

コロナウイルス VS 体の防衛システム（テレビ放映情報を中心に）2020. 8

船本浩路

はじめに

新型コロナウイルスが相変わらず猛威を振るっています。夏場はその勢いが幾分弱まるだろうとの専門家の大方の予測を裏切って、ついこの間までは、一日の最高感染者数を日々更新している状況でした。

毎日、ニュースを見ているのですが、感染は若者を中心に拡大しているとのこと。しかし、大半の若者は軽症で終わるようです。一方、高齢者は重症化するリスクが非常に高いとのこと。年齢差によってなぜこんなに違いがあるのかと前々から疑問に思っていました。そんな時にたまたま NHK でウイルスと免疫に関する映像が放映されました。ノーベル賞受賞者の山中先生が、「この映像は私も初めて見て驚いています」とコメントされていたので、そんなにすごいのであれば見てみようとなったのです。確かに、この分野には全く知識の無い私でも非常に興味を持って見ることができました。そこで、この映像内容を文章化してコンパクトにまとめてみました。よろしければご一読下さい。また、予備知識として次に簡単な説明を加えておきます。

私は美味しい魚を求めて釣りによく出掛けますが、魚は死ぬと、今のような夏場でしたら細菌などによってすぐに腐敗を始めます。魚体をいくらきれいに洗っても無理です。それはこの環境中にウヨウヨいる細菌やカビなどが魚体に付着・侵入するからです。人間にも同じことがいえます。しかし、生きているものは腐りません。それは体に外敵から身を守る**防衛システム**が絶えず働いているからです。この防衛システムが「免疫反応」で、そのシステムの主役が「白血球」です。

血液を大きく区分しますと、①血漿(液体)、②血小板(血球)：血液の凝固や止血を担当、③赤血球：酸素を供給、④白血球：外敵と戦う免疫システムの主役、となります。今回、ご紹介する映像の中心話題である白血球（免疫細胞）は以下のように分類され、本文中に出てくる用語（赤字部分）を簡単に解説しました。さっと目を通していただければ結構です。

①顆粒球

食細胞ともいわれ外敵を食って処理する。**好中球**、好酸球、好塩基球に細分化される。

②単球

分化して**大食細胞**（マクロファージ）や、**樹状細胞**に成長する。樹状細胞は異物（抗原）を取り込んでその特徴をリンパ球に伝えて、攻撃するように指示を出します。このように次の特殊部隊に敵の情報を伝える細胞のことを抗原提示細胞といいます。大食細胞（マクロファージ）も抗原提示細胞です。

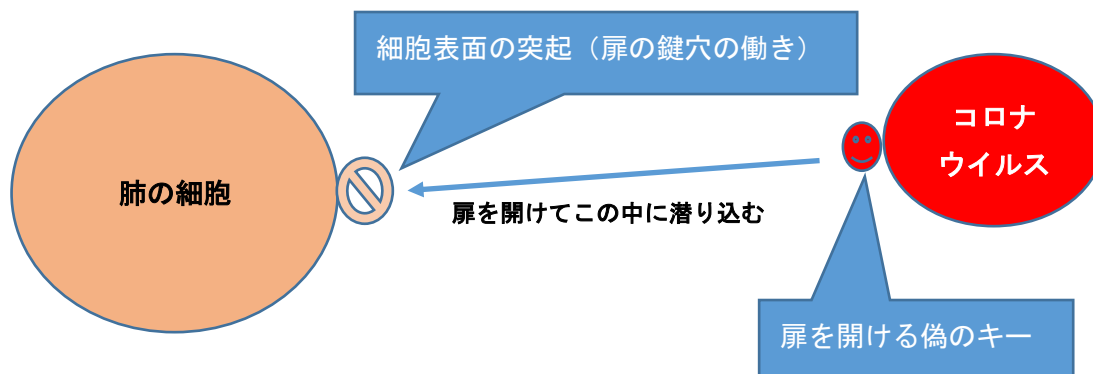
③リンパ球

免疫システムの特特殊部隊としてはヘルパーT細胞（司令塔）、**キラーT細胞**（異物を攻撃する）、サプレッサーT細胞、**B細胞**（抗体を作る）、NK細胞（パトロール、異物を攻撃する）があります。

