

免疫細胞はどこでつくられる？どこにいる？

免疫細胞が生まれたり育ったりする場所や、ふだんいる場所など、免疫細胞に欠かせない器官を紹介するよ。

リンパ管をめぐる免疫細胞の合流点 リンパ節

首やわきの下、ひざの裏、太ももの付け根など、たくさんの免疫細胞が集まって情報交換をする交通の要所。風邪を引いたときなどに、首やわきの下が腫れるのは、ここで免疫細胞が活発にはたらくしているから。リンパ管と血管の間を免疫細胞が移動できる場もある。

免疫細胞「誕生の地」 骨髄

免疫細胞がつくられる場所。免疫細胞は血液細胞で、全身にある骨の中のスポンジのようにやわらかい骨髄で生まれる。たくさんの種類の免疫細胞がここで誕生する。

免疫細胞「成長の地」 胸腺

骨髄で誕生した免疫細胞の一部は胸腺に移動し、ここで成熟して一人前になる。

免疫細胞専用のハイウェイ リンパ管

血管と同じように体中に張りめぐらされている。この管を通して、免疫細胞は体の中に侵入しようとする病原体がいなければ見張っている。

血管をめぐる免疫細胞の合流点 脾臓

血管をめぐる免疫細胞が集まる場所。リンパ節と同じように、集まった免疫細胞が病原体と戦う準備をする基地。

特集

ウイルス・細菌と戦う

免疫のちから

コピン ナセダーマンの子分

インフルエンザにかかりやすいこの季節、免疫が活躍するぞ！

ナセダーマン あらゆるナソを追究する正義の味方

2018年のノーベル医学・生理学賞は「免疫」の研究をしている本庶佑さんたちが受賞。免疫は、私たちの健康にかかわる大切な体のはたらきだ。免疫とはどんなもので、どんなはたらきをしているのか、そのしくみを見ていこう。

監修 三宅幸子(順天堂大学医学部教授)

皮膚と粘膜が病原体の侵入を防ぐバリア

- せき・くしゃみ**
気道で病原体をキャッチし、せきやくしゃみを通して外に出す
- 鼻水・涙・汗、唾液など**
分泌される物質で病原体を外に押し流したり、壊したりする
- 胃**
胃酸や消化液で殺菌
- 大腸**
腸内にとってよい細菌が栄養を独占し、悪い細菌(病原菌)が繁殖するのを防ぐ。もし腸内で病原菌が繁殖したら、下痢によって外に出す



病原体を防ぐ免疫のしくみの一部を紹介
体の構造は「皮(=皮膚・粘膜)」と「中身」に分けられる。粘膜で覆われる胃や腸などの消化器の外側は、おなかの中にあるとはいえ、食べ物をとることによって、外との接触がある「皮」の部分だ。病原体が体の中になかなか入れないのはこの皮膚のおかげだし、粘膜にあるネバネバした粘液で、病原体を動けなくして侵入を防御してくれる。

「免疫」の驚異のパワーをのぞいてみよう！



今月のナビゲーター
三宅幸子先生

免疫ってなんだ？

私たちの身の回りには、微生物があふれている。多くは無害だけれど、なかには病気を引き起こす「病原体」(細菌やウイルスなど)がいる。

そんな私たちの体に害を及ぼす病原体が体に入ってきた場合、異物として体から排除するはたらきをしているのが「免疫」だ。

私たちの体は、呼吸をしたり、食べたり、皮膚に傷をついたりするたびに、目、耳、口、傷口など、あらゆる開口部から病原体に入り込まれる可能性がある。もし免疫がなければこれらを排除することができず、命にかかわる病気になつてしまう。熱が出たり、下痢をしたりしても、たいていの場合台治するのは、すべて免疫が正常にはたらくてくれているおかげなんだ。

「免疫細胞」とは？

免疫細胞は、特定の場所だけではなく、血管やリンパ管、臓器、皮膚、粘膜などあちこちで活動している。免疫のはたらきを受け持つのが、血液中にある白血球の一員、「免疫細胞」だ。

免疫細胞は、体をめぐって、全身をパトロールしている。頭のとっぺんでも、足のつま先でも、どんなところでも、いざ病原体が体の中に入ってきたら、免疫細胞が力を発揮する土俵となる。その場に駆けつけ、病原体を退治して体を守ってくれるんだ。

