|  |  |
| --- | --- |
| 啓林館　「生物基礎　改訂版」 　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　教科書関連ページ　ｐ.140-175 | |
| ◆プリント | **第3部　生物の体内環境の維持**  **第3章　免疫** |

第1節　免疫とは

A　免疫のはたらき

　生体には，病原体などの異物の侵入を防いだり，侵入した異物を除去したりする　　　【　生体防御　】のしくみがある。

生体防御のうち，さまざまな防御をすりぬけて体内に侵入した病原体などの異物や，体内の正常な細胞から発生したがん細胞などを，非自己として認識して除去するしくみを【　免疫　】という。免疫は，【　自然免疫　　】と【　獲得免疫　　】に分けられる。

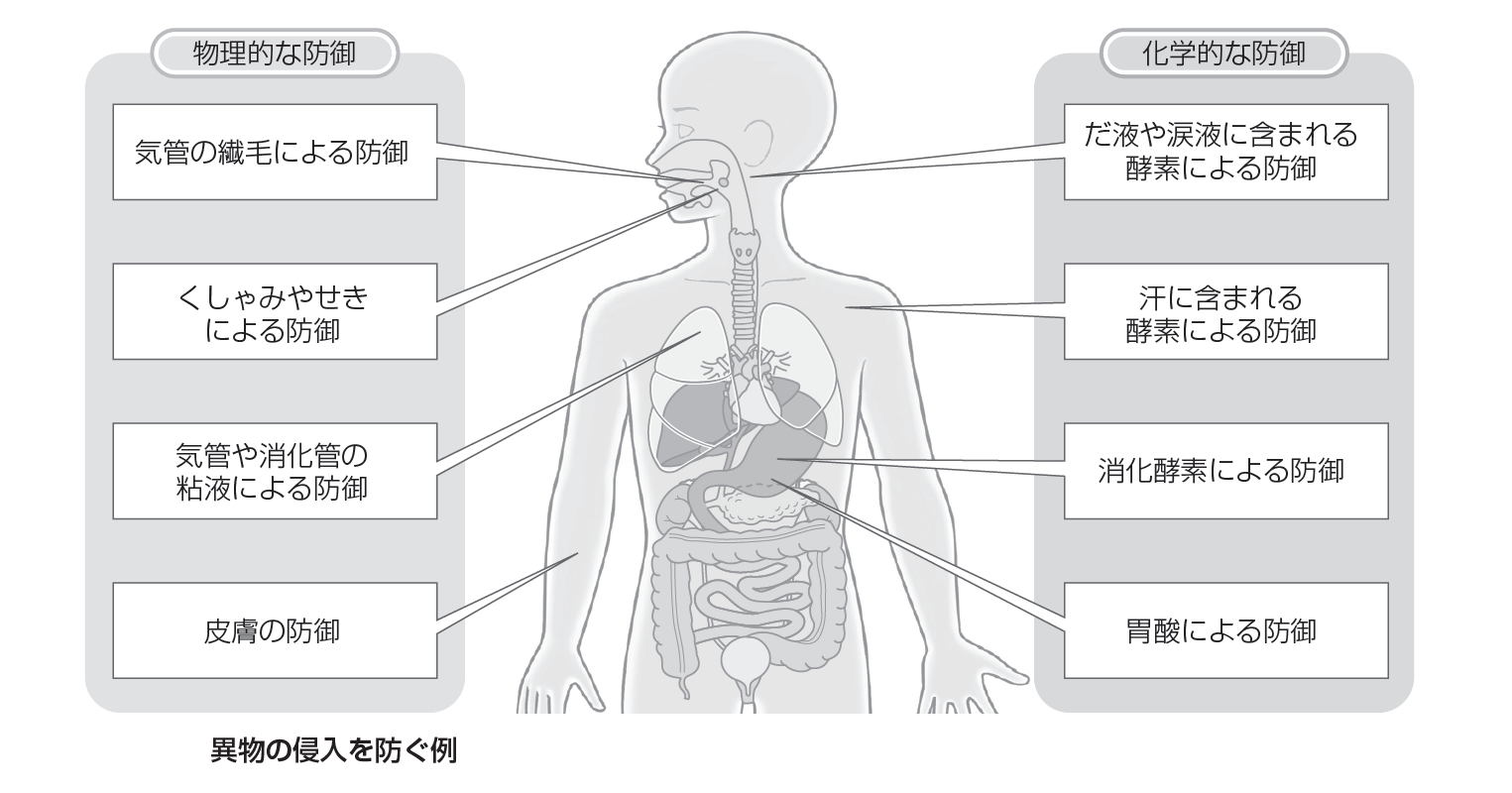
B　異物の侵入の阻止

［物理的な防御］

　気管や消化管の内側は，外部の環境と接する部分であり，【　粘膜　】となっている。粘膜が分泌する【　粘液　】には，【　細菌　】を捕獲するはたらきがあり，細菌の侵入を防ぐ。気管では，【　繊毛　】の運動によって細菌を肺から遠い方に押し出し，肺への侵入を防いでいる。

