からだの中に侵入してきた異物を発見すると、TLR受容体により、侵入者を大まかに認識し、病原体と判断すると自分の中にそれを取り込んで消化(貪食処理: どんしょくしやり)します。 また、死んだ細胞も取り込んで消化し、掃除屋的役割も果たします。 樹状細胞と同様に、取り込んだ病原体の情報をT細胞に伝えるはたらきもする。
	好中球 10~15 μ m	顆粒球の1つで、比較的大きな病原菌(細菌や真菌類)を飲み込んで酵素で殺滅する。その後、自分自身も死滅する(うみ)。 常に、血液にのって全身を循環しながらパトロールしている。
リンパ球	ナチュラルキラーNKT細胞 8~12 μ m	リンパ球のひとつ。攻撃性はさほど強くないが単独行動できるのが利点。 敵に素早く反応する。 いつも全身をパトロールし、ウィルスに感染した細胞やがん化した細胞を見つけると他からの指示を必要とせず、単独で攻撃し、細胞を破壊する。 がんの場合、がんが大きくなるのを未然に防いでくれている。



・好中球は、多くの消化酵素をもっており、飲み込んだ異物だけではなく、好中球自身をも破壊してしまいます。このようにして死んだ好中球や異物の死がい(うみ)です。

・好中球から出た消化酵素やマクロファージが出す化学物質などは、これらの食細胞を次々に感染場所(傷口)へと誘導します。このとき血管が広げられて多くの食細胞が集まってくるため、傷口が赤くはれ上がります。これが「炎症」です。

獲得免疫（適応免疫）

免疫細胞を増殖しなければならないため反応は遅いが強い。

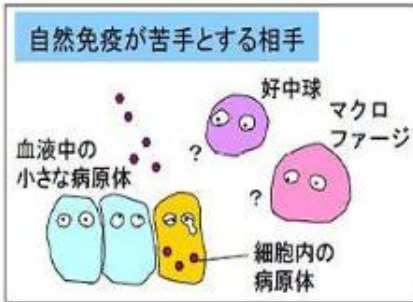
高度な生命体にのみ備わったシステムで、強力な破壊力を持ち、強力な敵に対抗します。

【獲得免疫の4つの特徴】

特異性	免疫細胞が持つ 受容体 は、それぞれ1つ。特定の病原体にのみ対応します。
多様性	免疫細胞が何百万種類と用意されることにより、ありとあらゆる病原体に対応できます。
自己寛容	免疫系には、自分自身の成分と異物とを見分けるしくみがあります。自己非自己の識別といいます。このしくみを使って、免疫細胞は自分の成分は攻撃しないようになります。自己成分に対しては攻撃しないことを、 自己寛容 といいます。
免疫記憶	感染した時にはたらいだ B細胞 や T細胞 は、感染から回復するとその大部分は死滅するが、その一部は 免疫記憶細胞 としてリンパ組織に残り、次に感染した時にはすばやく、しかも強力になってはたります。

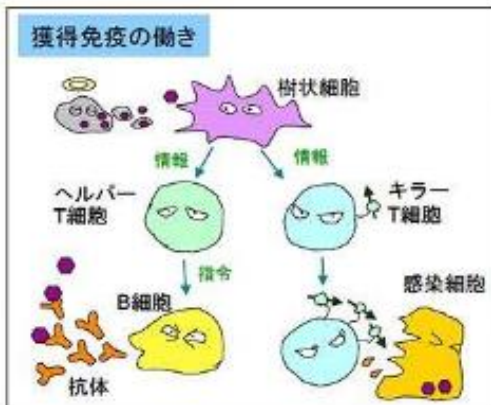
《獲得免疫ではたらく主な細胞》

リンパ球	ヘルパーT細胞 8~12 μ m	樹状細胞 や マクロファージ から抗原の情報を受け取り、攻撃の戦略をたてて サイトカイン などの伝達物質や免疫活性化物質などを放出して免疫細胞に指令を出します。特に、B細胞を活性化させ、抗体の生成に関与します。
	キラーT細胞 8~12 μ m ・胸腺で成熟する (細胞性免疫)	骨髄で最初作られた T細胞 は、未熟ではあるが胸腺に運ばれ、そこで厳しい選別を受けて成熟します。この時、自己に反応するような細胞があると取り除かれます。これを“ 負の選択 ”といいます（ 自己寛容 ）。 成熟した T細胞 は、樹状細胞から抗原情報を受け取り、ウィルスに感染した細胞やがん細胞に直接とりつき排除する、という「殺し屋」の働きをします。 T細胞 は、病原体を攻撃する免疫の主力部隊。強力な殺傷能力を有します。 細胞表面に T細胞受容体(TCR) を持ち、抗原を特異的に認識し、ウィルス感染細胞やがん細胞などを直接破壊します。
	B細胞 8~12 μ m ・骨髄で成熟する (体液性免疫)	主に細菌やウィルスなど、小型の外敵に対抗する。 血液のもととなる細胞（造血幹細胞）から作られ、細胞ごとに作る抗体の種類が決まっており、 B細胞 が作り出せる抗体に見合った外敵が出現した場合にのみ、活性化し抗体を作り出します。 B細胞 は、樹状細胞の指令を受けた ヘルパーT細胞 の力を借りて活性化すると プラズマ細胞 となり、“ 抗体 ”というY字型のミサイルのような武器を放出して特異的に病原体と戦います。また、抗体は、 補体 と合わせて食細胞が病原体を直接攻撃する目印になったりもする（ オプソニン化 ）。
	NK細胞 8~12 μ m	NK細胞 と T細胞 の両方の機能を持ち、強い細胞傷害活性とサイトカイン生産能力を持つ。
	制御T細胞 8~12 μ m	キラーT細胞 などが、正常細胞にも過剰な攻撃をしないように、 キラーT細胞 の働きを抑制したり、免疫反応を終了に導いたり、というストッパー・クローザーの働きを持っています。