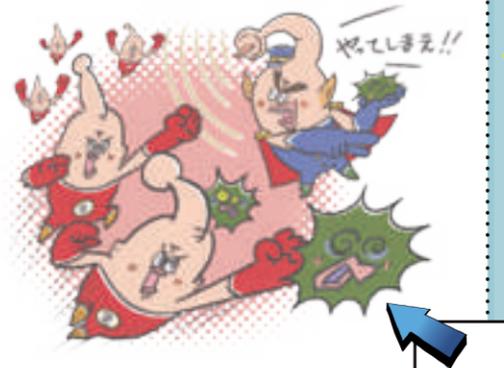
細菌
別名「バクテリア」とも呼ばれる微生物。細胞を持ち、自ら栄養を摂取し、二つに分裂しながら増殖する。人に有害なものはたつきをするものに、結核菌や大腸菌などがある。また有益なものはたつきをするものに腸内のビフィス菌などがある。ウイルスよりも大きく、顕微鏡で見ることができる。

ウイルス
自分の体を形つくる細胞を持たず、自分だけでは生きられない。動物や細菌の細胞を乗っ取り、大量に増える。それにとどまらず、乗っ取った生物にいろいろな病気を引き起こす。身近なものではインフルエンザやノロなど。細菌より小さく、電子顕微鏡でしか見られない。

ウイルスに感染した場合

殺し屋キラーT細胞が登場

感染した細胞や仲間の免疫細胞から情報をもらい、強力なキラーT細胞が登場。病原体に感染した細胞ごと破壊。



病原体の増殖がピーク (感染から4、5日)



のどの痛みが増し、徐々に発熱。その後高熱になるなど症状がひどくなる

発症

病原体がやってきた!!



感染

症状はのどが少し痛い程度。熱はまだ出ていない

病原体と戦う主な免疫細胞たち

すぐにはたらく緊急部隊

<p>好中球 病原体が大好物。とにかく食べまくる。ふだんは血液の中にいて、マクロファージと呼ばれるとすぐに駆けつける</p>	<p>マクロファージ 病原体をいち早く見つけて食べ、その情報をヘルパーT細胞に伝える。皮膚や肺、腸などにいる</p>
---	---

しっかり準備の強力攻撃部隊

<p>キラーT細胞 感染した細胞や仲間の免疫細胞から情報をもらい、病原体に感染した細胞ごと壊す役目。戦うことが専門の殺し屋</p>	<p>ヘルパーT細胞 ほかの免疫細胞がきちんとはたらくように、さまざまな情報を仲間に伝える。血管やリンパ管を通して体中をめぐる</p>
<p>B細胞 病原体の情報を自分で取りに行き、抗体をつくる。その抗体を病原体へ発射！抗体はB細胞でしかつけれない</p>	

免疫細胞 VS. 病原体

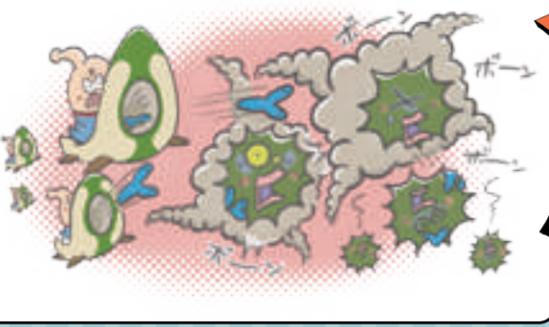
免疫細胞たちは、

どうはたらく?

病原体に感染すると、私たちの体の中でどんなことが起るのかな？ 風邪の場合を例に見てみよう。

3 抗体をつくり、発射

B細胞は入手した情報をもとに、その病原体に合った専用の武器(抗体)をつくり、病原体へ発射。抗体を病原体にくっつけ、弱らせる。

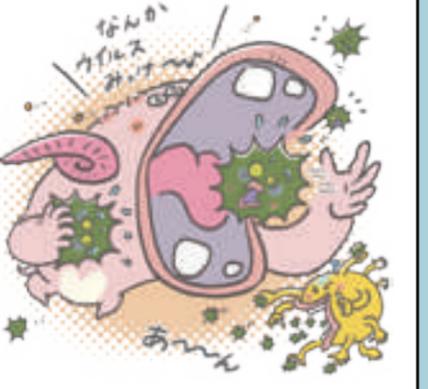


2 より強力な攻撃部隊に援軍要請

マクロファージや好中球ががんばってはたらくても、病原体の増殖が止まらないこともある。そんなとき、マクロファージは、病原体の情報を仲間のヘルパーT細胞に伝達。



1 緊急部隊が現場に急行



病原体は体に入ると、増殖しやすい細胞を見つけてくつき、ものすごいスピードで仲間を増やし始める。全身をパトロール中の緊急部隊(マクロファージと好中球)は、異変に気づくと病原体の増殖を阻止するために現場に急行、病原体を食べまくる。

4 きれいに掃除



抗体のくっついた弱った病原体を、マクロファージはきれいに食べつくす。

回復



熱も徐々に下がり、のどの痛みも治まり回復へ

アレルギーは免疫のはたらきすぎ?

