

39 生体防御

今回のポイント 異物の侵入や増殖を防ぐ生体防御のしくみを理解しよう。

ポイント ① 生体防御は、異物の侵入を防ぐしくみと侵入した異物を排除するしくみとからなる。

- ① **物理的・化学的防御**：異物の侵入を防ぐしくみ。
- ② **免疫**：侵入した異物を排除するしくみ。

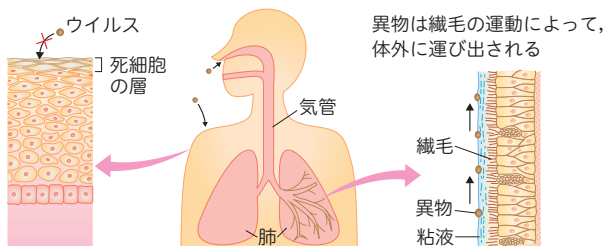
ポイント ② 体表では物理的・化学的防御が働く。

1 皮膚における防御

- 物理的** **角質層** (**ケラチン** + **死細胞**)によるウイルスなどの侵入阻止。
- 化学的** 汗・涙中の酵素 **リゾチーム** による、**細菌の細胞壁の破壊**。

2 粘膜における防御

- 物理的** **粘液**による異物の捕捉。せき、繊毛などによる、体外への異物排除。
- 化学的** **強酸性の胃液**による食物内の病原体の排除。



ポイント ③ 体内に侵入した異物には白血球が働く免疫が機能する。

- ① **自然免疫**：生まれつき備わっている免疫。
- ② **適応免疫(獲得免疫)**：生後獲得する免疫。

種類	働く場所	主な働き
物理的・化学的防御	体表	皮膚や粘膜による異物の侵入阻止
免疫	体内	生まれつき備わっている免疫
		生後獲得する免疫

注意 物理的・化学的防御を自然免疫に含めるとする考え方もある。



一問一答でCHECK!

☑ 1 **正誤** 体内に侵入した異物を排除するしくみを物理的・化学的防御という。

☑ 2 次の①～④の記述から、正しいものを1つ選べ。

ア

- ① ウイルスは生きた細胞にしか感染しないため、角質層の存在により体表から侵入することが困難になっている。
- ② 汗や涙に含まれるリゾチームはウイルスの細胞壁を破壊する酵素として働く。
- ③ 皮膚の表面は強酸性に保たれており、体内への異物侵入を阻止する。
- ④ 胃液に含まれるケラチンは食物内の病原体の排除に働く。

☑ 3 免疫は、先天的に備わっている **ア** と、生後獲得する **イ** とに大別することができる。恒常性には体液が重要な役割をしているが、免疫でも血球の **ウ** やリンパ液の循環が大きな役割を果たしている。

1 ×

▶ 体内に侵入した異物を排除するしくみは免疫という。

2ア. ①

- ② リゾチームは細菌の細胞壁を破壊する。
- ③ 体表は弱酸性に保たれている。
- ④ 胃液は塩酸によりpH2付近の強酸性に保たれており、病原体の排除に働く。

3ア. **自然免疫**
イ. **適応免疫(獲得免疫)**
ウ. **白血球**

40 免疫で働く血球

今回のポイント 免疫に働く白血球の特徴を理解しよう。

ポイント ① 免疫に働く白血球には、いろいろな種類がある。

免疫細胞：体内に侵入した異物の排除に働く白血球。

- ① 他の血球と同じく、**骨髄**内の**造血幹細胞**からつくられる。
- ② **リンパ節**には多くの免疫細胞が集まっており、病原体の捕捉が行われている。
- ③ **食作用**を行う好中球、マクロファージ、樹状細胞をまとめて**食細胞**と呼ぶ。