自然免疫ではカバーしきれないものがあります。それは、血液中に流れている毒素分子や小さな病原体、また細胞の中に入り込んだ病原体などです。

獲得免疫（適応免疫）は、こういう事態に対処できます。



細胞内に入り込んだ病原体でも、感染細胞が死んだら病原体そのものやその破片を免疫系が取り込むことができます。

樹状細胞は、そうして取り込んだ病原体の情報をヘルパーT細胞とキラーT細胞に伝えます（抗原提示）。

ヘルパーT細胞は**B細胞**に抗体をつくるように指令を出します。抗体は溶けて流れている異物分子でも攻撃できます（体液性免疫）。

キラーT細胞は、感染した細胞を見つけ出して殺す事ができます（細胞性免疫）。

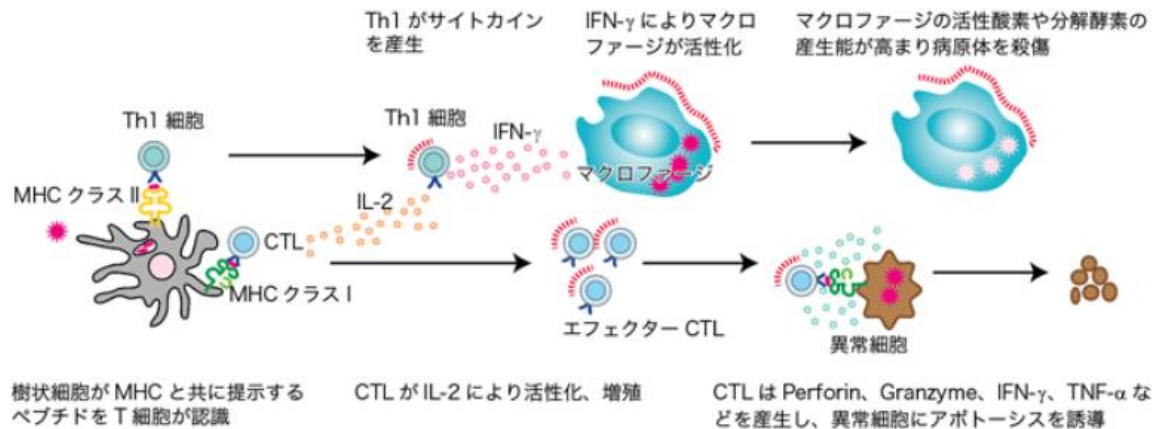
●体液性免疫と細胞性免疫の違い

抗原が体内に侵入する。	
↓	
樹状細胞が食作用により取り込んだ抗原の情報を、細胞表面に提示(抗原提示)する。	
↓	
抗原提示を受けたヘルパーT細胞が活性化して増殖する。	
体液性免疫	細胞性免疫
ヘルパーT細胞によって活性化された ●B細胞が分裂・増殖する。	ヘルパーT細胞によって活性化された ●マクロファージが集合する。 ●キラーT細胞が増殖する。
↓	↓
●B細胞が抗体産生細胞となり、抗体を産生して体液中に分泌する。 抗体は抗原と特異的に結合して抗原抗体複合体をつくり(抗原抗体反応)、抗原抗体複合体はマクロファージなどの食作用により排除される。	●マクロファージは、抗原を食作用によって直接排除する。 ●キラーT細胞は、感染細胞を直接攻撃して排除する。
活性化したヘルパーT細胞とB細胞の一部は、記憶細胞として体内に残る。	活性化したヘルパーT細胞とキラーT細胞の一部は、記憶細胞として体内に残る。