また，皮膚は【　角質　】というかたい組織で覆われており，乾燥を防ぐとともに異物の侵入を防いでいる。さらに皮膚では，常に新しい細胞がつくり出され，外側の【　死んだ細胞　】を垢として捨てることで細菌の侵入を防いでいる。

［化学的な防御］

　汗やだ液，涙液には，細菌の【　細胞壁　】を溶かす酵素である【　リゾチーム　】が含まれている。皮膚には，細菌の【　　細胞膜　　】を壊すタンパク質である　　　【　ディフェンシン　】が存在している。

皮膚や粘膜は，分泌物によってその表面が　　　【　弱酸性　】に保たれており，酸に弱い細菌の侵入を防いでいる。また，食物の中に存在する細菌の多くは，強酸性の【　胃酸　】の中では生きられず，腸には到達できない。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

C　免疫にかかわる細胞

　異物が体内に侵入すると，好中球，マクロファージ，樹状細胞，【　リンパ球　】などのさまざまな【　白血球　】がはたらき始める。白血球は，骨髄にある【　造血幹細胞　】からつくられている。

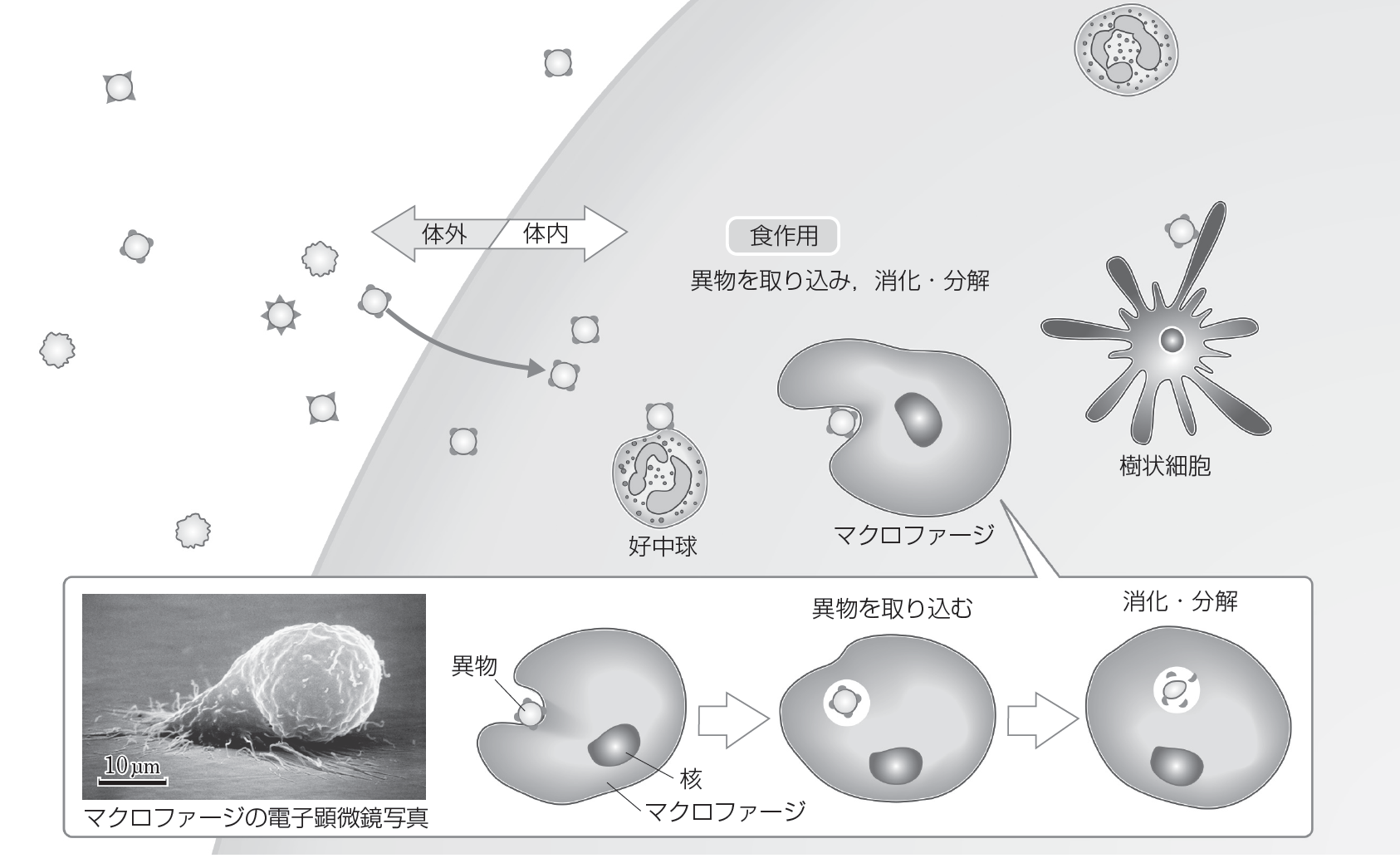
【　好中球　】や【　マクロファージ　】，【　樹状細胞　】は，異物が侵入した部位に集まり，直接異物を取り込んで処理する。これを【　食作用　】という。リンパ球は，体液中に【　抗体　】を分泌して異物を排除したり，異物を直接攻撃したりする。リンパ球にはいくつかの種類があり，【　Ｂ細胞　】，【　Ｔ細胞　】，【　NK細胞　】に分類される。Ｂ細胞は【　骨髄　】で分化し，Ｔ細胞は【　胸腺　】で分化する。NK 細胞は，【　自然免疫　】に大きくかかわり，がん細胞やウイルスに感染した細胞を排除するはたらきなどがある。