免疫細胞の種類	主な働きと特徴
好中球 	病原体に共通する特徴をもついろいろな異物に対して 食作用 を行う。
樹状細胞 	<ul style="list-style-type: none"> ・病原体に共通する特徴をもついろいろな異物に対して食作用を行う。 ・単球から分化する。 ・樹状。 ・T細胞に異物の情報を伝える(抗原提示)。
マクロファージ 	<ul style="list-style-type: none"> ・病原体に共通する特徴をもついろいろな異物に対して食作用を行う。 ・単球から分化する。 ・不定形。 ・T細胞に抗原提示を行う。
リンパ球 	NK細胞 異常細胞を見つけ出し攻撃して殺す。  がん細胞 や ウイルス感染細胞
	B細胞 <ul style="list-style-type: none"> ・抗体をつくり、体液性免疫に働く。 ・T細胞に抗原提示を行う。
	T細胞 <ul style="list-style-type: none"> ・胸腺で分化する。 ・ヘルパーT細胞：適応免疫反応を促進する。 ・キラーT細胞：非自己物質を直接攻撃し、細胞性免疫に働く。



一問一答でCHECK!

☑1 免疫に働く白血球が合成される場所を、次から1つ選べ。

- ① 胸腺 ② 骨髄
- ③ ひ臓 ④ リンパ節

☑2 白血球の一部は、体内に侵入した異物を細胞内に包みこみ、消化・分解することによって取り除く。この作用を何というか。

☑3 **正誤** リンパ節に集まっている多くの白血球は、リンパ液中の異物を除去し、異物が全身に広がるのを防いでいる。

☑4 次の(1)~(4)にあてはまるものを、下の①~⑥からそれぞれ選べ。

- (1) 食作用を行う細胞を3つ選べ。
 - (2) 単球から分化する細胞を2つ選べ。
 - (3) 胸腺で分化する細胞を2つ選べ。
 - (4) リンパ球を3つ選べ。
- ① B細胞 ② キラーT細胞
 - ③ ヘルパーT細胞 ④ 好中球
 - ⑤ 樹状細胞 ⑥ マクロファージ

1ア. ②

2ア. 食作用

3 ○

4ア. ④, ⑤, ⑥

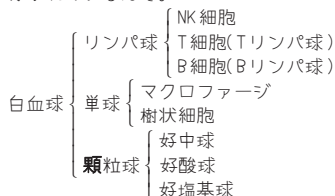
イ. ⑤, ⑥

ウ. ②, ③

エ. ①, ②, ③



細かいことを言うと…
白血球はこのようなグループに分かれているんだ。



41 自然免疫と適応免疫

今回のポイント 体内に侵入した異物は自然免疫と適応免疫により排除される。

ポイント① 自然免疫と適応免疫の違いをおさえよう。

1 自然免疫：食細胞の食作用による幅広い異物に対する免疫。

- ① 生まれつき備わっている。
- ② 食細胞は細胞内に取り込んだ異物を酵素により分解する。

2 適応免疫：リンパ球による特異的な抗原排除。

- ① 生後獲得する。
- ② ヘルパーT細胞が中心的な役割を果たす。
- ③ 抗原：リンパ球により非自己として認識された異物。

	自然免疫	適応免疫
働く細胞	樹状細胞, マクロファージ, 好中球, NK細胞	T細胞, B細胞, 樹状細胞, マクロファージ
異物に対する対応	幅広い	特異的
応答するまでの時間	短い(0-24時間)	長い(最初は7-10日)
異物に対する攻撃力	毎回同じ	2回目以降は増大

ポイント② 適応免疫の流れを理解しよう。

- ① 樹状細胞が、取り込んだ異物情報をT細胞へ伝える(抗原提示)。
- ② 抗原提示を受けたT細胞は活性化して増殖する。
- ③ 活性化したヘルパーT細胞は、マクロファージやNK細胞を活性化すると共に、その抗原に対応するB細胞やキラーT細胞を活性化する。
- ④ B細胞やキラーT細胞の働きで抗原が排除される。

実際は樹状細胞だけでなく、マクロファージやB細胞もT細胞に抗原提示をしているんだ。





一問一答でCHECK!