驚異の免疫ネットワーク（新型コロナウイルスとの戦い 2020. 7）NHK・BS1 スペシャルの解説

I. コロナウイルスの感染

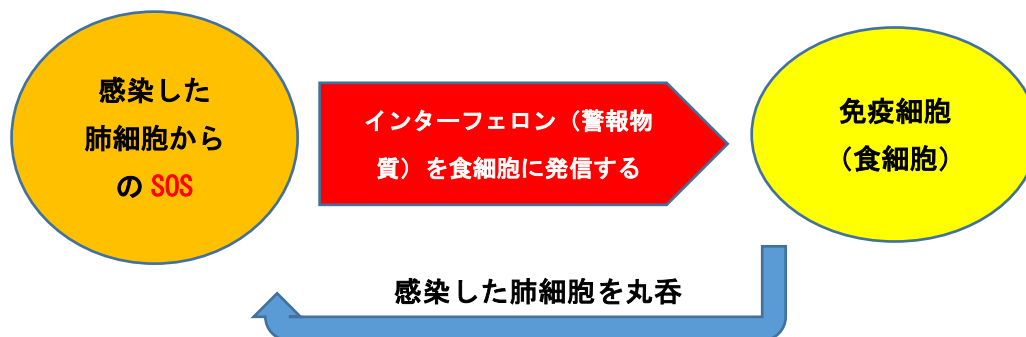
コロナウイルスが肺に到達すると肺の細胞の中に潜りこむ（感染）。本来は簡単に肺細胞には潜り込めないが、ウイルスは潜り込むための扉を開ける偽のカギを持っている。



Ⅱ. 我々の体の防衛システム

（1）自然免疫（第一の防衛システム）

感染した細胞から青色の粒が大量に放出される。この粒は体内にある免疫細胞に危険を伝える警報物質（インターフェロン）である。血流に乗って全身に広がる。このメッセージを受け取るのは血管の中を転がっている丸い細胞、**食細胞（好中球）**と呼ばれる免疫細胞である。



敵が来たという命令を受け取ると血管から外へ出て移動を始める。感染が起きている場所に急行する。そして、ターゲットを見つけると近づいてがぶりと丸呑みする。コロナウイルスに感染しても無症状で済む人は**大食いの食細胞など**があるからだ。これを**自然免疫**という。生まれつき私たちの誰もが持っている。

★コロナウイルスの逆襲

コロナウイルスの特別な遺伝子が働くと前述の警報物質（インターフェロン）が通常の1/10にまで抑え込まれる。そのため食細胞にSOSが伝わらない。それは今も進化してその能力が一層強力になりつつある。

コロナウイルスに感染しても感染時に無症状の人から広がっている！

警報物質が出ると我々の体は体温を上げて免疫細胞の働きを高めようとする。ウイルス感染で熱が出るのはそのためである。警報物質が抑え込まれると体内でコロナウイルスが増えているにもかかわらず熱が出にくくなる。これが新型コロナウイルスの特徴の一つである。見せかけの無症状である。感染に気づかない

まま他人にうつすのはこのためである。

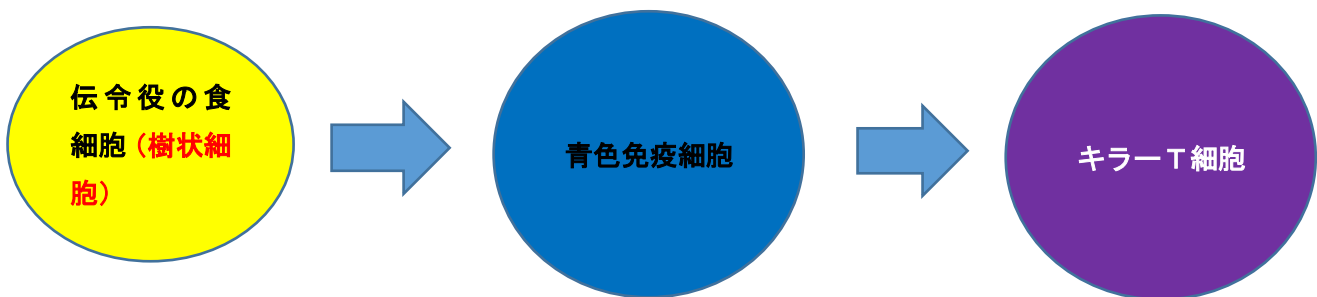
このままウイルスが体内で増殖し続けるとどうなるのか？

世界の症例報告を総合すると、多くの場合、感染から5日間は無症状のまま。しかし、体内のウイルスが一定の量を超えるといよいよ発熱、咳、倦怠感が現れる。その時、体の中では大変なことが起こっている。自然免疫では押さえきれなかったコロナウイルスが大増殖を始めている。