細胞性免疫

局所的に起こる免疫反応で、CTLやマクロファージが直接細胞を攻撃する免疫反応です（図、細胞性免疫）。ヘルパーT細胞の1種である「Th1細胞」が、樹状細胞が提示する抗原を認識して、サイトカインを産生し、そのサイトカインによって、マクロファージ、細胞傷害性T細胞（CTL）などの細胞が活性化されます。活性化されたCTLやマクロファージは、低分子を分泌して、病原体に感染した異常細胞を攻撃・排除します。一部のCTLは、メモリーT細胞となって、異物に対する細胞傷害活性を持ったまま宿主内に記憶されます。

細胞性免疫



液性免疫

液性免疫は、B細胞と抗体が中心となる免疫反応です。ヘルパーT細胞「Th2細胞」の産生するサイトカインにより、B細胞が刺激されると、B細胞が形質細胞へと分化し、大量の抗体を産生し、抗体は体液中を循環して全身に広がります。また、刺激されたB細胞の一部は、抗原の情報を記憶しているメモリーB細胞となって、再度の感染の際には、最初の反応より迅速に、そしてより抗原に親和性が高い抗体を大量に産生することができます。抗体の役割には下記のようなものがあります（図、抗体の作用）。

- 1) 抗体は病原菌に結合し（オプソニン化）、食細胞の貪食を助けます。
- 2) 抗体には、ウイルスや毒素に結合することで感染力や毒性を失わせる作用（中和作用）を持つものがあります。
- 3) 抗原と結合した抗体は補体経路を活性化します。補体はオプソニン化、食細胞の炎症部位への誘導、血管拡張、溶菌、細胞傷害などを引き起こします。

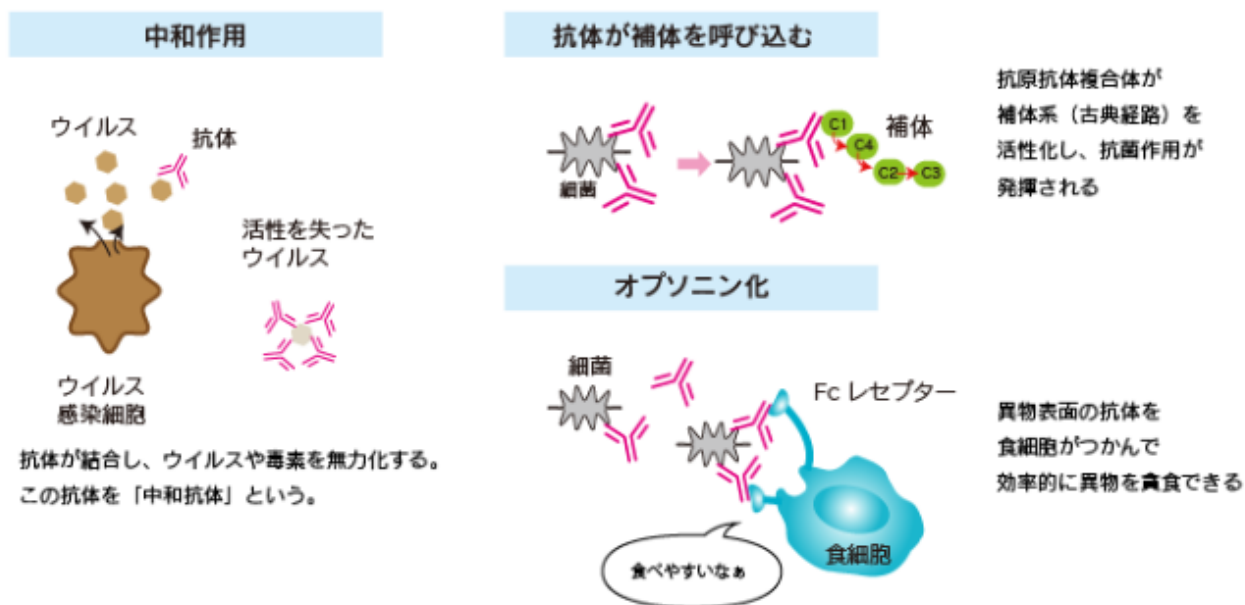
抗体の作用



抗体の3つの働き

抗体には大きく分けて3つの働きがあります。

- ① 血液中や粘膜中に分泌され、外来の異物（病原体や毒素など）に結合して無力化する（中和作用）。
- ② 補体系を活性化し、バクテリアの細胞壁に穴を開けて殺傷する。
- ③ 貪食細胞による食作用を促す（オプソニン化）。



- 人工的に免疫記憶を起こさせて、感染症にかかりにくくする方法を予防接種といいます。尚、このとき用いられる抗原をワクチンといいます。
- 自己の細胞が免疫反応によって攻撃を受けることで臓器などに重い炎症や障害が出ることを自己免疫疾患といいます。また、非自己の物質に対して免疫が過剰に反応し、体に不都合な症状が出ることをアレルギー反応といいます。最も重症なアレルギーの型をアナフィラキシーといいます。
- 免疫がはたらかなくなると、通常問題とならないような弱毒の病原体の感染でも重い症状になります。HIV（ヒト免疫不全ウイルス）に感染してヘルパーT細胞が減少してゆくと適応免疫が働かない状態になります。これをエイズ（後天性免疫不全症候群）と呼んでいます。