1 免疫のうち、食細胞による免疫を **ア**、リンパ球による免疫を **イ** という。リンパ球により非自己として認識された異物は **ウ** と呼ばれる。 **イ** において中心的に働くリンパ球は **エ** である。

2 自然免疫と適応免疫のうち、より幅広い異物に対して働く免疫はどちらか。 **ア**

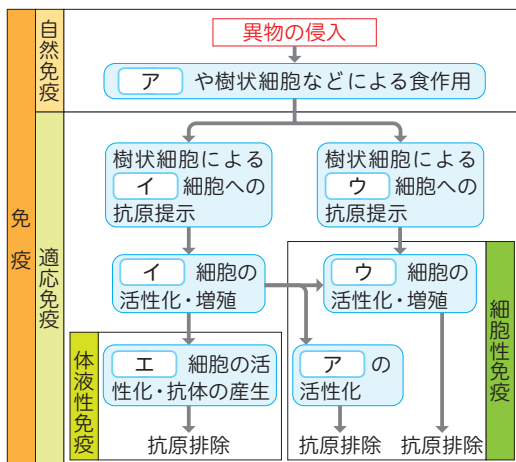
3 食細胞の一部は、食作用により取り込んだ異物情報をT細胞へ伝える。

(1) 異物情報をT細胞へ伝えることを **ア** という。

(2) (1)を行う食細胞の名称を2つ答えよ。 **イ**

4 **正誤** 自然免疫と適応免疫のうち、異物侵入後、速やかに応答が起こるのは適応免疫である。

5 次の図の **ア** ~ **エ** にあてはまる語句を答えよ。



1 **ア. 自然免疫**
イ. 適応免疫(獲得免疫)

ウ. 抗原
エ. ヘルパーT細胞

2 **ア. 自然免疫**

3 **ア. 抗原提示**
イ. 樹状細胞, マクロファージ

4 **×**

3 **ア. マクロファージ**

イ. ヘルパーT
ウ. キラーT
エ. B

42 体液性免疫

今回のポイント 体液性免疫では抗体が重要な役割を担う。

ポイント ① 体液性免疫の流れを確認しよう。

1 体液性免疫 : B細胞が分泌した**抗体**が働く免疫。

抗体 : **免疫グロブリン** というタンパク質からなる。

① 1種類の抗体は**1**種類の抗原にのみ結合(**抗原抗体反応**)する。

② 1個のB細胞は**1**種類の抗体しかつくることができない。

注意 ただし、B細胞には多くの種類が存在するので、体内では多くの異なる種類の抗原に対応することができる。

2 体液性免疫の流れ

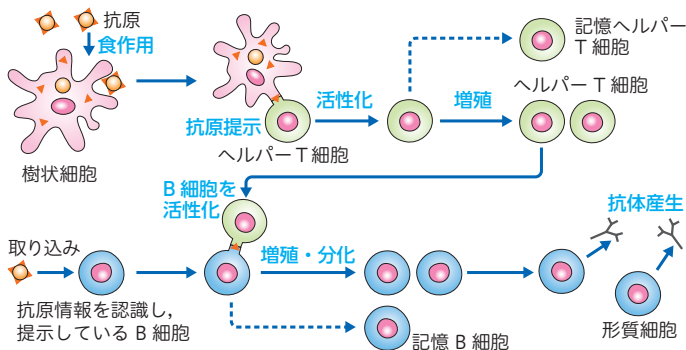
① B細胞は細胞表面で1種類の抗原と結合し、抗原情報を認識する。

② 抗原提示を受けた**ヘルパーT細胞**が、抗原を認識した**B細胞**を**活性化**する。

③ B細胞は**形質細胞(抗体産生細胞)**へ分化し、多量の**抗体**を合成・分泌する。

④ 抗体は**抗原抗体反応**により、抗原を不活性化する。

⑤ 不活性化した抗原を、食細胞が抗体ごと食作用により排除する。



ポイント ② 体液性免疫が関わる免疫反応を覚えよう。

① **血液型不適合時**の赤血球凝集反応

② 体内に侵入した**毒素やウイルスの除去**



一問一答でCHECK!