(2) 獲得免疫（第二の防衛策）

① キラーT細胞の登場

ウイルスと戦っていた大食らいの食細胞の仲間（樹状細胞）が援軍を求める**伝令**となって走り始める。

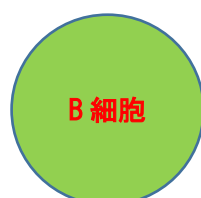


- 伝令役の食細胞（樹状細胞）が青い色の免疫細胞を見つけてそれにピッタリとくっつく。
- そして、戦いの時に飲み込んだコロナウイルスの断片を自らの手のようなものに乗せて青色免疫細胞に差し出す。
- 青色の免疫細胞はこれを敵の情報として受け取る。すると、青色のつばさのようなものが生えてきて、新型コロナウイルスだけを攻撃できるキラーT細胞が出撃準備を完了する。

新型コロナウイルスのみを攻撃するキラーT細胞の登場

- 感染した細胞の表面には新型コロナウイルスの断片が突き出されている。
- キラーT細胞は新型コロナウイルスに感染した細胞を見つけてそれにへばりつく。
- そして事前に学んだコロナウイルスの情報とこの断片を照らし合せ一致すれば攻撃を開始する。攻撃を受けた細胞はウイルスもろともバラバラとなり、感染した細胞ごとウイルスを消し去る。
- しかし、コロナウイルスはこの攻撃をも退ける特殊な能力を持っている可能性がある。感染した細胞がウイルスの断片を突き出している手を表面に出る前に分解してしまう。そうするとキラーT細胞はウイルスが潜む感染細胞を見つけることができない。このままだとウイルスがどんどん増殖していく。

② B細胞（そこで更なる免疫部隊の投入）



- B 細胞もウイルスの断片に触れて敵の情報を入手する。
- そしてつくりだすのは飛び道具の**抗体**と呼ばれる物質。Y の字のような形をしている。
- B 細胞が放出した抗体がウイルスに近づいていく。そして、ウイルスが細胞に侵入するために使うあの偽のカギにくっ付き、カギの機能をなくしてしまう。
- こうなるとウイルスは感染も増殖もできなくなる。
- 行場を失ったウイルスに大食いの食細胞が追いつき次々に食らいつく。
- T 細胞や B 細胞は我々の体の中でウイルスの記憶を保ったまま待機し続ける。いつでも戦闘態勢を取れるように準備している。

敵の情報を学んで集中攻撃を仕掛け、撃退した後も体を守り続ける専門部隊。これが**獲得免疫**と呼ばれる第二の防疫システムである。

我々の体に獲得免疫が備わったのは、はるか 5 億 5 千年前の大昔に起きた進化のお陰。一生に何度も同じウイルスに襲われることになったのでこのような免疫を獲得した。人の体は 40 種以上の免疫細胞で守られている。一方、ウイルスも進化している。コロナウイルスとの戦いは進化の頂上決戦か。今、われわれは劣勢に立たされている。

Ⅲ. 重症化して命を落とす人の体では何が起きているのか？

免疫の暴走（サイトカシンストーム）

ドイツでの 150 例から見つかったもの（多くの患者の肺で起きていた不思議な現象）

患者の病理解剖結果から、多くの患者で肺血栓塞栓症という現象が起きている。肺の血管に血の塊、血栓が詰まる病気です。これにより血栓が滞り酸素が全身に届けられなくなり死に至ったと見られる。なぜ、血栓ができたのか？なんとそれは大食らいの食細胞の死骸です。血栓ができるきっかけはサイトカシンストームという免疫の暴走です。

体内でウイルスが大増殖をした時に免疫細胞が過剰に活性化してしまう状態です。最近の研究ではサイトカシンストームで血栓ができることがわかってきた。サイトカシンストームは**免疫細胞の「自爆攻撃」を過剰に引き起こす**ことがわかってきた。自分を破裂させてウイルスを倒す捨て身の攻撃です。

自爆攻撃（この場合は食細胞が自らの中身である DNA をまき散らす）では通常なら血栓ができることは無い。ところが、サイトカシンストームが起これば血液中の食細胞が相次いで自爆する。その結果、辺りに一面 DNA の網が広がる。

この網が周囲の血液成分まで固めてしまう。塊となった血液成分は血栓となりくっ付きあって大きくなることで遂に血管を詰まらせてしまう。これが命を奪ってしまった。過剰な自爆攻撃を防げるのかはまだ分かっていない。亡くなった人のおおよそ 3 割は血栓が直接の死因である。