ヒトの免疫にかかわる細胞

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

第2節　自然免疫

生体には，異物の侵入を防止するさまざまなしくみがあるが，それでも体外から異物が侵入した場合，体内に入った異物は【　自然免疫　】という反応によって攻撃・排除される。自然免疫は，動物が【　生まれながらにして　】もっている生体防御機構である。

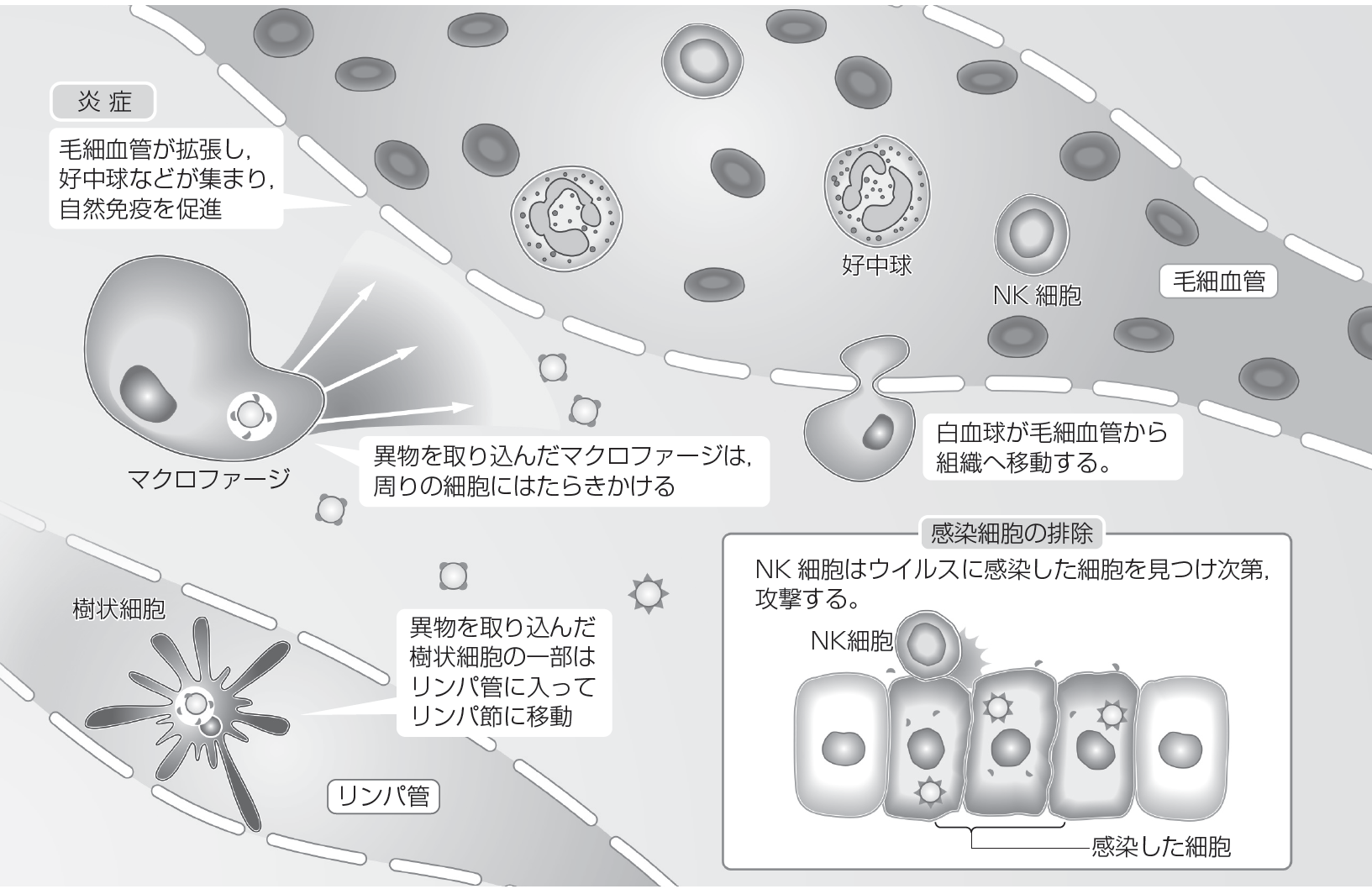
　細菌などの異物が体内に侵入すると，【　好中球　　】，【　マクロファージ　　】，【　樹状細胞　】は，異物が侵入した部位に集まり，【食作用】によって直接異物を取り込み，【　消化　・　分解　】することで処理する。食作用を示す相手は特異的ではなく，体内に侵入したどんな異物に対しても反応する（【　　非特異的反応　　】）。

