糞便除去マシンの開発

—特にエバキューエーションケアシステム (ECS) と その未来型夢マシンについて—

Development of Fecal Evacuation Machines
—Especially Concerning the Evacuation Care System (ECS)
Newly Developed and its Dream Type Systems in Future—

大沼 敏夫

Toshio ONUMA

◎1935 年 10 月生まれ

1971 年東京理科大学大学院研究科修了, 1973 年神奈川県総合リハビリテーションセンター勤務

◎研究・専門テーマは, 社会福祉全般, 高齢者・障害者の福祉・介護・リハビリ用具の研究開発, 各種排泄支援機器の研究・開発, 有機化学

◎神奈川県総合リハビリテーション研究・研修所 (〒243-01 厚木市七沢 516)

河井 啓三

Keizo KAWAI

◎1932 年 9 月生まれ

1960 年群馬大学医学部卒業, 同大学同学部助教授, 神奈川県総合リハビリテーション病院を経て, 1997 年河井クリニックを開設(院長)

◎研究・専門テーマは, 消化器外科領域の ME (医用電子), レーザメスの臨床応用, 各種排泄支援機器の研究・開発

◎河井クリニック(〒105 東京都港区芝 2-22-11)

はじめに

西暦 2000 年を迎えようとしている。この地球上では人工衛星用のロケットが飛ぶ時代が到来しているが、一方では、自力では糞便が出せない老人に対して、摘便（肛門から指で便をかき出す方法）という原始的方法がいまだに用いられているという現実がある。そこで、本稿では、糞便を除去する技術について、真剣に考えてみることにした。

昨今のヒューマンテクノロジーでは、QOL (Quality of Life; 人間の生活の質・人生の質) という用語が多く引用されている。ことに福祉にかかわる領域では、高齢者・障害者の排便障害は、きわめて大きな問題であり、これは人間の尊厳にかかわるとともに、QOL 向上のための最も基本的なテーマの一つといっても過言ではない。

最近、寝たきり老人の排便障害の介護機器として、超音波を応用したエバキューエーションケアシステムが試作されたが、いまだ問題点が多く実用化には至っていない。そこで、このシステムをもとに糞便除去マシンの未来についての夢を記してみたい。

糞便除去マシンの世代分類

従来行われてきた糞便の除去方法は、① 下剤を用いる方法、② 浣腸法、③ 摘便法、④ 洗腸法、⑤ エバキューエーションケアシステム (ECS と略す) による方法などがある。このうち、積極的に糞便を除去する代表的な方法としては、摘便法、洗腸法、ECS による方法の三つを挙げることができる。

摘便法を原始的な方法とすれば、洗腸法は第一世代の方法であり、ECS による方法は第二世代と考えればわかりや

すいかもしれない。温故知新という言葉があるが、ここでは従来の糞便除去方法の概要を説明して、それから派生される未来の夢のマシンについて言及してみることにする。

原始的糞便除去法—摘便法— (図1)

摘便法は図1のように糞便を手指で摘み出す原始的な便の排出方法である。この方法はごく一般的に行われているが、ややもすると肛門や直腸内壁を傷つける恐れがある。またそれを行う看護婦が指の関節症になって労災が適用されたという実例がある。

この摘便法はオープンで行われるため臭いがでるので、病室の窓を開けたり、あるいはカーテンで間仕切りして行っているのが現実である。しかし、安あがりで手軽に行うことができるため、いまだに排便除去法の主座を保っているといっているかもしれない。

図1 原始的糞便除去法—摘便法—
糞便の塊を少しずつ削り取るようにして、糞便を摘出する。

第一世代糞便除去法—洗腸法— (図2)

第一世代の糞便除去法は洗腸法に代表される。この方法は座位の姿勢のとれる人に行われる方法である。水を肛門から直腸内に注入することにより、糞便を軟便化したり、詰まっている糞便の滑りをよくし、腸の運動を亢進^{こうしん}させて排便を促す方法であるが、最近少しずつ一般の人にも使われてくるようになった。その簡単なものは洗腸器セットとして市販されている。装置は大量の水を直腸内に注入するための点滴セットとその先端の肛門挿入部から構成されて

