

第16回 日本構造医学会 東京学術会議

16th Japan Society of Structural Biomedical Science

一般演題

重力反応系の視点から捉えた 腸管輸送と排泄

原口 誠 (神奈川県 柔道整復師)

「はじめに」

腸管の輸送排泄は、腸管壁筋群の能動的収縮からなる蠕動運動によると考えられてきたが、構造医学から得た知識をもとに考えると疑問が生じる。

今回は兼ねてからの疑問に対し、従来とは異なる視点から捉えなおすことで生理のより深い理解を目指した。

「系統発生進化からみた腸管の成立ち」

まず腸管の成立ちを考える。腸は第二の脳とも呼ばれるが、脳に匹敵する神経細胞核数を有し、腸神経叢なる独自のネットワークを築くことにより、脳から独立した制御システムをもつからである。

起源を遡ると、原始的動物では単純な袋状の腸そのものが移動を開始したことに始まり、腸を運ぶ担体として運動器が、餌を探すために感覚器が創られたとされ、動物本体は腸管そのものという考えすら成り立つ。

脊椎動物の祖先となる腔腸動物は袋状であり、波に揺られながら受動的捕食をしていたとされる。袋だから入出力口（口と肛門）は一緒でよく、取り込んだ物質は攪拌や拡散で行き渡るので輸送管や高度な神経制御は必要ない。

これが一段階進化すると能動的捕食活動として「頭進」を開始する。移動方向性が決定すると頭→尾へ慣性力が生じ、入出力口機能分化に伴い体長が増した結果、流路要請に応じて管構造が生まれた。進化論趨勢である遺伝子学的見解は別として、こうした移動様式の変化が形態的進化の引き金となったことが想像できる。

移動様式変化に伴う慣性力変化は内容物の流れに強く影響すると考えられ、流れという重力の機能要請が流路を構築したとすれば、流体慣性を輸送排泄力に転換する重力反応機構があると考えるのは

至極当然である。

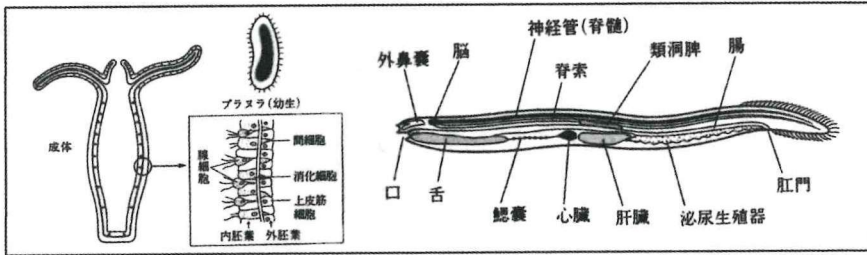


図1 腔腸動物（ヒドラ）と円口類（ヌタウナギ）の比較

「従来の蠕動運動説への疑問点」

捕食活動は感覚器を用いて餌を探す能動的行為であり、人においては排泄も任意行動であることから、腸管機能が自律神経や腸管神経系からの神経制御統制下にあることは確かだが、それだけでは十分説明がつかない。以下に疑問をあげる。

- ・有線（神経）伝達は「事」を伝えるが物「実」は伝わらない。予備動作の準備として事が先行する意味は解せるが、物が伝わって初めて事が成されることから考えると有線制御の優位性が高いとは必ずしもいえない。

（有線伝達以外の振動伝達、水力的伝達等の物理的エネルギー伝達機構が必要。再現性を担保するのが神経制御）

- ・腸壁筋群の収縮活動だけで何十年も内容物輸送機能を維持することは果たして本当に可能か。
- ・単純な流路ならまだしも複雑な流路をとる腸管。とりわけ抗重力性に垂直上行する流路をとる盲腸～上行結腸などを腸壁筋群のくびれ収縮だけでシゴキあげることは困難。（抗重力機構の必要性示唆）
- ・構造医学によると筋は伸張へエネルギーをより発揮すると考え、また抗重力機構としてみた場合、筋はただ運動を成すだけではなく水力的作用による圧力支持機構として機能するとされ、収縮運動に固執した蠕動運動の捉え方では不十分。