　細菌などの異物が侵入すると，その部位が熱をもって赤く【　腫れる　】。これは，侵入した病原体を【　　マクロファージ　　】や【　　樹状細胞　　】が取り込み，周りの細胞にはたらきかけることで，白血球，血小板などに影響を与える。これによって毛細血管が【　拡張　】して血流量がふえ，そこが熱をもつようになる。この現象を【　炎症　】という。炎症が起こると，好中球や単球などの白血球がその部分に【　集まり　】，自然免疫を促進させる。

　ウイルスなどに感染した細胞はその表面に特有の変化が起こる。リンパ球の一種である【　NK細胞　】は，その変化を見分けてウイルスに感染した【　細胞　】を攻撃し，排除する。NK 細胞は，【　がん細胞　】や，【　移植　】された他人の細胞も【　非自己　】として排除する。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

自然免疫のしくみ



○発展　自然免疫における異物を認識するしくみ

　自然免疫は【　非特異的　】に異物を認識すると考えられていた。しかし，近年の研究により，異物の違いをある程度認識していることが分かった。この認識には，樹状細胞やマクロファージなどの細胞表面にある【　Toll 様受容体　】toll-like receptor（【　TLR　】）というタンパク質がかかわっている。このタンパク質には十数種類あり，体内に侵入した細菌の【　細胞壁　】成分，ウイルスに特徴的な2 本鎖【　RNA　】，細菌の【　べん毛　】タンパク質などを，それぞれ認識して食作用が行われる。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

第3節　獲得免疫

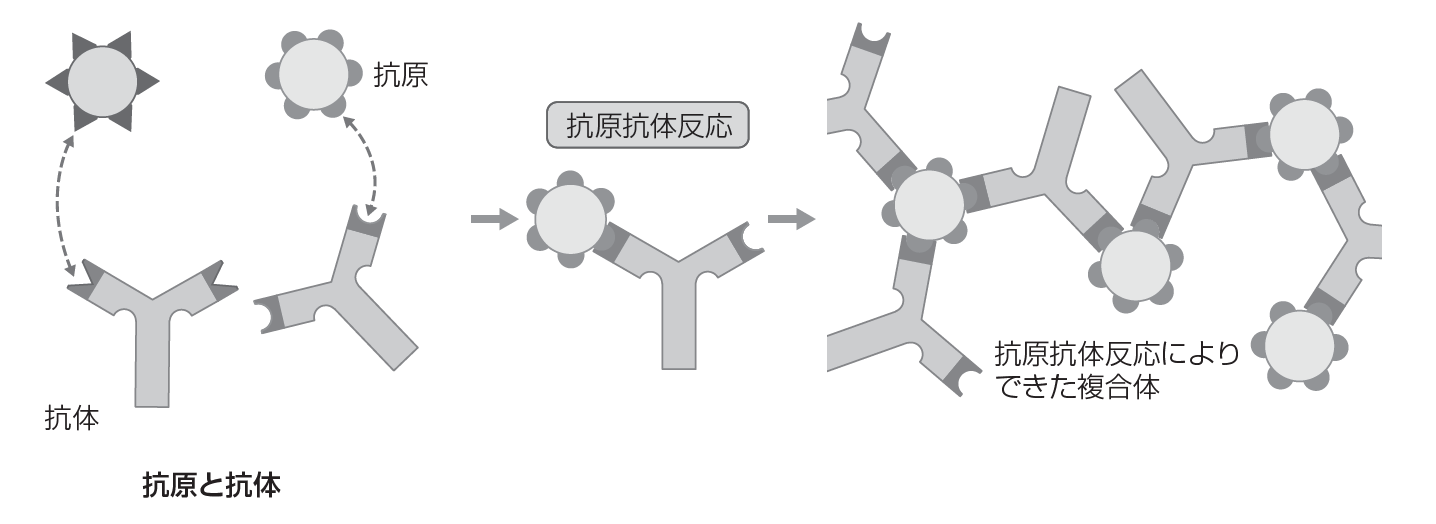
自然免疫による防御をすりぬけて侵入した病原体に対して，白血球の一種である　【　リンパ球　】がはたらいて異物を除去するしくみが【　獲得免疫　】である。獲得免疫は，一度，体内に侵入した病原体を認識・記憶して，再び同じ病原体が侵入すると強く反応する機構である。獲得免疫は，主にＢ細胞がはたらく【　体液性免疫　】とＴ細胞がはたらく【　細胞性免疫　】に分けられる。自然免疫とは異なり，侵入してきた特定の異物に対して【　特異的　】な反応を示す特徴がある。

A　体液性免疫

［抗原と抗体］

　体内に異物が入ってくると，それをリンパ球が【　　抗原　　】として認識し，その抗原に対してだけ反応する【　　抗体　　】をつくり，体液中に放出する。抗原とは，抗体をつくらせる原因となる物質であり，抗体とは抗原に対して【　　特異的　　】に反応する【　タンパク質　】である。抗原となる物質は，【　自己　】の体内には存在しないタンパク質や糖，脂質などで，病原体がもつこのような物質をリンパ球が【　非自己　　】として認識する。抗体は【　Ｂ細胞　】によってつくられる。