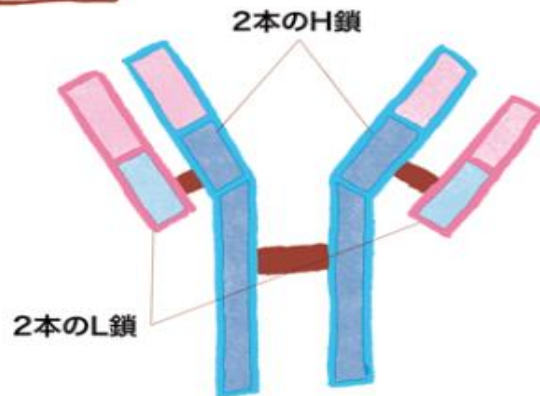
■ ウイルスと細菌の違い

	ウイルス	細菌
増殖	ヒトや動物など、他の生物に入り込み、その細胞の中で増える	自ら増殖することが可能
大きさ	20～100nm(ナノメートル) 電子顕微鏡でないとみえない	1～5μm(マイクロメートル) 通常の顕微鏡でみえる
構造	核酸(DNAやRNA)とそれを囲む殻のみ、細胞を持たない	細胞を持つ
抗生物質	効果はない	効果があるものがある

◎抗原抗体反応

- ・抗体：免疫グロブリン（Ig）・ ・ B細胞が活性化してプラズマ細胞となり放出される。
- ・鍵と鍵穴のように、認識する抗原が明確に決まっている。
- ・私たちは、抗体を使うことで、抗原となる特定の病原体だけを狙った攻撃を行うことができる。
- ・抗体には抗原を分解する作用はありませんが、補体やマクロファージ、好中球などの貪食細胞を活性化して異物を排除します。

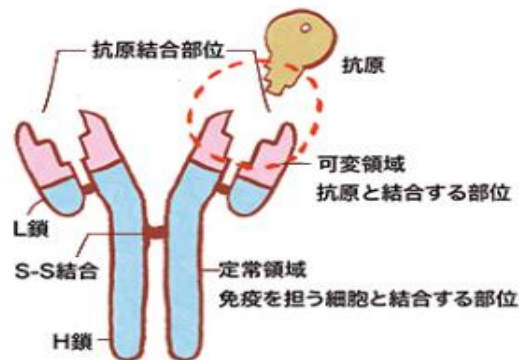
抗体の構造



文献：中外製薬

抗体の基本的な構造はY字の形

抗体は、2本のH鎖と2本のL鎖からできています。



◎がん細胞の特異性

- ・「T細胞」などは抗原(免疫細胞が攻撃の目印にする物質)がはっきり提示されていれば、その分容易に攻撃態勢へ入れる。しかし、**がん細胞**は巧みに“がん抗原”を隠しながら増殖する。
- ・**がん細胞**は免疫の主力部隊である「T細胞」が攻撃モードに入らないようにする物質を分泌している。
- ・**がん細胞**は免疫細胞のひとつ「マクロファージ」が担うT細胞を活性化する作用を押さえ、逆にT細胞の活動を抑制する物質を分泌させる
- ・**がん細胞**と免疫細胞はバランスを保って共存してしまい、免疫は力を発揮できない「免疫寛容」という、免疫細胞との“なれ合い状態”を作ってしまう。

抗体の働きとは？



抗体にはさまざまな働きがあります。抗体には異物（抗原）を分解する作用はありませんが、補体やマクロファージ、好中球などの食食細胞を活性化して異物を排除します。つまり抗体は、異物を認識して結合する働きと、免疫を担う細胞を活性化させて異物を排除する働きがあります。

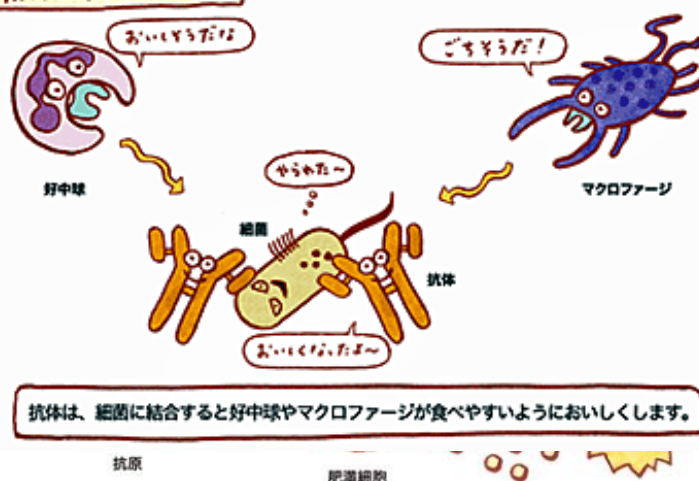
抗体の働きを大きく分けると、異物（抗原）の中和作用、オプソニン化、細胞溶解、炎症の誘発の4つがあります。

