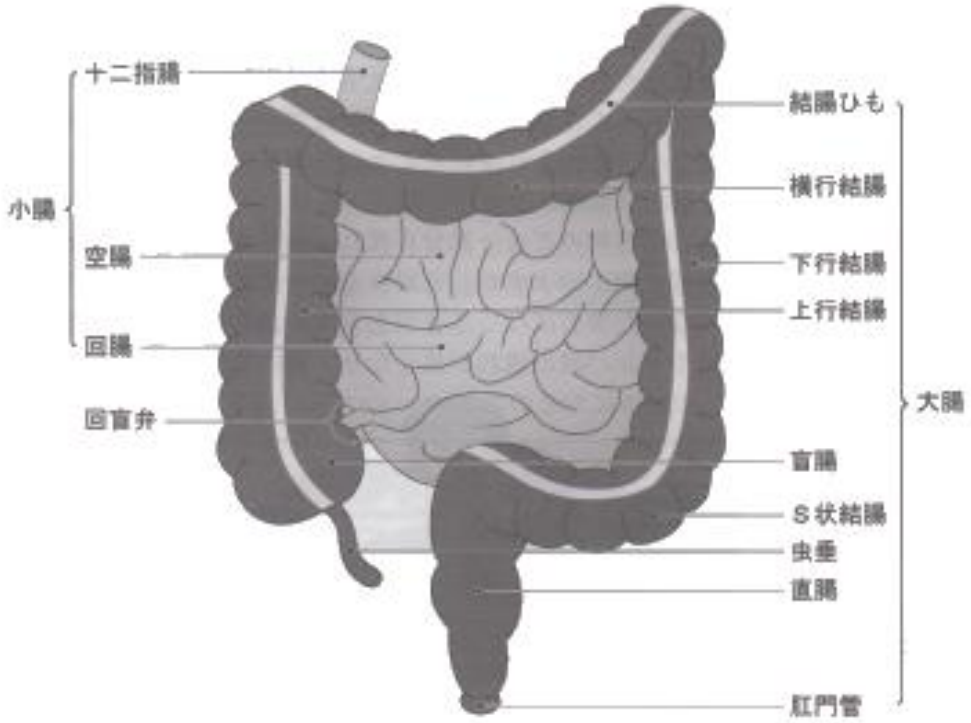
1. 腸の不思議～どんな構造なの？～

（1）長い腸を体に収めているのは、筋肉の力？

最初に、下図を見て小腸と大腸の全体像を把握しましょう。

－図１　腸の構造－



小腸は、胃と大腸の間に存在する体内で最も長い臓器だ。小腸の長さは、成人で 6～7mあるが、腸管の筋肉により 2～3mほどに収縮している。

胃に近いところから順に十二指腸、空腸、回腸に分けられ、消化管全体の約 4 分の 3 を占めている。空腸と回腸には明瞭な境界はなく、十二指腸の直径は約 5 ㎝あるが、次第に細くなり回腸の終わりの部分では約 3 ㎝になる。

大腸は、右下腹部から小腸を時計回りに取り囲むように存在し、小腸に近いところから盲腸、結腸（上行結腸、横行結腸、下行結腸、S 状結腸）、直腸に分けられる臓器だ。大腸の長さは約 1.5m、直径は 5～7 ㎝で小腸と同様に結腸を進むにつれ細くなる。小腸と大腸をつなぐ部分には、大腸に入った内容物が小腸に逆流するのを防ぐために、回盲弁がある。回盲弁より下を盲腸といい、先端には虫垂という突起がある。結腸の表面には、縦走筋（進行方向に走る筋線維）が束状に集まった結腸ひもが盲腸から存在し、S 状結腸の終わりに消失する。この結腸ひもの筋が収縮しているために結腸は全体で短縮し、結腸壁のふくらみをつくっている。