1 種類の抗体は1 種類の抗原に特異的に結合する。これを【　抗原抗体反応　　】という。抗原と抗体が結合した複合体は，【　凝集　・　沈殿　】し，【　マクロファージ　】によって認識されやすくなり，【　食作用　】によって排除される。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［体液性免疫のしくみ］

⑴　体内に異物が侵入すると，【　　樹状細胞　　】などが異物を取り込んで分解する（【　食作用　】）。

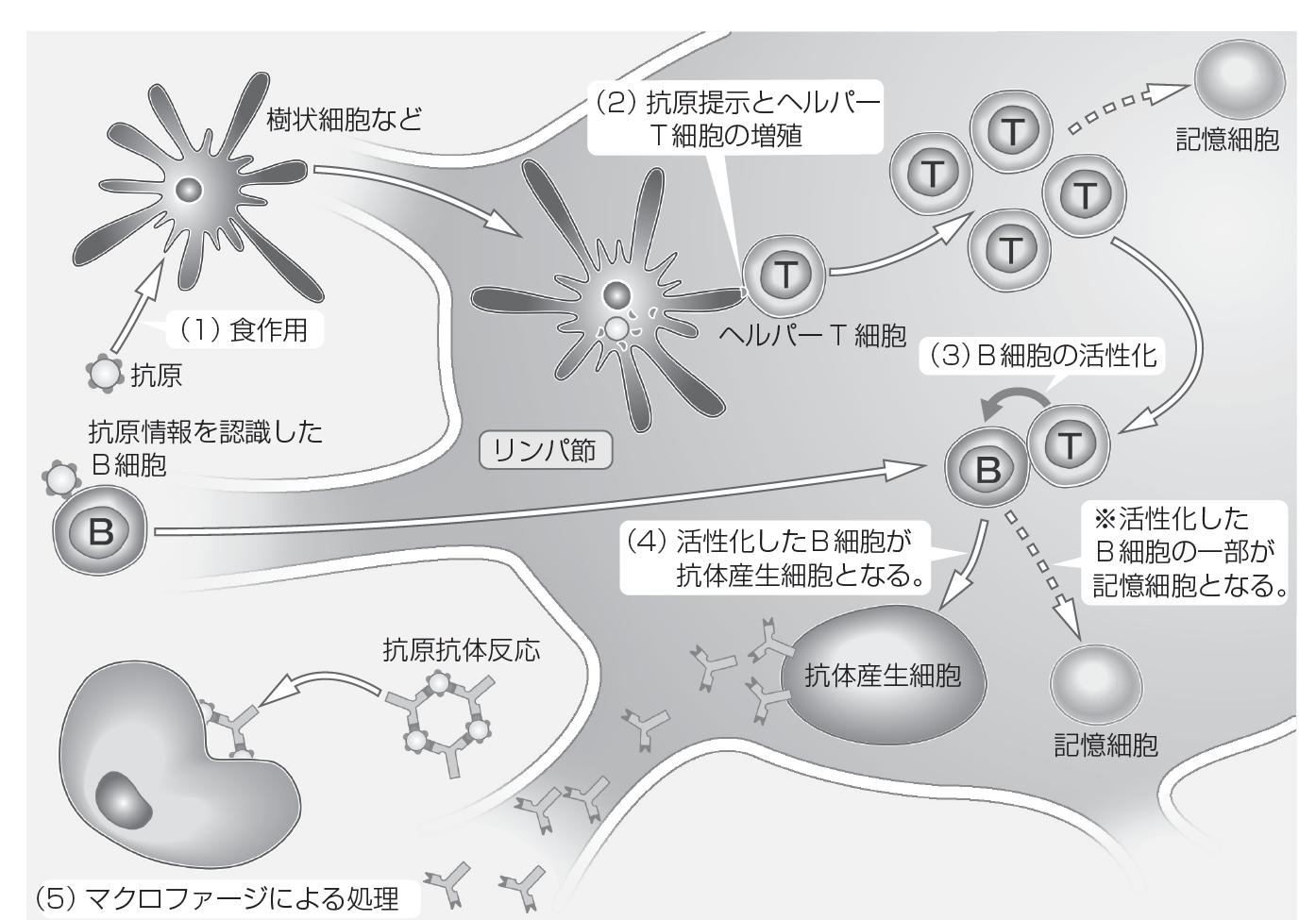
⑵　分解された異物の一部がこれらの細胞の【　表面　】に移動し，抗原として提示される。これを【　抗原提示　】という。提示された抗原を認識するのは【　ヘルパーＴ細胞　】というＴ細胞の一種である。抗原を認識したヘルパーＴ細胞は【　増殖　】する。