体にとって無害なものに対して、体中の免疫が過剰に反応してしまうことを「アレルギー」というよ。アレルギーの原因となるスギやヒノキの花粉、ダニ、卵やエビなどの食べ物、動物の毛やフケなどを「アレルゲン」と呼ぶが、どれも身近なものばかりだ。アレルギー症状の多くは、こうしたアレルゲンに免疫細胞の仲間が反応して、刺激作用のある化学物質を放出することで、くしゃみや鼻水、発疹、炎症などを引き起こすんだ。

かかってしまうことがあるし、同じような症状の風邪に、何度も悩まされることもある。なぜ抗体が効かない病気があるのだろうか？ それは同じ病原体であっても、実は全く同じというわけではないため、別のものと認識されるからだ。一つの病原体のタイプが何種類もある場合もある。たとえば、鼻風邪を起こすライノウイルスには、100種類以上のタイプが存在するという。また、高熱が出るインフルエンザウイルスや下痢と嘔吐を繰り返すノロウイルスなどは、病原体自身が変異を繰り返す。毎年のように流行しているのはそのためだ。大人は、さまざまな病気にかかり、すでにたくさん抗体を持っているので、病気になる頻度は低い。一方で子どもが頻りに体調を崩すのは、そのたびに体の中の抗体を増やして、病気に慣れない体になろうとしている証でもあるんだ。

「自分」と「自分以外」を判断して攻撃する
人の体は、いろいろな種類の細胞からできている。免疫のもつとも基本的なしくみは、体をつくっている細胞「自分」、病原体の細胞「自分以外」を区別して、自分以外のものを、異物と判断して攻撃することだ。
病原体に感染して病気になった場合、上のイラストのような反応が体の中で起こっている。さまざまな役割を持った免疫細胞のはたらきにより、病原体を取り除かれると、体は回復に向かう。

一度感染したら、「抗体」ができる
免疫には、病原体を排除するだけでなく、同じ病原体に2度目に感染したときに、同じ病気にかかりにくくなるしくみがある。一度感染したら、その病原体に合った武器(抗体)をつくらせておくからだ。また、免疫は感染するたびにそれに対する抗体をつくり直すので、再び同じ病原体に感染すると、より強い免疫ができる。
この免疫のはたらきを利用して、予防接種で使われる「ワクチン」だ。毒性を弱めた病原体を体に入れることで体内に抗体をつくり、病気を予防するというわけだ。
とはいえ、インフルエンザは予防接種をしても

毎年冬になると流行!

毎年、冬になるとはやる「季節性」と、何十年かに一度の大流行によって多くの犠牲者を出す「新型」とがある。20世紀にワクチンがつけられ、21世紀に抗ウイルス薬のタミフルやリレンザが開発された。鳥インフルエンザ(H5N1)が変異して起こる、「新型」の流行が恐れられている。

症状 高熱や頭痛など、ウイルスの性質によってさまざま

人類 vs. 病原体 ③

ウイルス インフルエンザ



1918年に流行した新型インフルエンザ。「スペイン風邪」ともいわれる。写真は感染した人を隔離するために改装した倉庫

人類 vs. 病原体 ④

エボラ出血熱

ウイルス

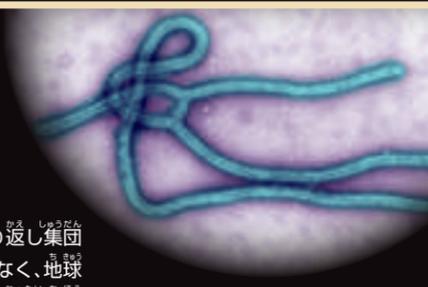


▲エボラウイルスに感染し、死亡した犠牲者の葬儀

もっとも危険なウイルス

1976年に中央アフリカで発見されて以降、繰り返し集団感染が発生している。有効な治療法や予防法はなく、地球上でもっとも危険なウイルスのひとつとされる。熱帯地方のコウモリにウイルスがひそみ、森の中の野生動物に感染しているが、その動物の死骸や生肉に触れると人にもうつる。

症状 嘔吐や下痢が続いた後、全身から出血



免疫細胞を破壊

免疫細胞の情報伝達官・ヘルパーT細胞(P16を見てね)を壊すため、ほかの免疫細胞も機能しなくなる。そのため、健康な人だと感染しない病原体にも感染してしまう。この状態を「エイズ(後天性免疫不全症候群)」という。感染者の血液や体液が粘膜や傷口から体内に入ると感染する。特に性行為による感染がもっとも多い。ワクチンはまだなく、治療薬のみ。