コラム　盲腸と虫垂炎の関係って？

右下下部の急激な腹痛が引き起こされると、よく「盲腸」といわれるが、実際に炎症を起こしているのは虫垂だ。虫垂は盲腸から伸びている器官で、かつては盲腸の一部として認識されていたことから盲腸が病名としても使われているが、正しくは「虫垂炎」だ。

盲腸には小腸からの内容物のごく一部分が流れ込んでくる。その後、内容物は少しずつ上行結腸に向かうが、盲腸内でいつまでも停滞していると、便が石のように固くなった糞石になることがある。この糞石が虫垂の入り口をふさぐと、血液やリンパ液の流れが悪くなり、腸内細菌の感染によって虫垂に炎症を起こし、虫垂炎になる。

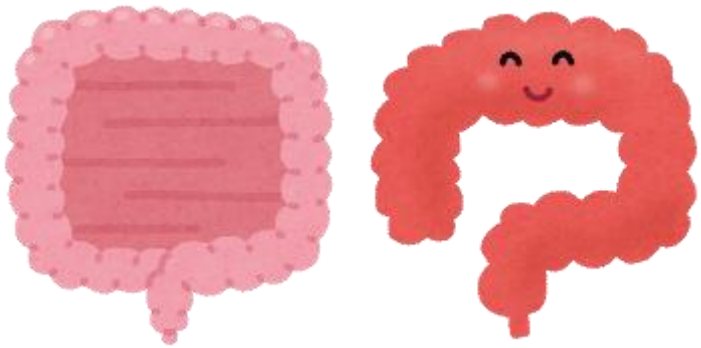
(2)　栄養吸収のバトンリレーのアンカーは微絨毛？

私たちは生命を維持するために、食べ物から体のもととなる材料や生命のエネルギー源を取り込んでいる。しかし、私たちが食べたご飯やお肉などは、そのままでは体内で利用することができない。食べ物の大半は糖質やタンパク質、脂質であり、これらは複雑な構造をした大きな分子からできているために、口から入った食べ物は唾液や胃液、膵液、胆汁などの連携プレーによって少しずつ消化を進めていく。そして、小腸で消化の最終工程を終え、必要な栄養素だけを吸収する。では、こうした働きは小腸のどこで行われているのか。

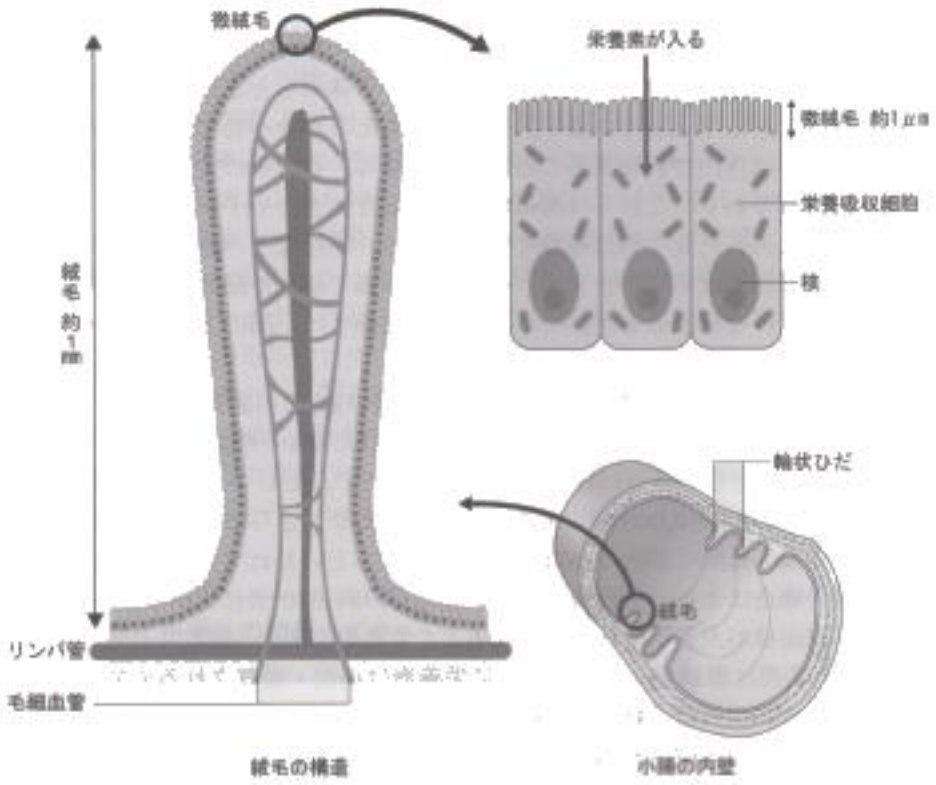
栄養素の吸収のカギを握っているのは小腸の絨毛の表面に密集する微絨毛と呼ばれる小突起だ。小腸の内壁には輪状ひだ（輪の形をしたひだ）があり、その輪状ひだを覆うように絨毛が存在している。そして、その 1 つの絨毛の表面には、5,000～6,000 個の栄養吸収細胞があり、さらにその 1 個の栄養吸収細胞の先端に微絨毛が約 2,000 本も並んでいると言われている。こうした小腸内壁の構造により、粘膜の表面積が見た目の約 600 倍に広がり、食べ物と触れ合う表面積が大きくなるので、効率よく栄養素が消化・吸収されるのだ。