⑶　ヘルパーＴ細胞が，同じ抗原を認識した【　Ｂ細胞　】を活性化，増殖させる。

⑷　活性化したＢ細胞は【　抗体産生細胞　】となり，大量の抗体を産生し，体液中に分泌するようになる。

⑸　抗体は，抗原と【　　特異的　　】に結合する。抗体と抗原が結合した複合体は，　【　マクロファージ　】によって処理される。

　活性化したヘルパーＴ細胞やＢ細胞の一部は，【　記憶細胞　】として血液中に残り，次に同じ抗原が侵入してきた場合にすばやく反応して増殖し，抗体をつくる。



体液性免疫のしくみ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

Ｂ　細胞性免疫　［細胞性免疫のしくみ］

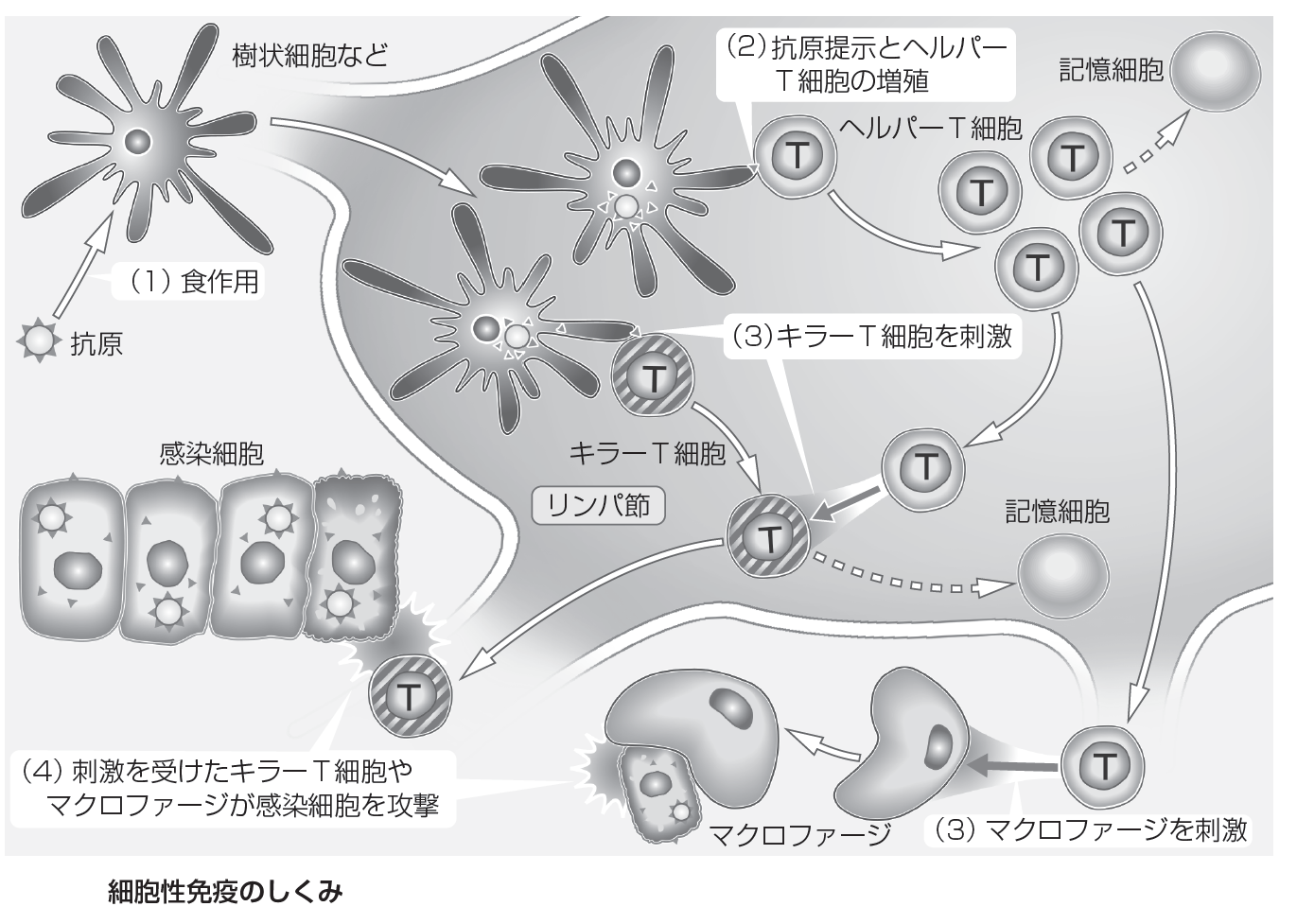
　獲得免疫のうち，ウイルスなどに感染した【　自己の細胞　】をリンパ球が直接攻撃する免疫を細胞性免疫という。細胞性免疫は，【　がん細胞　】の排除や，異物と認識された移植組織の【　拒絶反応　】にもはたらく。

⑴　体内に異物が侵入すると，【　　樹状細胞　　】などが異物を取り込んで分解する（【　食作用　】）。

⑵　分解された異物の一部は樹状細胞などの【　表面　】に移動し，抗原として提示される（【　抗原提示　】）。抗原を認識した【　ヘルパーＴ細胞　】は活性化し，　　　　　【　増殖　】する。

⑶　活性化したヘルパーＴ細胞が，【　キラーＴ細胞　】という種類のＴ細胞のうち，同じ抗原を認識するものを刺激して【　増殖　】させる。また，【　マクロファージ　】を活性化する。

⑷　活性化したキラーＴ細胞は，感染細胞の表面に現れた【　抗原　】を認識し，その細胞を【　直接攻撃　】する。マクロファージも，傷ついた【　感染細胞　】を食べる。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　】となり体内に残る。