抗体の働き(中和作用)



抗体は、抗原の周りを取り囲んで毒になる部分をおおい隠します。ウイルスの場合は細胞の受容体に結合できなくなるので、ウイルスが細胞に感染できなくなります。細菌が作り出す毒素も抗体で中和します。

抗体の働き(オプソニン化)



抗体は、細菌に結合すると好中球やマクロファージが食べやすいようにおいしくします。

抗体の働き(細胞溶解)

抗体は補体と協力して膜攻撃複合体を作って細菌などを攻撃します



膜攻撃複合体

抗体が細菌などに結合すると、補体が次々とドミノ倒しのように活性化して、ドーナツのように結合した物質を作り、細菌の細胞膜に結合して穴をあけて細菌を破壊します。この物質を「膜攻撃複合体（まくしんしゅうふくごうたい）」と呼びます。

抗体の働き(炎症の誘発)



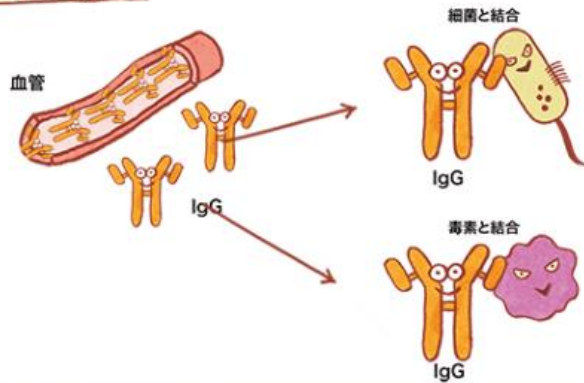
肥満細胞に結合したIgEと抗原が反応すると、肥満細胞からヒスタミンやロイコトリエンが放出されて炎症が引き起こされます。

抗体の種類とは？



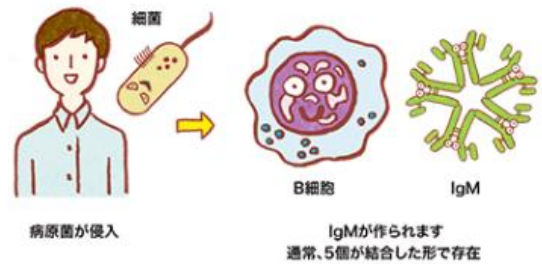
免疫グロブリンは、IgG、IgM、IgA、IgD、IgEの5種類に分類され、それぞれ異なった働きをします。

抗体の種類 (IgG)



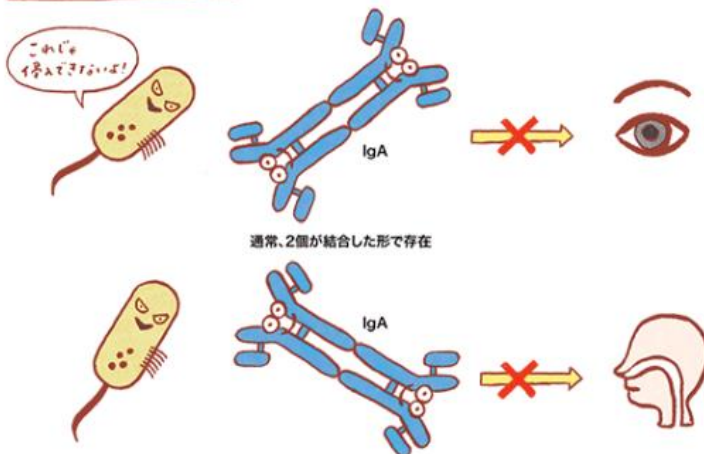
IgGは、血液中に多く存在します。
細菌や毒素と結合する能力が高く、血中にとどまる時間も長いのです。

抗体の種類 (IgM)



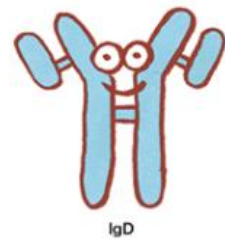
IgMは、特定の抗原に初めて出会ったときにB細胞からすばやく作られて、感染の初期に働きます。

抗体の種類 (IgA)



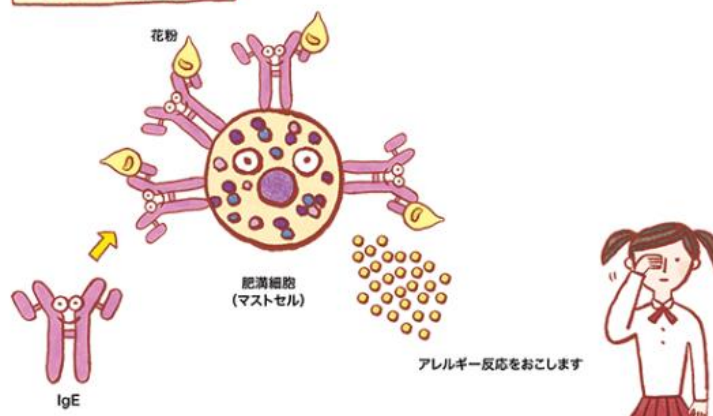
IgAは、血液中よりも腸管や分泌物に多く含まれて、鼻や目などの粘膜などから細菌などが侵入するのを防ぎます。