「疑問から導かれる機構要素」

- ① 流体運動エネルギーを位置エネルギー転換するポンプ機構。
- ② 圧力波を伝達輸送する水力的伝達機構。
- ③ ①②機構を担保する外部圧力支持機構。
- ④ 移動慣性を利用する速動系機構。
- ⑤ 排泄調整弁機構と排泄圧形成サイフォン機構。

以下、①～⑤の機構を演繹する。

「盲腸ポンプと伝播性圧力波による分節輸送伝達機構」

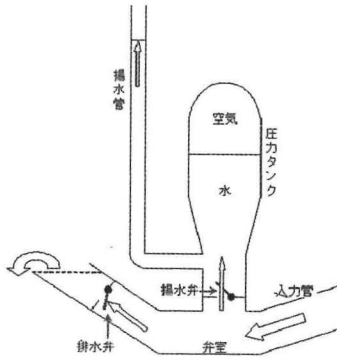


図2 水撃ポンプ

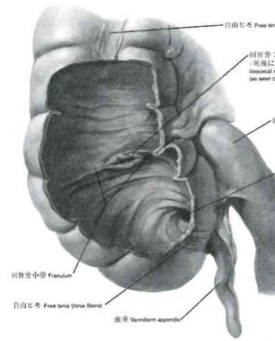


図3 盲腸

図2は水撃ポンプ（ウォーターハンマリングポンプ）略図である。盲腸はポンプでは？という推論に基づきモーター等の動力機構を用いないポンプはないかと考え見つけたものである。図3の盲腸と比較すると、それぞれに要請される機能と形態が近似してみえる。入力管が小腸、余圧腔をもつ圧力タンクが盲腸球部、揚水管が上行結腸、逆量防止、排水弁は回盲弁が相当すると考える。水撃力を揚水圧に転換するのが水撃ポンプであるが、水撃は一步間違えるとウォーターハンマーによる衝撃波により輸送管を破損するほどの莫大なエネルギーをもつ。実際のポンプでは圧力損失をなくすため、管壁は変形しない強度でつくられており、軟らかい腸管内部でもこのようなことが起こり得るのか考えた。

まず衝撃波のリスクについて、これは圧の逃げ場がなく流路が変形を許容しない高圧環境下ほど強い衝撃波が発生する。水撃ポンプは撃力を余圧腔に逃がすことで管の破損を防止すると同時に揚水圧に変換するわけだが、盲腸部にもガス等を含む余圧スペースが存在し、水撃作用を気体圧縮で逃がして緩衝することが可能で、また管壁弾性が高いので変形による衝撃圧緩衝も可能である。

また変形と圧縮気体からの寄り戻し圧は、回盲弁と盲腸球部の捻じれより閉じられた空間で逃げ場を求めて揚圧に変換され、捻じれの反転に伴い圧波として伝播する可能性も考えた。

しかし、実際の水撃ポンプなら水源落差が30cmあれば1mも揚水可能だが（図4）、腸管では各条件が異なる為、そのみでの揚水効果は期待できそうもない。

そこで考えたのが、結腸分節構造がもつ圧伝播機構である。伝播性圧力波が分節を伸張するように伝わっていく水力学的伝達機構（図5ミミズの静水力学的骨格機構）が存在すれば、盲腸ポンプは初期圧力波形成さえすればよいことになり、腸管は分節単位での圧（内容）の伝播に伴い受動的に伸張されつつ絞られながら送ることが可能ではなからうか。（図6）

また食後にみられる内臓反射性蠕動（新たな入力に備え下位腸管にスペースつくる予備動作）などにみられる逆蠕動は近位結腸の終わりには出発点があり、そこから始まる蠕動波が盲腸のどん詰まりにまで達して折り返す往復運動を成すが、この際も盲腸ポンプは有効に機能すると考える。（構造が成す機構と神経制御運動との連携により蠕動運動は達成される。）