▲HIVは、アフリカに生息するチンパンジーやサルなどが持つSIV(サル免疫不全ウイルス)と関係があると推定される

人類 vs. 病原体 ⑤

ウイルス HIV

(ヒト免疫不全ウイルス)

症状 あらゆる感染症にかかりやすくなり、症状が重くなる。悪性リンパ腫などのがんを発生することも

人類が唯一、根絶に成功

人々の貿易・交流や戦争の発生とともに世界に広まった。非常に感染力が強く、かつては人類の10分の1が天然痘で死んだともいわれている。19世紀にワクチンが開発され、1980年には地上から根絶された。



症状 発熱のあと赤いぶつぶつが顔、腕、足を中心にでき、水ぶくれになって激しく痛む

約3千年前に死亡した古代エジプトの王・ラムセス5世のミイラに天然痘の跡が見つかった

人類 vs. 病原体 ①

ウイルス 天然痘

中世ヨーロッパで大流行

過去に3回、世界的に大流行した。14世紀のヨーロッパの大流行では人口の約3分の1が死んだ。ワクチンはない。20世紀に入り、抗生物質によって治療できるようになった。

症状 リンパ節が腫れて痛み、紫がかったぶつぶつができる

感染しないようにベスト医が着ていた防護服(18世紀)

ヨーロッパの古い町には、ベスト退散を祈るベスト塔が今も残っている。写真はオーストリアにあるもの



細菌による病気の治療薬として抗生物質が使われますが、それに対抗するように抗生物質が効かない耐性菌も増え、問題になっています。

人類と病原体 終わらななき戦い

ここでは多くの人々の命を奪った代表的な病原体を紹介していくよ。

人への感染はどうやって広まる?

野生の動植物のすみかに足を踏み入れた



ウイルスなどの病原体は、もともと野生の動植物と共存し、ほとんどが無害だった。しかし、人間がそうした病原体と動植物のすみかに足を踏み入れ、生活を始めたり、環境を破壊したりしたために、動物から人へのウイルス感染が起こるようになった。

現代社会が感染を広げる



発達した航空機や鉄道、自動車などの交通システムは、人だけでなく、病原体も運ぶ。国から国へ、これまで存在していなかったような病原体が運ばれたり、人が密集する場所で人から人へと爆発的に感染したりすることが起こるようになった。

神のたたりが原因!?

人類の歴史は、病原体が、体の中に入って増えること(感染)で起こる「感染症」との戦いの歴史ともいえる。

病原体は、はるか昔から地球上に存在し、人類とともに生きてきた。そして、人類の文明が始まったところから、人々の集まる場所に現れて感染症を引き起こし、数えきれないほどの人の命を奪ってきた。一国の歴史だけでなく、世界の歴史の流れまで変えることすらあった。ただ、当時は原因がわからず、神のたたりなどと考えられていた。

病原体を発見!

19世紀後半以降、科学の進歩により、細菌やウイルスといった病原体が原因であることがわかった。その結果、有効な治療法としてベストや結核などの細菌に抗生物質、天然痘やインフルエンザなどのウイルスにはワクチンが開発された。しかし、ヒト免疫不全ウイルス(HIV)やエボラウイルスといった新しい病原体などは完全な治療法がまだなく、今も多くの人が苦しんでいる。進化し続ける病原体と人類の戦いは終わっていない。

「免疫学」の基礎をつくった人たち

Robert Koch
ロベルト・コッホ
(1843~1910年)

ドイツの医学者コッホは、微生物や細菌を色素で染めることでうまく観察する方法を考案した。これにより、結核菌、コレラ菌など、たくさんの病原菌を発見。1905年にはノーベル医学生理学賞に輝いた。日本の医学の父、北里柴三郎もコッホの下で学んでいる。



細菌学の第一人者

Louis Pasteur
ルイ・パスツール
(1822~95年)

フランスの化学者パスツールは、微生物について研究するなかで、目に見えないほどの小さな微生物(病原菌)が感染症の原因になることを明らかにした。そして、ジェンナーの天然痘を予防する方法からヒントを得て、病原菌の力を弱めて注射し、病気を予防するワクチン注射の方法を開発した。



ワクチンを開発

メモ

パスツールは、ジェンナーに敬意を表して、この予防法にラテン語の「雌牛(Vacca)」からワクチン(Vaccine)と名付けました。

Edward Jenner
エドワード・ジェンナー
(1749~1823年)

イギリスの医師ジェンナーは、天然痘(P18を見てね)という恐ろしい感染症を研究し、牛痘(牛の天然痘)という病気にかかったことのある人は、天然痘にかかっても軽くすむことに気づいた。そこで、人が牛痘にかかるとできる膿を健康な少年に注射し、天然痘を予防する方法を開発した。



天然痘を予防する方法を見つけた

免疫力を高めるにはどうしたらいいの？

先生教えて!!