では、実際に微絨毛からどのように栄養素は消化・吸収されるのでしょうか。

微絨毛の表面には、終末消化酵素がある。この終末消化酵素との接触によって栄養素が吸収される直前に最小単位の低分子（糖質はブドウ糖、タンパク質はアミノ酸、脂質は脂肪酸など）に分解されるのですが、これは、早いうちに最小単位の低分子になると大切な栄養素が微絨毛の周辺にいる腸内細菌に横取りされてしまうためだ。そして、分解されたブドウ糖やアミノ酸、水溶性ビタミン、ミネラルは毛細血管へ、脂肪酸や脂溶性ビタミンはリンパ管からすばやく吸収され、肝臓へと運ばれる。



－図２　小腸粘膜の構造－



〈空腸と回腸って同じものなの？〉

同じ小腸といえども、なぜ名前が分かれているのか、不思議に思ったことはありませんか？空腸は食べ物の通過が早く空っぽのことが多いため、回腸はくねくね回るような見た目から名前が付けられたと言われている。

また、両者には構造上や役割でも違いがある。空腸は、筋肉量が多いため、内容物を勢いよく前に進める。また、絨毛が密に存在しているため、分泌される終末消化酵素の活性も高く、効率よく消化吸収を担う中心的な存在だ。それに対して、回腸は絨毛が粗く存在する。また、筋肉量が少ないために内容物の流れが緩やかで細菌が定着しやすいので、腸管特有の免疫組織が発達している。