落差	揚程
0.3m	1m
0.5m	2m
1.0m	4~10m
2.0m	8~20m
5.0m	20~50m
10.0m	40~100m
20.0m	80~200m
30.0m	120~300m

図4 落差と揚程の関係

ミミズの体内は、体節ごとに隔壁によって仕切られている。このような、細かい部屋に仕切られた構造は、壁が柔らかい材料で出来ていても、そこに体腔液の水圧をかけることでずいぶん頑丈なものになる。ミミズには骨もないのに、土を掘れるのはそのためで、このようなものを静水力学的骨格と呼ぶ

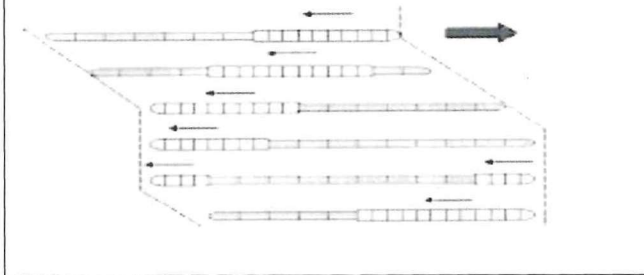


図5 ミミズの蠕動運動

隔壁で区画された袋内部の水圧を高めれば長軸方向への伸張支持機構、水力学的伝達機構となり得る。(構造医学の筋機構学理論)

「分節構造の意味」

- ・管内に余腔がある際に圧波を伝えるのに適した構造
- ・圧波の移動に伴い、長軸方向へ伸張しながら送っていく。
- ・圧波(流動体)が通過した後は伸張により管径が細くなる。

(縦の線維が伸びると輪状の線維が縮まるような線維構造特性をもたせておけば圧波の移動通過に応じて「受動的」に絞られる。

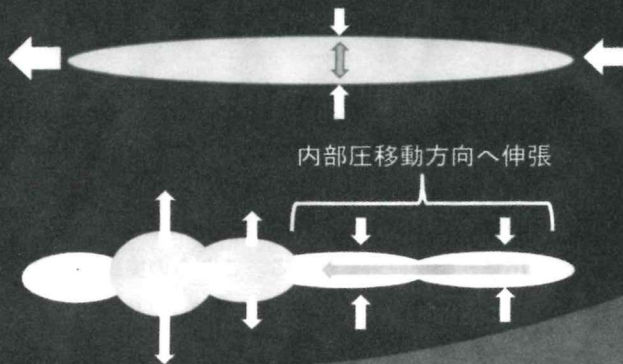


図6 分節構造特性

「外腹斜筋の役割」

大腸はともにB1ラインより下方に位置する部分（盲腸球部、S状結腸）がそれより上部の結腸と回転している。ライン上が右回転に対し、下部は左回転となる。

捻じれで内圧と通過をコントロールすると推察され、ともに弁機構と考える。弁に圧力は重要だが、ここを最外周から締めている筋が外腹斜筋である。同筋は腹部を斜めに下行し臍棘腺交差で腱シートとなり、内腹斜筋と二腹筋を形成しつつ下縁は肥厚し単径靭帯となるが、白線交差で一部は折り返しで上行する線維に取り込まれる。（図7）