- 先生、よく免疫力を高めてよって聞けれど、どうしたらいいの？
- 「免疫力を高める」とは、私たちが持っている免疫が正しくはたらけるよう、正常な状態にすることだよ。
- 免疫を正しくはたらかせるためにボクができることってあるの？
- もちろん！食事・睡眠・運動の生活習慣を整えて健康にすることがなにより大切なんだよ。免疫細胞はみんなの体の中で24時間はたらい回しで、健康であれば体内に侵入してきた病原体にも負けないけれど、体が弱っているか病原体に負けて病気になるかやすくなってしまうんだ。
- ボクは健康には自信あるぞー！
- あとは手洗いやうがい、マスクなどで病原体が体に入ってくるのを防ぐことも忘れないでね。これからインフルエンザや風邪が流行する季節。空気が乾燥しているから、保湿を心がけながらウイルスなどに負けない体をつくる基本も覚えてね。

免疫の力を正しくはたらかせるための四つの基本



①うがいと手洗いは念入りに
外出先から帰ったら、手や指についた病原体は、せっけんを使って念入りに洗って落とそう。のどや口内の粘膜についた病原体は、しっかりうがいをして落とそう。



②流行前にワクチン接種を
ワクチン接種には、感染後に発症する可能性を低くする効果と、発症後の重症化を防ぐ効果がある。ワクチン接種をするかどうかは保護者の方とよく話し合ってみよう。



③エチケットとしてマスクを着用
マスクは手についた病原体が直接口に入るのを防ぐ効果がある。また、せきやくしゃみによる飛沫(空気)感染を広げないために、感染者は必ずマスクを着用しよう。



④十分な睡眠・食事・運動を
人がもともと持っている病原体への免疫力がきちんとはたらくように、十分な睡眠とバランスのとれた食事、適度な運動で体力をつけよう。

「免疫」の力でがんを治す

2018年のノーベル医学生理学賞に、京都大学の本庶佑特別教授たちが選ばれた。本庶さんは、免疫の力を使って、がんを治す新しい方法を見つけた。

がんは、日本人の3人に1人が命を落とすといわれる深刻な病気だ。本庶さんはがんが治療しにくいのは、免疫細胞のひとつ、「キラーT細胞」の働きにがん細胞がブレーキをかけ、がん細胞を攻撃する力を弱めていたからだだと突き止めた。この発見から、本来の免疫の力を引き出す新しい治療薬が開発された(右のマンガを見てね)。すべてのがん患者にこの薬が効くわけではないが、多くの患者が救われることになった。



▶2018年12月10日のノーベル賞授賞式に参加した本庶さん。日本で医学生理学賞を受賞したのは、5人目となる。免疫分野では、1987年に利根川進さんが受賞して以来だ

ノーベル賞受賞 本庶佑さんの研究も免疫学!

がん細胞は正常な細胞が細胞分裂するときの異常によつてできた細胞。健康な人でも1日数千個つくれる。

「がん細胞をいっしょにつけていこうよ！」

「ぼくは「キラーT細胞」」

「それで生き残ったがん細胞は、そのうちぼくも対応できなくなっちゃうぞ、人はがんをいっしょにつけていこうよ！」

「ぼくが持つ「PD-1」は、味方(正常な自分の細胞)が持つ「PD-L1」とくっつく。ぼくの攻撃にストップをかける「ブレーキボタン」みたいなものなんだ」

「でも、なんと!がん細胞にも「PD-L1」を持つていて、やつがついて攻撃されないようにぼくのボタンにくっつくんだ」

「本庶さんが、がん細胞の「PD-L1」が「PD-1」にくっつくのを邪魔する物質をつくらせてくれたおかげで、ぼくらはがん細胞にだまされずに戦えるようになったのさ」

免疫のしくみを治療に生かす「免疫学」

ノーベル賞が始まる
1901年より前に基礎が築かれてたんだね



免疫の「疫」は「疫病」、「つまり伝染病(感染症)の」とい、その苦痛から「免」れるしくみを解き明かし、人々の健康に役立てようとするのが「免疫学」だ。そんな志を持った研究者たちにより、多くの免疫のしくみが解明されてきた。