(3) 免疫の最前線！“味方”か“敵”か、判断せよ！

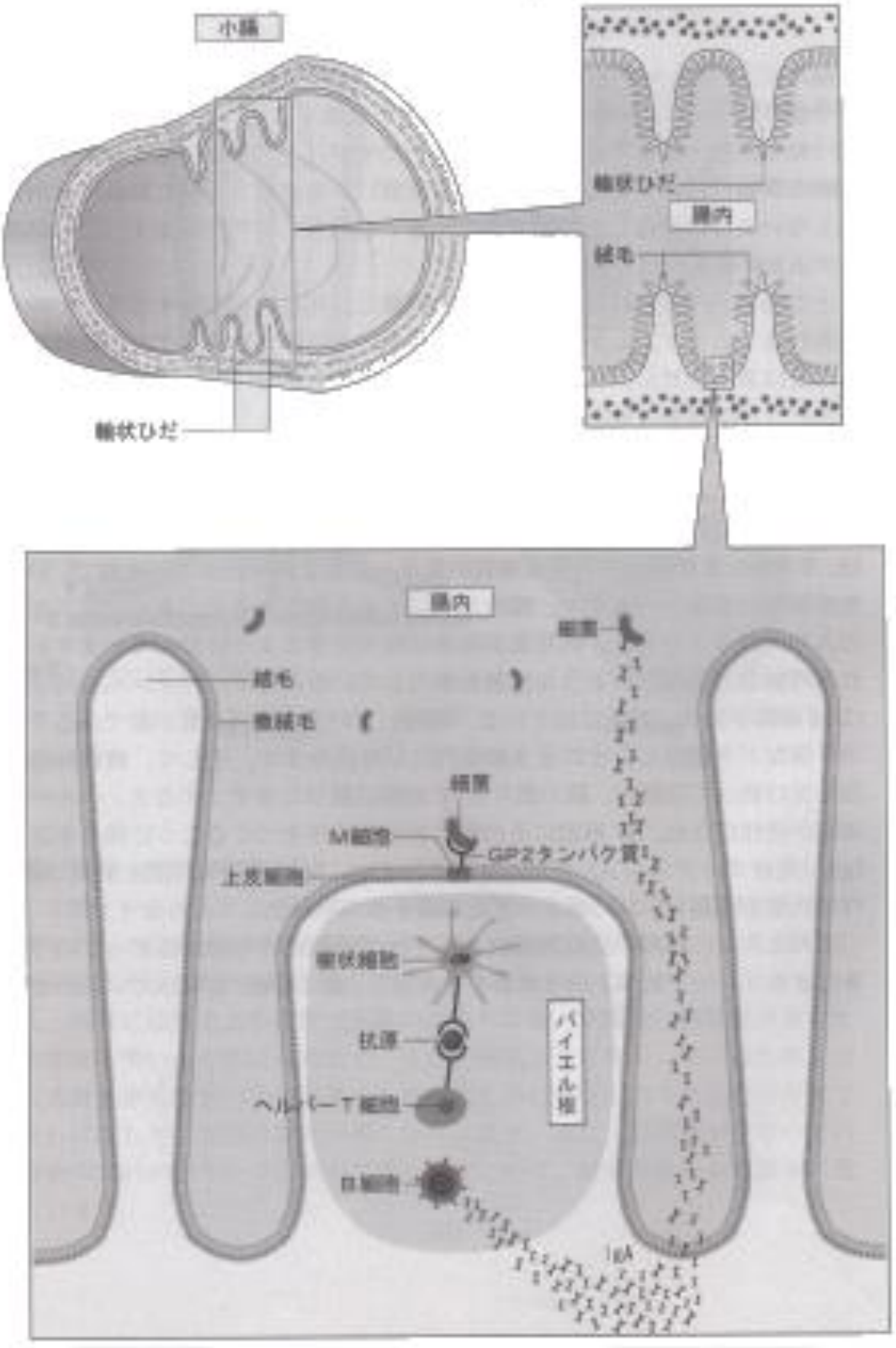
腸には、人体最大の免疫系器官があり、全身の免疫細胞のうち、実に 60～70%が小腸の腸管（特に回腸から大腸にかけて）に集中している。腸管というと、食べ物を消化・吸収する場所と思いがちだが、食べ物と一緒に体の中に入ってきた異物（体に有害なウイルスや病原菌）が栄養素と一緒に紛れて体内に侵入しないように徹底した警備で自己防衛する働きも担っている。この防衛システムを“腸管免疫”という。

ところで、免疫とは自己と非自己を認識し、非自己を排除することで病気から免れることだ。しかし、食べ物は非自己と認識されるはずなのに排除されることはない。これは、非自己であっても、自分にとって有益な味方であるかどうかが重要な判断基準となっているからだ。では、このような高度な識別能力はどのようにして行われているのだろうか。