免疫の暴走を抑える試みとしては薬(免疫抑制剤)による治療がある。これは重症患者を救う新たな挑戦である。

IV. ウイルスとの共存

生命がウイルスを巧みに利用してきた意外な事実もある。ウイルスの中には細胞に感染した際に、ウイルスの遺伝子を細胞内部の DNA に組み込んでしまうものがある。はるか昔に祖先の DNA に組み込まれたウイルスの遺伝子が私たちの体に取り込まれて、体の様々な機能を獲得していたことが明らかになってきた。例えば、精子と卵子が一つになり受精することは、卵子から見れば異質の精子を受け入れることになる。異物なので本来なら侵入できないが、コロナウイルスが偽のカギを使って入り込むこととそっくりの方法を利用する。さらにお腹の中の赤ちゃんがお母さんから栄養や酸素を受け取る胎盤や脳の長期記憶にかかわる機能もはるか昔にウイルスからもらった遺伝子を利用して進化したと考えられている。このような外部から取り込まれた遺伝子は人間の DNA の 8% を占めているという。

生命とウイルスは 40 億年もの歴史の中で敵対するだけでなく時に互いに利用しあう共存関係を築いてきた。果たして、私たち人類と新型コロナウイルスは穏やかな共存関係を形作れるのでしょうか。そのカギは免疫が持つ「未知の力」に秘められている。

V. 抗体の効果

ある人はコロナウイルスに感染して 8 時間昏睡状態であった。臨床試験中の治療薬を 3 種類投与したが改善せず打つ手なしと思われた。ところが、コロナウイルスに感染し、回復した人の血液に含まれる**抗体**を取り出して、その患者の体に投入すると劇的に回復し退院した。抗体とは免疫細胞がウイルスの情報をもとにつくる飛び道具で、コロナウイルスを狙い撃ちして無力化する強力な武器です。今、重篤な患者を救えるほどの大量の抗体をつくりだせる人の存在が最新の研究でわかってきた。

ロックフェラー大学の試み

コロナウイルスから回復した 149 人から血液を採取し、そこに含まれる抗体の量を詳しく分析した。個人差がかなりあった。平均の 10 倍以上を作り出せる人がいる。こうした個々の人の免疫の働きの違いこそが重症化するか軽症で済むのかの違いを生んでいる可能性がある。一部の人が大量に作り出す強力な抗体は新型コロナウイルスに対抗できる実に優れた武器と考えられる。抗体を大量に作り出せる人とそうでない人とは何が違うのでしょうか？

産生する抗体量の個人差の原因（仮説）

伝令役の免疫細胞がウイルスの断片を手にして**獲得免疫**部隊に伝えていた。B 細胞はそうして学んだ敵の情報をもとに抗体を作り出していた。ここで重要なのは伝令役がウイルス断片を掴んでいた手の形だ。伝令役の免疫細胞が持つ手の形は人によって違うことがわかってきた。ある形の手は新型コロナウイルスの断

片をうまく掴むことができる。敵の情報をどんどん伝えて抗体をたくさん作ることができる。違う形の手を持つ人は新型コロナの断片をしっかり掴めず的確に情報を伝えることができない。その結果、抗体を少ししか作れない。興味深いことに伝令役の手形は地域や民族によって大きな違いがあることが解ってきた。

例えば、アフリカにはマラリアの原因となるマラリア原虫の断片を捕まえやすい形の手を持つ人が多く、一方、東南アジアではハンセン病の原因であるライ菌の断片を捕まえやすい手の形を持つ人が多くいる。こうした違いは免疫細胞の手を形づくる **HLA の遺伝子の違い**によって生まれると考えられている。およそ 20 万年前、アフリカで誕生した人類はやがて世界中へと進出していった。行く先々でウイルスや病原体に襲われた。その都度、**HLA 遺伝子**が変化してきた。HLA の多様性というのは外からやってきた病原体の多様性に対抗するためのもので、それぞれの病原体に対してうまく対抗できる先祖が生き残ってきた。そして我々に HLA 型を伝えてきている。それは私たち祖先が実に多様な感染症と戦い生き抜いてきたことの証なのだ。

そして、今最新の医学は一部の人に備わった免疫の力を世界の人を救う武器として、分かち合おうとしている。新型コロナウイルスの抗体をたくさん作る免疫細胞を培養している。その細胞を使って抗体を多量につくり重症患者の治療や予防に役立たせたいと考えている。すでに臨床試験を初めている。今年の実用化を目指している。

病気から回復した人が持つ免疫の力が他の人を救う。まるでヒーローである。優れた抗体を実験室で大量に作り出せば非常に多くの人を新型コロナウイルスの感染症から救うことができる。もしかしたら、予防にも役立つかもしれない。