よってこの筋の張度を保つには、上行線維の張力と拮抗するため単径靭帯を下方へ支持する筋が必要であり、腸腰筋と長内転筋がその役割を担う。

これらの筋連帯は歩行に直接関与する為、歩行時の律動的伸縮が回盲部とS状結腸部に対し外周から作用することで前述したポンプ機構や弁機構の助けとなると考える。

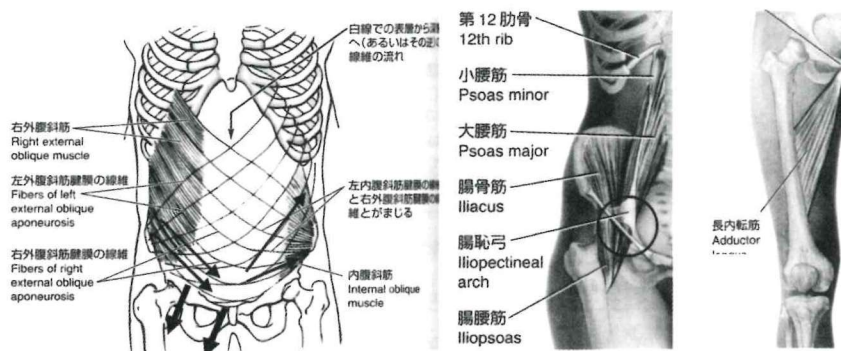


図7 外腹斜筋

「S状結腸機能弁と仙尾骨からなる排泄圧形成機構」

S状結腸形状には二つの機能が考えられる。一つは流出防止弁機能である。排泄圧を形成するには一定の質量が必要なので直腸の手前で便を一旦溜める必要がある。溜まった便は一次的に「封水トラップ」のような働きを考えると、肛門側からの外部侵襲に対する防波堤として「便蓋」の役割をするのではなかろうか。便が溜まりあふれ面を越えるとサイフォン効果が発動し、一気に便を直腸へと押し出すと考える。（図8）

直腸は仙骨曲面に沿うように位置するが、これは仙骨のうなずき運動がそのまま伝えられることを意味し、歩行の律動及び慣性力のダイレクトな入力が見込まれる。便は上下往復移動による寄り戻しにより排泄圧を形成すると考える。（図9）

直腸～肛門は骨盤隔膜に囲まれる様に支持され、直腸を前後から段違いループ状に取り巻く恥骨直腸筋と肛門尾骨靭帯は歩行時の恥骨尾骨運動を直腸に伝える。これらの協調運動は肛門直腸角（約80度）の増減を伴い、直腸螺旋管を絞ったり緩めたりすると考えられる。（図10）