前述の通り、小腸は絨毛で覆われているが、その所々に絨毛がなく、へこんだ平らな部分がある。ここが、パイエル板だ。パイエル板は、樹状細胞、T 細胞、B 細胞などの免疫細胞が集まった腸管特有のリンパ組織で、いわば免疫細胞の基地といえる。腸内からパイエル板をみると、まるでマンホールの入り口のようであり、病原菌が容易に侵入できるようになっているが、これが巧妙な“わな”のような役割を果たしているのだ。パイエル板の上皮には M 細胞があり、表面に出ている「GP2」というタンパク質が敵であるサルモネラ菌などと結合し、そのまま細胞内に取り込む。そして、樹状細胞が細菌を受け取って分解し、敵の断片を T 細胞に提示する。すると、ヘルパーT 細胞が活性化され、B 細胞にその敵に対する抗体をつくるように指令を送り、IgA（免疫グロブリン A）がつくりだされる。IgA は腸内に分泌され、常に腸内の状態を監視し、かつ増えすぎた細菌を体外へ排出してくれる。

このように、腸管の免疫部隊はそれぞれに役割と持ち場が決まっていて、見事な連携プレーで抗体という武器を生み出し、敵（異物）と戦っている。

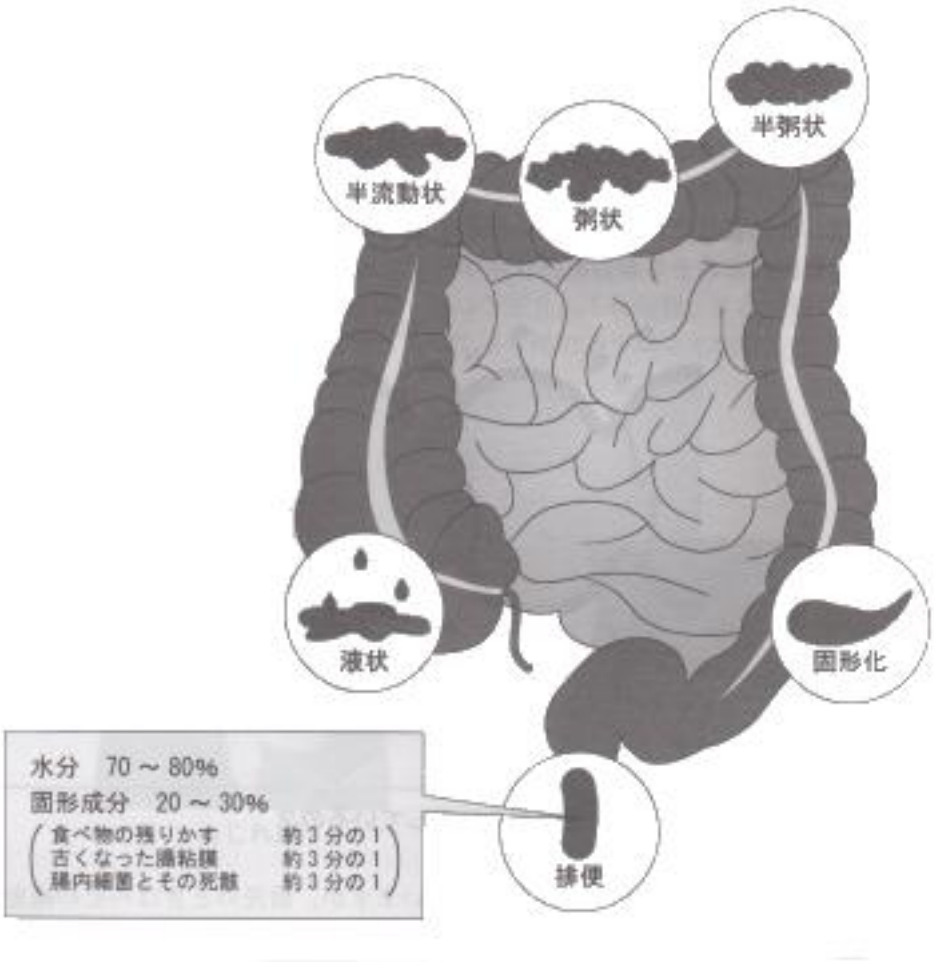
－図3　腸管免疫－


小腸
輪状ひだ
腸内
絨毛
輪状ひだ
腸内
細菌
絨毛
微絨毛
細菌
M細胞
GP2タンパク質
上皮細胞
樹状細胞
抗原
ヘルパーT細胞
パイエル板
B細胞
IgA

(4)　便は食べ物の残りかすだけじゃない？

小腸で栄養素を吸い取られた食べ物の残りかすは、大腸へと送られてくる。大腸では、蠕動運動によって管を通る間に残った水分や一部のミネラルが上皮細胞の粘膜に吸収され、粥状だった内容物は固形状の便に変化していく。