☑1 適応免疫のうち、B細胞が中心的に働く免疫を **ア** という。抗原が侵入するとB細胞は **イ** という細胞に分化し、 **ウ** を分泌する。 **ウ** は **エ** というタンパク質からなり、抗原と特異的に結合して複合体を形成する。この **ウ** と抗原の結合を **オ** という。

☑2 **正誤** 1個のB細胞は、1種類の抗体しか合成できないが、1個の抗体は多くの種類の抗原に結合することができる。

☑3 抗原抗体反応により不活性化した抗原は、どのようにして排除されるか。正しいものを次から1つ選べ。
ア

- ① 抗体のもつ酵素活性により分解・排除される。
- ② キラーT細胞の直接攻撃により排除される。
- ③ ヘルパーT細胞の食作用により排除される。
- ④ マクロファージなどの食作用により排除される。

1ア. **体液性免疫**
イ. **形質細胞**
(**抗体産生細胞**)
ウ. **抗体**
エ. **免疫グロブリン**
オ. **抗原抗体反応**

2 ×

▶ 1個の抗体は1種類の抗原にしか結合しない。

3ア. ④

食細胞は抗原単独よりも抗原に抗体が結合している方がより食作用を積極的に行うことがわかっているんだ。「ごはんだけ」より「ごはんにふりかけ」の方がより美味しくいただけるようなものだね!



43 細胞性免疫

今回のポイント 細胞の除去はキラーT細胞が働く細胞性免疫による。

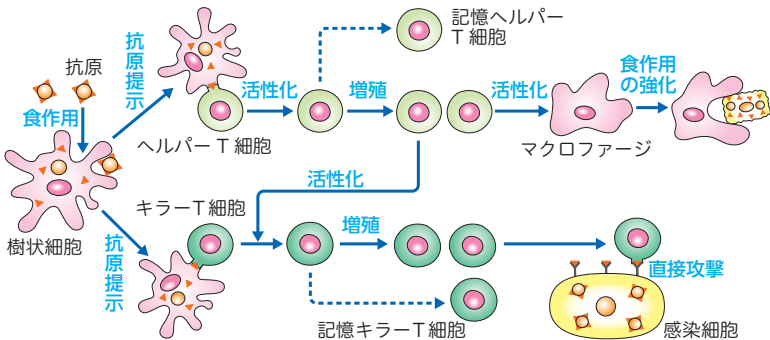
ポイント ① 細胞性免疫の流れを確認しよう。

1 **細胞性免疫**：キラーT細胞が細胞を直接攻撃・排除することによる免疫。

2 細胞性免疫の流れ

- ① ヘルパーT細胞とキラーT細胞が**抗原提示を受けて活性化**する。
- ② 活性化した**ヘルパーT細胞**は、マクロファージを活性化し、**食作用を促進**する。
- ③ 活性化した**キラーT細胞**は、攻撃対象となる細胞を**直接攻撃し**、**排除**する。

注意 キラーT細胞の活性化に、ヘルパーT細胞が働く場合もある。



ポイント ② 細胞性免疫が関わる免疫反応を覚えよう。

- ① **移植臓器に対する 拒絶反応**
- ② **がん細胞やウイルス感染細胞といった異常細胞の除去**
- ③ **ツベルクリン反応** (結核菌感染の有無を調べる検査)

ウイルスそのものの除去には体液性免疫が働くけど、ウイルスに感染してしまった細胞は細胞性免疫で除去するんだ。





一問一答でCHECK!

☑1 適応免疫のうち、キラーT細胞が細胞を直接攻撃して除去するしくみを **ア** という。同種の生物でも他個体の皮膚などを移植した際には **ア** が起こるため、移植片は生着せずに脱落することが多い。これを **イ** という。

☑2 細胞性免疫に関する記述として、誤っているものを次からすべて選べ。 **ア**

- ① T細胞が抗原提示を受ける。
- ② ヘルパーT細胞がキラーT細胞を活性化する。
- ③ キラーT細胞が食作用により細胞を排除する。
- ④ ヘルパーT細胞が感染した細胞を直接攻撃する。