ポイント　体液性免疫と細胞性免疫

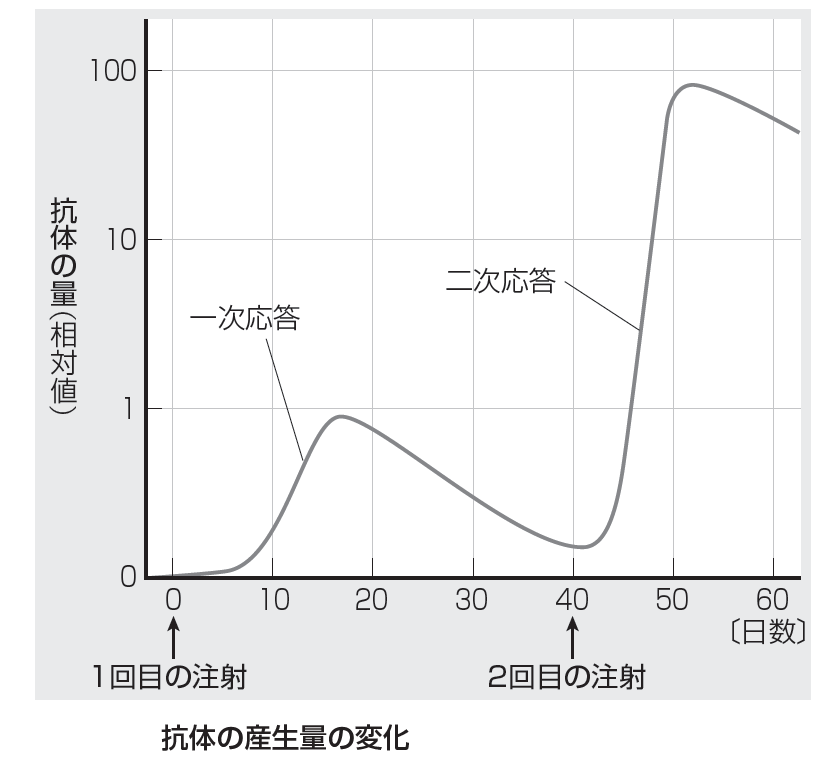
体液性免疫は，【細胞外】に存在するウイルスに対してはたらくが，抗体は細胞内には入らず，【細胞内】に侵入したウイルスに対してははたらかない。細胞にウイルスが感染している場合，細胞性免疫が【ウイルス感染細胞】を攻撃することで，ウイルスを排除する。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

C　免疫記憶

　はしかに一度かかると，以降，かかりにくくなるように，ヒトはある病原体に一度感染すると，同じ病原体に感染しにくくなる。【　免疫記憶　】とは，過去に抗原刺激を受けたＢ細胞やＴ細胞の一部が【　記憶細胞　】として体内に残り，その後，同じ抗原刺激があった場合に強く反応するしくみである。

［一次応答と二次応答］

　異物が体内に侵入すると免疫系はゆっくりと反応し， 1 ～ 2 週間かかって抗体をつくり始める。このとき，【　抗体産生量　】は多くなく， 1 か月を過ぎると大きく減少する。これを【　一次応答　】という。一次応答で刺激を受けたＢ細胞とＴ細胞の一部は，【　記憶細胞　】となり体内に残る。

記憶細胞は，【　同じ抗原　】に出会うと直ちに増殖し，抗体を大量に産生する。一度感染した病原体に感染しにくくなるのは，記憶細胞がリンパ節や血液中に存在し，感染したことのある病原体を認識するとそれに対する抗体を【　急速　】に，かつ【　大量　】に産生するためである。大量生産は１か月以上持続する。この反応を　　【　　二次応答　　】という。

［ツベルクリン反応］

　免疫記憶を利用したものに，【　ツベルクリン反応　　】がある。これはヒトや動物に【　結核菌　】に対する記憶細胞があるかどうかを調べるものである。結核菌に感染したことがある人では，その抗原に対して増殖した【　Ｔ細胞　】が記憶細胞として残っており，再び抗原が侵入すると【　　細胞性免疫　　】が急速にはたらくため，赤く腫れる。この場合，陽性と判断される。赤く腫れない場合は，陰性と判断される。陰性と判断された人は，結核菌に感染する恐れがあるので，人工的に免疫をもたせるため，弱毒化した生きている結核菌を注射することが行われている。このとき用いられる弱毒化した結核菌を【　BCG　】 という。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［ワクチン］

　特定の病原体による病気を予防するために，抗原として接種する物質を【　ワクチン　】という。病原体への免疫をつくらせるためにワクチンを接種することを，【　予防接種　】という。ワクチンには【　弱毒化　】したウイルスや，細菌の表面にある【　タンパク質　】などが用いられる。ワクチンによって刺激を受けたＴ細胞やＢ細胞の一部が記憶細胞となり，病原体が侵入した場合には急速に大量の抗体を産生する。