－図４　便の形成－



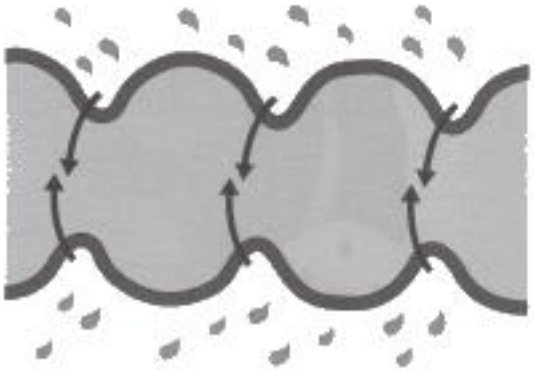
ところで、便の中身は何か知っていますか？固形状のものが排せつされるので、食べ物の残りかすがほとんどを占めているようにも思われるが、健康な人の便の 70～80%は水分だ。そして、残りの 20～30%が固形成分で、そのうち約 3 分の 1 が食べ物の残りかす、約 3 分の 1 が古くなった腸粘膜、約 3 分の 1 が腸内細菌とその死骸。

ちなみに、便の色は食べ物の消化を助ける胆汁色素のビリルビン（黄褐色）の影響を受けている。ビリルビンは、大腸の中で腸内細菌の働きによってウロビリノーゲン（無色）に変化し、最終的に酸化されて便の色のもととなるステルコビリン（黄褐色）となって便中に排出される。このステルコビリンが便の色のもとになっている。

《くびれは、水分を吸収するためだった！》

大腸の構造図をよくみると、壁面に一定の間隔で膨らみとくびれがあることに気が付くかと思う。

実は、この構造には意味があり、内容物を溜めるとともに、蠕動運動が起きている際に内容物から水分を取りやすくするためのくびれだった。



コラム　胎児のときって、便はどこに出しているの？

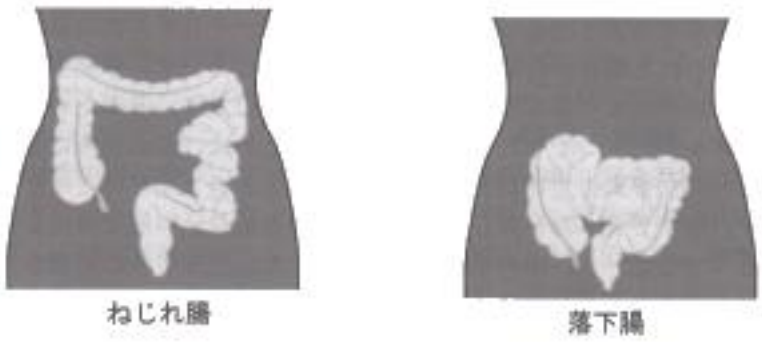
母親の胎内にいる赤ちゃんを胎児というが、胎児のときはへその緒を通って送られてきた栄養素と酸素を使って成長する。そして、老廃物は胎盤を通って母親の血液中に送り出される。つまり、胎児は便を出さずに、母親がその老廃物を自分の尿と一緒に体の外に出しているのだ。