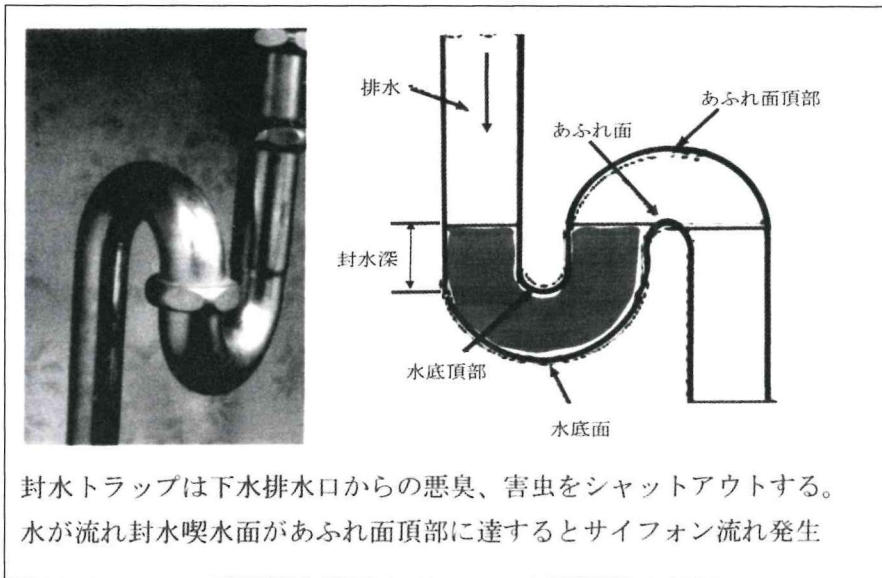


図8 サイフォンと封水トラップ

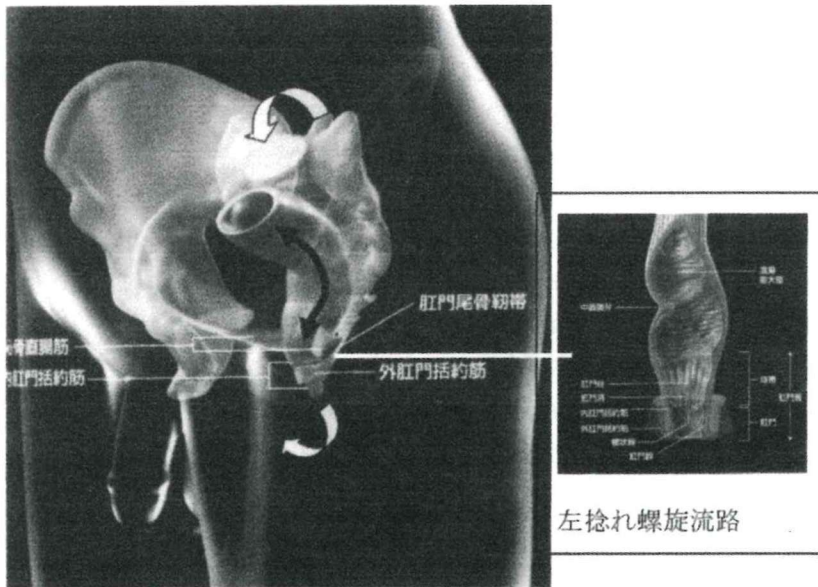
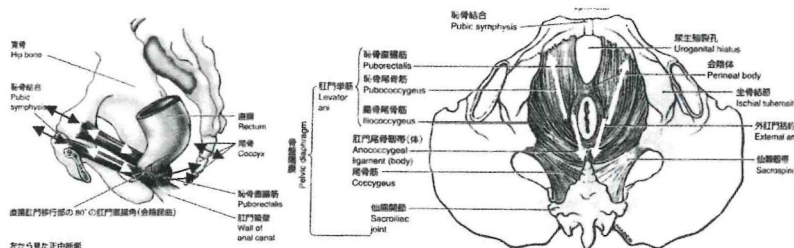


図9 速動系排泄機構



骨盤隔膜の複合運動により直腸を絞る作用。前後から直腸を取り巻く筋腱、靭帯が歩行時の恥骨クランクと仙尾骨の動きを腸に伝える仕組みとなっている。

図10 骨盤隔膜の直腸肛門絞り機構

「おわりに」

従来とは異なる視点からの考察のため機構的考察中心に論じたが、神経機能学的学説を無視したものではなく、それらがあいまってこそ精緻な機能が実現すると考える。

一般に内科的分野と考えられる腸管だが、機構的視点から見つめなおすと骨格や筋肉等との関連性が想像以上に強く、運動器系を主に扱う自己分野においてもその仕組みを熟知しておかなければならないことをあらためて実感した。

今回は基本的仕組みの考察に文を費やしたため、非荷重と腸管機能障害関連性についての考察は記せなかったが、またの機会に報告したい。

「参考文献」

- ・ 構造医学の原理 (吉田勸持著)
- ・ 構造医学解析 (吉田勸持著)
- ・ 構造医学～自然治癒力のカギは重力にある！ (吉田勸持著)
- ・ 季刊 構造医学第23号～腸の生理性の追求 (住岡輝明著)
- ・ はじめてナットク！大腸内幕物語 (坂田隆著)
- ・ 「流体力学」のキホン (小峯龍男著)
- ・ 腸内宇宙 (馬場錬成著)
- ・ 生物は重力が進化させた (西原克成著)
- ・ 臨床のための解剖学 (メディカル・サイエンス・インターナショナル)
- ・ ネット解剖学 (南江堂)
- ・ ネット解剖生理学アトラス (南江堂)
- ・ 発生学アトラス (塩田浩平訳)
- ・ 構造医学講義録