D　免疫と病気

［アレルギー］

　免疫は私たちの体を守っているが，免疫応答が【　　過敏　　】に起こって生体に不都合な影響を与える場合がある。このような反応を【　　アレルギー　　】という。　　　【　　花粉症　　】やじんましんなどもアレルギーの例である。アレルギーの原因となる抗原を【　アレルゲン　】という。花粉やダニなどから流出する【　タンパク質　】などがアレルゲンとなり，抗原抗体反応が起きて，結果として粘膜の炎症やくしゃみなどの症状が出る。鶏卵やそばなど，食物に含まれる物質がアレルゲンとなる場合もある。

食物，ハチ毒，薬などが原因で起こる，急性アレルギー反応を【　アナフィラキシー　】という。くしゃみ，下痢，おう吐，発疹，呼吸困難などの全身症状を示し，死に至ることもある。

［血清療法］

　あらかじめ動物につくらせた【　抗体　】を含む【　血清　】を注射することで，症状を軽減させる治療法を【　血清療法　】という。血清療法は，今でも緊急の場合に用いられている。血清療法は，【　北里柴三郎　】が開発した。

［拒絶反応］

他人の皮膚や臓器を移植した場合には，移植された組織が【　非自己　】と認識され，【　NK細胞　】や【　キラーＴ細胞　】が，移植された組織を攻撃する。攻撃された組織は定着できなくなる。これを【　拒絶反応　】という。拒絶反応を防ぐため，皮膚移植や臓器移植の際には，細胞性免疫を抑制する【　免疫抑制剤　】が投与される。

発展　臓器移植とMHC

　私たちの細胞の【　表面　】には，自己の細胞であることを示す【　タンパク質　】の標識があり，これが他人の細胞と自己の細胞を区別している。これらは主要組織適合性複合体抗原（【　MHC 抗原　】）といい，ヒトの場合，ヒト白血球抗原（HLA）分子ともいう。

他人の臓器を移植すると，キラーＴ細胞やヘルパーＴ細胞がMHC を異物と認識して移植された臓器を攻撃し，【　拒絶反応　】が起こる。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |

［免疫寛容］

　一般に，ヒトの体内では，【　自己抗原　】に反応するリンパ球は選択され，自ら死んだり，はたらかない状態になったりする。この結果，【　自己　】に対する免疫応答が【　抑制　】されている状態となる。これを【　免疫寛容　】という。免疫寛容のおかげで，免疫系が自己の正常な細胞や組織を攻撃することは少ない。

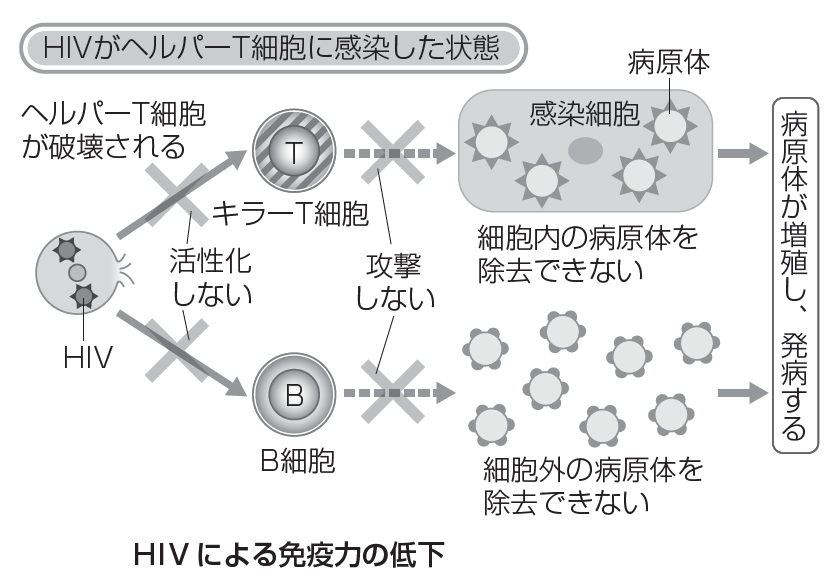
［自己免疫疾患］

　何らかの原因で，自己成分に対する【　抗体　】ができたり，自己組織を【　キラーＴ細胞　】が攻撃したりすることがある。このようにして起こる疾患を【　自己免疫疾患　】という。例として，Ⅰ型糖尿病やバセドウ病，【　関節リウマチ　】などがあげられる。

［後天性免疫不全症候群］

　【　　ヒト免疫不全ウイルス　　（　HIV　）】が原因で免疫力が低下する疾患を　【　　後天性免疫不全症候群　　（　エイズ，AIDS）】という。HIV は，性的接触や輸血などによって【　ヘルパーＴ細胞　】に感染し，【　体液性免疫　】と【　細胞性免疫　】を損なわせる。HIV がヘルパーＴ細胞に感染すると，長い潜伏期間の後に増殖を始め，感染したＴ細胞が破壊される。そのため，【　Ｂ細胞　】や【　キラーＴ細胞　】の機能が低下し，体液性免疫や細胞性免疫がはたらかなくなる。その結果，体内に侵入した病原体を除去できなくなり，エイズを発症する。

エイズのように免疫のはたらきが極端に低下すると，健康な状態では感染しないような病原体にも感染するようになる。これを【　　日和見感染　　】という。



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 月　　日 | 年　　組　　番 | 氏 名 |  |
|  |