図2 第一世代糞便除去法—洗腸法—

いるが、注入速度が手元でコントロールされるようになっている。

本法は、点滴管の先端を肛門に当てがい、水を注入してはそれを離すことをくりかえし、水圧によって糞便を壊して流しだそうとする方法である。そのように、きわめてプリミティブな装置であるが、糞便除去のための基本的な原理をすべて具えているので、第一世代の装置とした。

第二世代糞便除去マシン—ECS— (図3)

エバキュエーションケアシステム (ECS) とその構成図を図3(a), (b), (c)に示す。これは超音波を応用し硬便を破碎して体外に流し出すシステムであるが、「寝たきり老人」や脳神経疾患の患者、脊髄ことに頸髄に損傷を受けた障害者で自力で糞便を排出できない人のために開発された医療機器である。本システムは、肛門から直腸に挿入する部分に組み込まれている糞便をこわすための超音波発振・振動系、水を注入して糞便をとかして吸引する注腸・吸引系、ならびに吸引した糞便を貯蓄するための貯留・廃棄処理系の三つの機能系に分けられる。

超音波発振・振動系の主役は24 kHzで連続発振する超音波発振器であるが、その先端部では最大180 μmの振幅がえられるようになっている。この振動系はミニプタの直腸内でくり返し実験して、有効性と安全性を確認したものであるが、ホーン先端が直接直腸粘膜に当たらないことが条件になっている。注腸液には体温程度の水道水を用い、その注入ならびに吸引にはローラポンプが利用されてい

(a) ECS の構成図

(b) ECS 試作 2 号機

(c) ECS 使用中の図

図 3 第二世代糞便除去マシン—ECS—

て、マイルドでバランスのよい注入・吸引動作がスムーズに行われるようになっている。

貯留・廃棄処理系には、貯留時には漏れないで、そのまま水洗便器までの移動に耐えられるもので、それを水洗便所に入れて流すと全体が溶けてスムーズに流れるような袋の開発をめざしている。現在のところ、かなり実用に近い袋が試作されている。また、このシステムは先端の肛門挿

入部から最終の貯留部に至るまで、すべてクローズド系になっているため、便臭が外部にもれないよう工夫されている。

この装置を用いた臨床成績からみると、生体の安全性を考慮した範囲内での超音波出力では、まだ、硬便破碎能力は不十分であり、したがってこれを実用化するためには今後なお糞便の破碎力を向上させるための検討が必要とされている。しかし現状の超音波破碎方式によるシステムでも、大腸の内容物が軟便程度以下のやわらかいものでは、かなり有効であり、とくに巨大結腸で内容物が泥状便のものに対する吸引減圧治療には著明な効果がみられたと報告されている。

したがって、現状における本システムの改良には、硬便破碎能力を向上させる新しいメカニズムの開発がぜひ必要とされるが、直腸粘膜を損傷しないという絶対条件が付けられていることを忘れてはならない。

第三世代糞便除去マシン —未来の夢のマシン— (図 4, 5)

第二世代の ECS をもとにして、この世代のシステムで問題になった糞便破碎の手段を超音波発振機構からメカニカルな方法に変更したものが、第三世代の ECS 夢のマシン (図 4, 5) になると考えた。夢のマシンには機械的に硬便をくずしていくロボットフィンガーを考える。そのうち、直腸から大腸の上部にまで移動できるタイプのものでは無線指令のきくものがのぞましいが、直腸の上部あたりまでのものでは有線で指令ができるものでもよい。糞便破碎部はフォークリフトの先端部分を参考にして考えてもよいが、直腸内にすっぽりと入る小型の手指のようなものを考え、便を少しずつひっかいては陰圧のかかった水流で洗い出すという動作を繰り返していく。従って、破碎先端部は大腸口側に向かって糞便の処理をどんどん進めていくことになる。その際、もっとも重要なことは、やわらかい腸粘膜を損傷しないように、昔の炭鉤の鉤脈の切り羽の壁を砕くように、糞の掘り起こしを進めることにあり、そのためには安全のための各種の制御機構が作動していなくてはならない。