抗体の種類 (IgD)



IgDの詳しい働きは不明です

抗体の種類 (IgE)



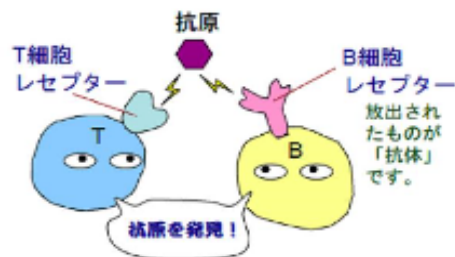
IgEは、肥満細胞に結合してアレルギー反応を引き起こします。

○どうやって異物を見分けているの？

文献：京都大学再生医科学研究所

免疫反応を起こす元になる物質を抗原といいます。

T細胞やB細胞は、抗原レセプターという分子を表面に出しています。抗原レセプターは、いわばT細胞やB細胞が抗原を調べるときの「目」のような働きをします。

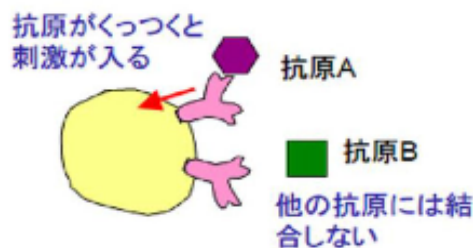


抗原レセプターは1種類の抗原だけを認識します。そして、ひとつの細胞がつくる抗原レセプターは1種類だけです。

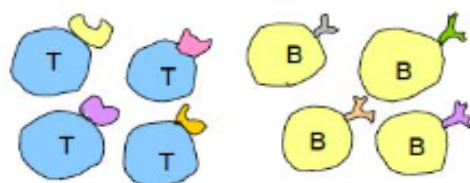
そのため、1つの細胞が認識できる抗原は1種類だけで、他の抗原には反応しません。これを、抗原特異性といいます。

免疫反応の抗原特異性は、抗原レセプターのもつこの特異性の現れです。

抗原特異性



1種類の抗原にしか反応できないのだったら、どうしてもいろいろな病原体に立ち向かえるのでしょうか？
身体中には、異なる抗原と反応できる何十万、何百万種類ものT細胞、B細胞が用意されています。こうして、あらゆる道の敵と戦えるのです。

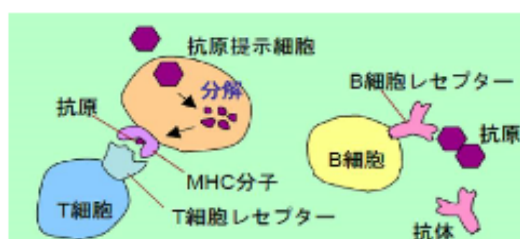


もう少し詳しく

T細胞レセプターとB細胞レセプターが抗原を認識するしくみを、もう少し詳しくみましょう。

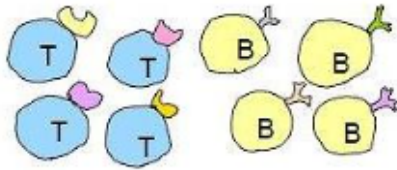
T細胞レセプターは、抗原提示細胞の出すMHCという分子の上に載った抗原を、MHC分子とセットで「形」として認識します。

一方、B細胞レセプターは抗原を直接認識します。



○どうして出会ったことのない病原体とも戦えるの？—多様性ができるしくみ

特異性の項で書いていたように、体の中には、異なる抗原と反応できる何十万、何百万種類ものT細胞、B細胞が、あらかじめ用意されています。つまり、何十万、何百万種類もの異なる形をした抗原レセプターがつくられているということです。そんなに沢山の種類のリンパ球は、どうやってつくられているのでしょうか。