新たな命と母乳

出産後数日の間に出る母乳の中に母親の体の免疫細胞や抗体が大量に含まれている。そして、数ヶ月経つと赤ちゃん自身の免疫ネットワークが働く。その後も様々なウイルスや細菌などに会うことで私たちの免疫細胞は力を高めていく。実は免疫の力が最も活発になるのは 20 代、そこから横ばいになり、70 代になると免疫は急速に低下していくと考えられてきた。ところが今回の新型コロナウイルスとの戦いで世界の人々に希望を与える不思議なことがいくつも起こっている。今年 100 歳の方が、コロナウイルス感染症からの驚異的な回復が相次いで報じられた。最近の研究から長老者の中から免疫細胞を衰えさせない特別な現象が起きている可能性があることが見えてきている。

映像を見ての感想

高齢者と基礎疾患のある方の重症化が問題視されています。ニュースでも重症化に対応できるベッドの残数が毎日報道されています。なぜ、高齢者は重症化するのでしょうか？教科書的な説明ですが、ある資料には次のように記されています。「免疫を司る T 細胞や B 細胞、リンパ球などの免疫細胞は、骨髄に存在する造血幹細胞から分化して生まれる。しかし、加齢とともに免疫細胞に分化する力が落ち、正常に働く免疫細胞が減る。加えて、新たに生まれた免疫細胞自体の機能も若いころより低いため、年を重ねるにつれて免疫力が落ちる」。また、東京医科歯科大学名誉教授 廣川 勝昱先生の研究によれば、**獲得免疫系**は、誕生して

周囲環境に暴露されてから、急速に発達し、「思春期にピークとなり、その後 40 歳代でピークの 50%位、70 歳代でピークの 20%くらいまで低下する」とのことです。しかし、前述したように個人差が大きく、70 歳代でも 20 歳代のレベルを保つ人もいれば、逆に 30 歳代で 70 歳代のレベルまで下がる人もいるとのこと。いずれにしても、感染リスクを避けることもとより、次に示すような方法で免疫力を高めることにも努力を払うことが求められます。

①**身体を動かす**（運動の習慣をつけることが大切。うっすらと汗をかく程度の時間、散歩をする）。

②**食事**（良質なタンパク質、ビタミン、ミネラルが必要。脂肪や糖分ばかりが多くなりがちな洋食に比べて、和食は栄養バランスがよくおすすめ）。

③**ぐっすり眠る**（昼は交感神経が、夜は副交感神経が優位に働くという自然な切り替えをするためにも、睡眠のリズムを確保することが重要。）

④**よく笑う**（笑うと副交感神経が優位に働く。また、NK 細胞という、免疫をつかさどる細胞が活性化される）。

⑤**身体を温める**（体温が高いとリンパ球が増えて活性化し、免疫機能が高まります。また、身体が温まると血管が拡張して副交感神経が優位になり、リラックスしやすくなる。）

⑥**リラックスできる時間をつくる**

参考資料

- ・驚異の免疫ネットワーク（新型コロナウイルスとの戦い 2020. 7）NHK・BS1 スペシャル
- ・私の基礎老化研究 廣川勝昱 東京医科歯科大学名誉教授 東京医科歯科大学オープンラボ健康ライフサイエンス基礎老化研究 40（1）； 3-9, 2016 1)

用語解説

<抗原・抗体>

抗原は、病原性のウイルスや細菌、花粉、卵、小麦などに免疫応答を引き起こす物質で、抗体は、体内に入った抗原を体外へ排除するために作られる免疫グロブリンというタンパク質の総称。

抗原と抗体の反応は、私たちにとって病気の予防と発症の 2 面性を示す。例えば、ワクチンは、無毒化した病原性細菌やウイルスを投与することで、体内で病原体に対する抗体産生を促し、感染症に対する免疫を獲得する。一方、アレルギーや花粉症は、アレルギーを引き起こす抗原に対して作られた抗体に体が過剰反応する病気。また、免疫には、自己と非自己抗原を区別する機構があり、自らの細胞には反応しない仕組みが備わっているが、誤って自らの細胞（自己抗原）に対して抗体が作られてしまうと、自らの組織が抗体に攻撃され病気が誘発されることがある。これを自己免疫疾患と呼び、1 型糖尿病や膠原病などが該当する。

<HLA とは>

Human Leukocyte Antibody=ヒト白血球抗原の略称。樹状細胞などのよる抗原提示は免疫の最初であり、T 細胞（T リンパ球）に対して異物が入ってきたことを知らせる段階。体内に侵入したバクテリアやウイルスが作る様々なタンパク質の一部を HLA が捕捉し、T リンパ球に異物が入ってきたことを知らせる。すると T リンパ球はキラー T 細胞や B リンパ球を誘導し、抗体やキラー T 細胞が異物を攻撃する。これが、HLA が関わる抗原提示を通した免疫応答。