☑3 **正誤** 細胞性免疫は体液性免疫と異なり、異物に対して非特異的に働く。

☑4 次の①～④のうち、細胞性免疫によるものを1つ選べ。 **ア**

- ① 血液型不適合による赤血球の凝集反応
- ② 出血時の血液凝固反応
- ③ 毒素やウイルスの排除
- ④ がん細胞の除去

1ア. **細胞性免疫**
イ. **拒絶反応**

2ア. ③, ④

- ③キラーT細胞は食作用は行わない。
- ④ヘルパーT細胞は抗原に対する攻撃を行わない。

3 ×

▶細胞性免疫、体液性免疫ともに、抗原に対して特異的に働く。

4ア. ④

44 免疫寛容・免疫の記憶

今回のポイント 1個のリンパ球は1種類の異物しか認識しない。

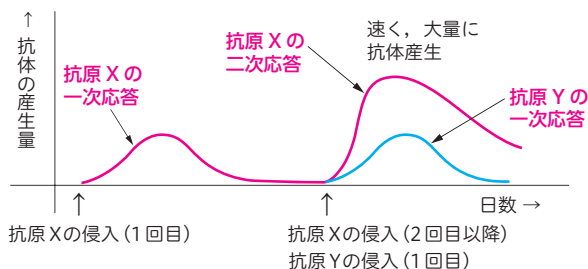
ポイント① 自分自身の体内にある物質に対しては、免疫は働かない。

- ① 1個のリンパ球(T細胞やB細胞)は、1種類の異物しか認識・排除しない。しかし、体内には**無数のリンパ球がある**ため、体内に侵入した**異物のほとんどは排除される**。
- ② 分化した無数のリンパ球のうち、**自分自身の体内にある物質を認識・排除するものは死滅させられたり、働きが抑制されたりする**。
- ③ その結果、**自分自身の体内にある物質に対しては免疫が働かないことになる**。この状態を**免疫寛容**という。

ポイント② 適応免疫では抗原情報が記憶される。

- ① 抗原侵入時に活性化したリンパ球の一部は、**寿命が長い記憶細胞**へと分化する。この状態を**免疫記憶**が成立した、と表現する。
注意 ヘルパーT細胞、キラーT細胞、B細胞いずれも記憶細胞に分化しうる。
- ② **同一抗原が体内に侵入すると、記憶細胞が速やかに分裂・増殖する**。
- ③ そのため、二度目以降の抗原侵入時には**速やか**で**大きい**免疫反応である**二次応答**が起こる。

〔抗原の侵入と抗体産生〕



病原体の種類によって免疫記憶が続く期間は異なるんだ。はしかや水ぼうそう、おたふく風邪なんかは一度成立した免疫記憶は基本的に一生続くから、一度かかって治ると、二度とかからないことが多いね。



一問一答でCHECK!

☑ 1 適応免疫において、抗原情報を受け取ったリンパ球の一部は **ア** に分化する。**ア** は長く体内に留まり、この状態を **イ** が成立している、という。

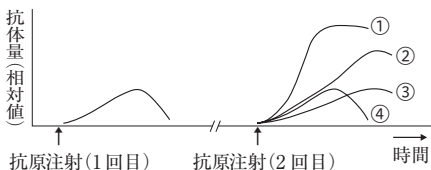
☑ 2 記憶細胞に分化しうる細胞として正しいものを、次からすべて選べ。 **ア**

- ① B細胞 ② キラーT細胞
 ③ 好中球 ④ 樹状細胞
 ⑤ ヘルパーT細胞 ⑥ マクロファージ

☑ 3 記憶細胞が体内に存在しているときに同一抗原が侵入した際に起こる、速やかで大きい免疫反応を **ア** という。

☑ 4 **正誤** ネズミAの皮膚をネズミBに移植したところ、10日で脱落した。このネズミBはネズミAに対する免疫記憶が成立しているため、再びネズミAの皮膚を移植すると、皮膚片は脱落せず生着する。

☑ 5 抗原C、Dに接触したことがないネズミに、1回目は抗原Cのみを、2回目は抗原CとDを同時に注射した。2回目の注射における抗原Cと抗原Dに対する抗体産生量を、図中の①～④から1つずつ選べ。抗原C **ア**、抗原D **イ**