(5)　日本人の多くは落下腸？

女性の多くが便秘に悩んでいるといわれている。便秘の原因には、食物繊維不足、運動不足、ストレス、腸内環境の悪化などが考えられるが、実は、大腸の形状が関係していることがある。本来、大腸は 1 ページの図 1 の通り四角を描くような形をしている。しかし、日本人の多くは大腸が複雑にねじれ、折れ曲がった「ねじれ腸」であったり、横行結腸が本来の場所からストンと落ち込んだ「落下腸」であるなど、特殊な形状を持っている人が多いと言われるようになってきた。腸が折れ曲がったり、ねじれがあれば便が出にくいことは容易に想像できる。日本人に便秘が多いのは、腸の形そのものに原因があるのかもしれない。ただ、ねじれ腸や落下腸は、遺伝による影響が大きいと考えられているので、それ自体を治すことは難しいと言える。

自分の腸がねじれ腸や落下腸かどうか､10 ページの表 1 のセルフチェックでチェックしてみましょう。ねじれ腸や落下腸の疑いがあった場合でも、詰まった便を移動させることできれば、便秘解消の切り札になる。腸がねじれやすいのは、横行結腸から下行結腸へのつなぎ目、下行結腸、S 状結腸なので、その部分をマッサージし、刺激するようにすると便の通りがよくなる。

－図 5　ねじれ腸と落下腸－



- 表 1　「ねじれ腸」「落下腸」セルフチェック -

1	子供のころから便秘気味だった
2	腹痛を伴う便秘になったことがある
3	硬い便に続いて、下痢や軟便が出ることがある
4	運動量が減ると、便秘になる

※2 つ以上該当すると、ねじれ腸の疑いあり

※2 つ以上該当し、さらに、立ち上がるとへそから下がぽっこり出っ張っている人は、落下腸の疑いあり

コラム　人間のルーツは「腸」にあった！？

生物が地球上に誕生したころにさかのぼると、誕生したばかりの生物は 1 つの細胞で生きる単細胞生物だった。単細胞生物には、エサを取り入れる口のような構造として「細胞口」、エサを取り込んで消化・吸収を行う「食胞」、排出器官として「収縮胞」などがある。つまり、単細胞生物の持つ気管には、多細胞生物の器官に通ずる働きをしているものがあるのだ。では、私たち約 60 兆個細胞を持つ多細胞生物は、単細胞生物からどのように進化を遂げてきたのでしょうか。

多細胞生物は、各細胞が独立して生存するのではなく、細胞同士が互いに密着して物質の交換や情報交換を行うことにより、各個体が次第に役割分担をし、組織を形成するようになったといわれている。そして、この進化の過程で最初に作られた器官が心臓でも脳でもなく、腸なのだ。多細胞生物は、単細胞生物に比べてより多くのエネルギーを必要とする。そのため、生物を捕食してエネルギーを作り出す能力を獲得するために、腸が初めに備わったのだ。原始的な多細胞生物の主要な器官は、触手と口と腸だけだったといわれている。触手で食べ物を探し、口から排せつするという、極めて簡単な機能だった。やがて、この腸が進化の過程で分化してさまざまな内臓に発展していく。栄養素を蓄える細胞が腸から分離して肝臓になり、血中の糖分調整をするホルモン分泌をする細胞が膵臓に、食べ物を一時的に貯蔵するための腸の前部の細胞が胃に、酸素を吸収する腸の細胞から肺へと進化していく。そして、腸の入り口にある神経の集合体が脳へと進化していく。つまり、腸は、生物の器官の中で最も原始的で、あらゆる器官の生みの親ともいえる存在だ。