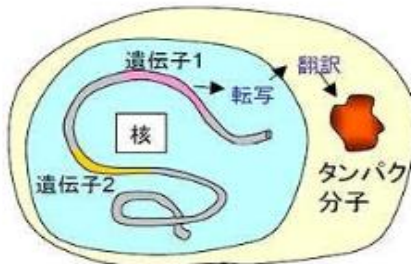
その答えは、遺伝子再構成という驚くべきしくみによるものです。

(1) 遺伝子とは

タンパク分子は、細胞の核という部分にある「遺伝子」という設計図をもとにしてつくられます。

核の中にDNA（デオキシリボ核酸）でできた長いひも（ゲノム）があって、設計図にあたる遺伝子は、その中に、ぼつり、ぼつりと離れて存在しています。

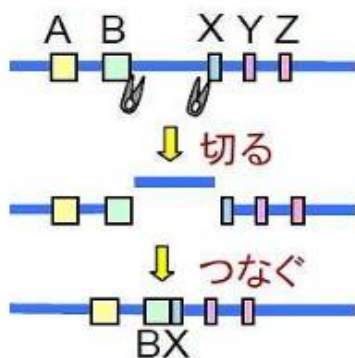
通常は、ひとつの遺伝子からつくられるタンパク質は、1種類だけです。



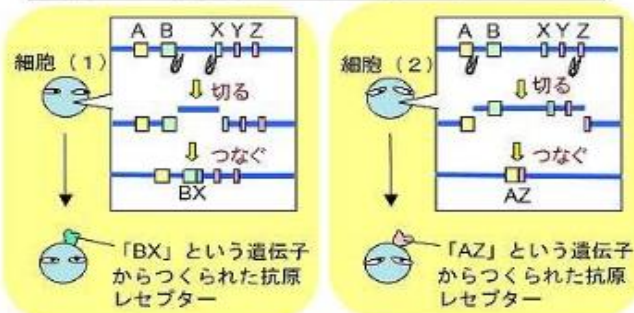
(2) 遺伝子再構成のしくみ

抗原レセプター遺伝子の場合、下図のように、遺伝子の断片が部品として多種類用意されています。断片と断片との間で切ったり貼ったりのつなぎかえが起こり、いろいろな遺伝子がつくられます。

これを、遺伝子再構成といいます。



細胞ごとに異なるレセプターをつくるメカニズム



○どうして自分の身体は攻撃しないの？ー自己寛容になるしくみ

どうして自分だけは攻撃しないようなしくみ、すなわち「自己寛容」がどうやってつくられるのか、みていきましょう。

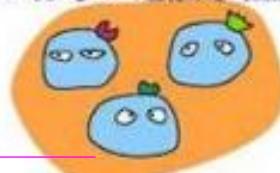
別頁の「T細胞はどうやってつくられるの」にも、詳しく書いてありますから、そちらも参考にしてください。

多様性の頁でみたように、抗原レセプターの多様性は、ランダムな、つまりサイコロでもふるようないきあたりばったりの組み合わせで起こる遺伝子再構成でつくられます。すると、どんな抗原に対しても反応できる多様な免疫細胞を作り出すと同時に、自分の体の成分と反応する有害な細胞（自己反応性細胞）もつくってしまいます。

異物をみるのに役立つような細胞達



自分を攻撃してしまいかねない危険な細胞達



では、どうやってこの中から自己反応性細胞を取り除くのでしょうか。T細胞でも、B細胞でも、有害な細胞を取り除くしくみはあります。ここでは、T細胞がどうやって自己反応性細胞を除くのか、みていきましょう。

T細胞は胸腺という組織でつくられます。

胸腺内で、T細胞レセプターを出したばかりの若いT細胞は、胸腺上皮細胞や樹状細胞に出会います。これらの細胞はMHC分子とともに自己抗原を出しています。

自分に反応してしまうようなT細胞の場合、レセプターが自己抗原-MHC分子のセットとピタッとくっついて、強い刺激が入ります。若いT細胞は強い刺激が入ると死ぬような性質をもっているのです、そういう細胞は死んでしまうのです。こうして自己反応性T細胞は除かれます。これを負の選択といいます。

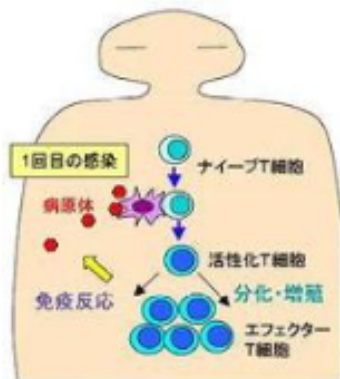


○どうして感染症には2度かからないの？ー免疫記憶のしくみ

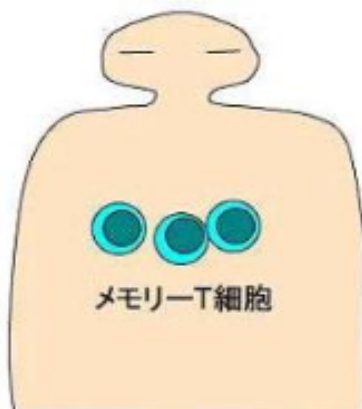
まず1回目の感染で何が起るか、T細胞についてみてみましょう。

抗原と出会う前のT細胞はナイーブT細胞といわれ、この状態では特に何も仕事をしません。

抗原を取り込んだ樹状細胞によって活性化されると、ナイーブT細胞は旺盛に増殖し、その後エフェクターT細胞という、仕事をする細胞になります。エフェクター細胞は、病原体に対して攻撃を始め、そのおかげで感染症はやがて治ります。