1 **ア**、**記憶細胞(免疫記憶細胞)**
イ、**免疫記憶**

2 **ア**、①、②、⑤
 ▶ 記憶細胞に分化するのはリンパ球のみ。

3 **ア**、**二次応答**

4 **×**
 ▶ 免疫記憶が成立しているので、2度目の移植時には記憶細胞が短時間で分裂・増殖する。その結果、ヘルパーT細胞とキラーT細胞による細胞性免疫が1度目よりも速やかに起こり、皮膚片は10日未滿で脱落する。

5 **ア**、①
イ、④

▶ 抗原Cに対しては免疫記憶が成立しているため、2度目の刺激時には二次応答が起こり、抗体量は1度目よりも短期間で最大量に達する。抗原Dに対しては免疫記憶が成立していないので一次応答が起こる。

45 免疫と病気

今回のポイント 発病の原因にはどのようなものがあるのか確認しよう。

ポイント① ウイルス感染、過剰な免疫反応、免疫異常などが、さまざまな病気の原因となる。

1 エイズ (AIDS・後天性免疫不全症候群)

- ① HIV (ヒト免疫不全ウイルス) がヘルパーT細胞に感染・破壊することにより、適応免疫が機能しなくなり、免疫機能が極めて低下した状態。
- ② 日和見感染やがんを発症しやすくなる。

2 日和見感染

- ① 免疫力の低下により、健康な人では通常発病しない病原性の低い病原体に感染・発病すること。
- ② エイズの発症や、疲労や加齢による免疫力低下などが原因。

3 アレルギー：生体に不利益をもたらす、過剰な免疫反応。

細胞性免疫、体液性免疫いずれによるアレルギーもある。

- ① **アレルゲン**：アレルギーの原因となる抗原。
- ② **アナフィラキシーショック**：血圧低下や意識低下などの、全身性急性アレルギー。ペニシリンやハチ毒などが原因となりうる。
- ③ **即時型アレルギー**：アレルゲン接触後、ただちに発症。**体液性**免疫によるアレルギー。

例 花粉症

- ④ **遅延型アレルギー**：アレルゲン接触後、1～2日経って発症。**細胞性**免疫によるアレルギー。

例 ツベルクリン反応、金属アレルギー

4 自己免疫性疾患 (自己免疫病)：自身の組織や成分を攻撃対象として認識してしまう免疫異常。

例 関節リウマチ、1型糖尿病、重症筋無力症



一問一答でCHECK!

- ☑ 1 体に不都合に働く過剰な免疫反応をアレルギーといい、アレルギーの原因となる抗原物質を **ア** という。体内に **ア** が侵入して急激に血圧低下や呼吸困難などが生じる全身アレルギー反応は特に **イ** という。また、外界からの異物を認識して攻撃する免疫反応が、自分自身の正常な細胞や組織に対して過剰に反応し、攻撃してしまうことを **ウ** という。
- ☑ 2 エイズの原因となるウイルスを **ア** という。**ア** は **イ** に特異的に感染し、これを破壊する。そのため、エイズを発症すると **ウ** 免疫が機能しなくなり、免疫力が極めて低下し、病原性の低い病原体に感染・発病する **オ** を発症しやすくなる。
- ☑ 3 自己免疫性疾患の例として、適当な病気の名前を次から2つ選べ。 **ア**
- ① 後天性免疫不全症候群(AIDS)
 - ② 天然痘
 - ③ I型糖尿病
 - ④ ジフテリア
 - ⑤ 花粉症
 - ⑥ 関節リウマチ
- ☑ 4 **正誤** アレルギーは体液性免疫が関与するものだけではなく、細胞性免疫が関与するものもある。
- 1 **ア**. アレルゲン
イ. アナフィラキシーショック
ウ. 自己免疫性疾患(自己免疫病)
- 2 **ア**. HIV(ヒト免疫不全ウイルス)
イ. ヘルパーT細胞
ウ. 適応(獲得)
エ. 日和見感染
- 3 **ア**. ③, ⑥
 ▶ I型糖尿病は、すい臓ランゲルハンス島B細胞が攻撃対象となった結果、インスリンを正常に分泌できなくなったことにより発症する。
- 4 ○