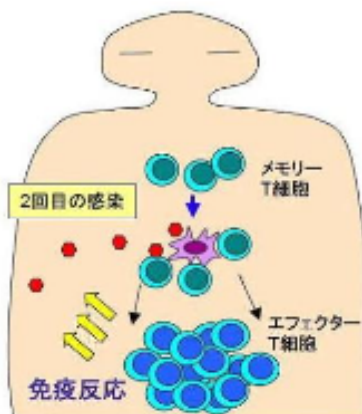


感染症が治ったあと、どうなるかをみましょう。エフェクターT細胞はひとしきり仕事を終わると死んでしまいます。しかし、そのうちの一部分が、メモリーT細胞になって生き残り、リンパ節などで長い間生き続けます。



2回目の感染があると、これらの細胞は1回目比べて、速く、効率よく反応できます。それは、以下の理由からです。

1. メモリーT細胞はすぐにエフェクターT細胞になれる。
2. メモリーT細胞は沢山用意されている。



その答えは、遺伝子再構成という驚くべきしくみによるものです。

○抗原の情報はどうやってT細胞からB細胞へ伝わるの？

たいていの免疫学の入門用の本では、ヘルパーT細胞はサイトカインをだしてB細胞を元気づけるような図が書いてあります。しかし、それでは、どうしてもはしか攻撃隊のT細胞がはしか攻撃隊のB細胞だけを選んで指令を伝えられるか、説明になっていません。免疫学を勉強したというひとでも、この原理を理解していないひとが多いように思います。

この頁では、ちょっと難しいですが、どのようにしてT細胞は同じ攻撃部隊に属するB細胞だけ活性化できるのか、解説します。

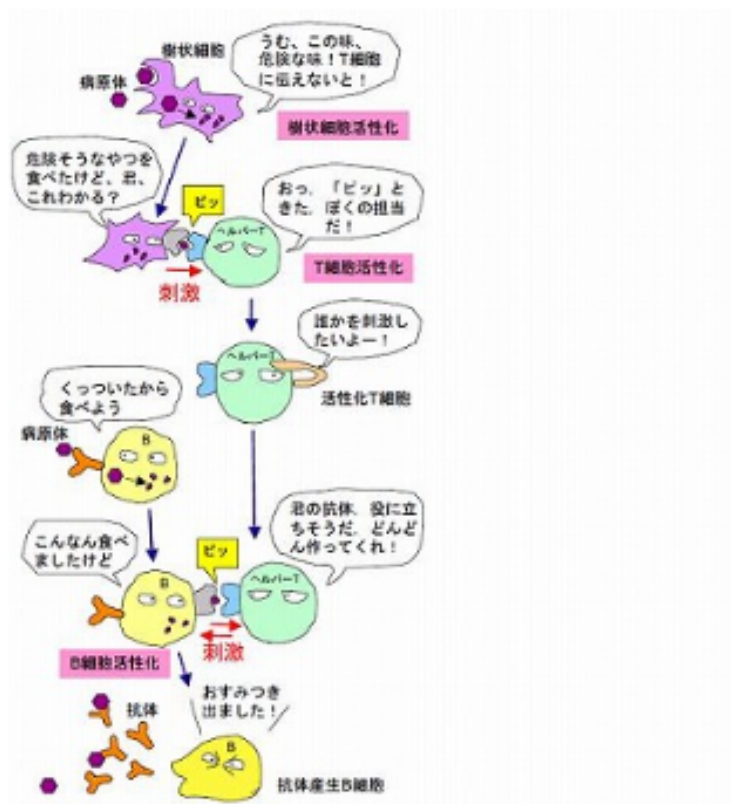
病原体が身体に侵入すると、まずマクロファージや樹状細胞が食べます。このとき、病原体の成分によって樹状細胞は活性化されます。病原体は細胞内でばらされます。

活性化された樹状細胞はリンパ節へ行ってヘルパーT細胞に異物の破片を抗原として見せます。数あるT細胞のうち、その抗原を認識できるものは、刺激を受け、活性化されます。

一方、同じ病原体を認識できるB細胞レセプターを出しているB細胞は、そのレセプターにくっついた病原体やその破片を取り込んで、細胞内でばらします。

このB細胞は、病原体の破片を抗原として細胞の外側にみせます。うまく同じ抗原に反応できるT細胞に出会えると、そのT細胞によって刺激されます。

刺激されたB細胞は、抗体をさかんにつくるようになります。



このようにして、同じ病原体を攻撃する部隊に属するヘルパーT細胞とB細胞は、お互いに相手を確認したうえで、働くのです。

なお、このしくみをよくみれば、T細胞とB細胞が協調して同じ病原体と戦っている場合でも、T細胞が認識している抗原部位と、抗体が認識している抗原部位とは、同じでなくてもいいことが分かります。