以下に、考えられる夢のマシンの概略についてふれておく。

(1) ECS—未来型 I ; ロボットフィンガータイプ (図 4)
ECS の先端部分に糞便破碎のためのロボットフィンガーを装着したもの。注入・吸引チューブの先端にロボットフィンガーがついていて、機械的に硬便をかきとってチューブ吸入口にとり入れていく。

(2) ECS—未来型 II ; ワイヤレスロボットタイプ (図 5)

図 4 第三世代糞便除去マシン (ECS) 未来型 I - ロボットフィンガータイプ)

図 5 第三世代糞便除去マシン (ECS-未来型 II-ワイアレスロボットタイプ) のシステム図

(注) : 図 4, 5 のイラストは, すべて神奈川県総合リハビリテーションセンター理学療法士 佐藤房郎氏にイメージを話して描いていただいたものである。[各ロボットやフンのイラストロボットのマンガにマーカで採色してみてください。それにより, ロボット君の意気がわかります [例 ① フン (君) は茶色またはチョコレート色, ② GOLD FINGER は人の指色または黄 (金) 色, ③ FUNSAI 君はクマ手, 目 (レンズ), 車輪それと, FUNSAI された糞 (フン) 君は少々元祖の大物糞君より色はうすいと良いかもしれません]。

外部から無線で指令され自由にコントロールできる電子回路、センサなどを内蔵した小型ロボットを考える。指令センターで専門医がロボットをコントロールしながら排便を進めていくタイプのもので、注腸・洗腸系の操作を併用して用いるとより効果的と考えられる。ロボットの先端に電子の目に相当する CCD (Charge Coupled Device) がつけられていて、腸の内部をテレビ画面でモニターできるようになれば、さらに夢のタイプの ECS といえるだろう。

(3) ECS-未来型Ⅲ；自然排便を促すための小型マイクロマシンの開発 肛門から直腸の中に自由に入出力できる複数の小型のマイクロマシンを開発し、直腸内を自由に移動させて硬便を破碎したり、直腸壁を刺激して腸運動をたかめたりすることのできる作用を持たせる。小型マシンは外部から無線でコントロールでき、自然排便に近い排便が促される特徴をもっている。このマイクロマシンは何個でも補充でき、しかも使い捨てができるようにする。またマイクロマシンには機能分担があり、それぞれの機能に応じて大きさや形態が変えられている。分担する機能には、硬便をくだくもの、水分あるいは滑剤を放出するもの、腸の粘膜を刺激して運動を亢進させるものなどがある。

このマイクロマシンタイプのものは人間の自然排便を促すことを目的としたものであり、糞便除去マシンとしては最終世代のものといってもいいかもしれない。

考 察

排便除去マシンの原型は古くから行われている原始的な摘便法にヒントがあるように思う。超音波を応用した ECS は、肛門からチューブを直腸の内部に入れて、超音波と水で硬便を破碎吸引する方法であるが、生体に損傷を与えない最大出力の超音波を与えても脊髄損傷(脊損)者・頸髄損傷(頸損)者などの硬い糞便は十分に破碎させることができなかった。これは、糞便が食物固形残渣と繊維性の物質を糊状のものでねりかためてつくられているので、超音波単独の作用だけでは破碎することがむずかしいと思われた。

さらにヒューマン・ファクター、リハビリテーションの原点に立って、もう一度、排便の生理を考えてみる必要はないだろうか。日本に多い、人為的ともいえる「寝たきり老人」や痴呆性老人に対しては、われわれは、排便機能を含めた失われた生理的機能を、人間としての基本的な観点に立脚して、全人間的に復活させるための努力を怠っていないだろうか。例えば、排便反射を考慮したリハビリテ

ーションも、自然の排便生理をとりもどすための重要な訓練の一つであることを認識し、それを等閑に付して、安易に機械にのみ頼るようなことがあってはならないと思う。そういう意味でも、自然排便を促すための小型マイクロマシンの開発は、最終世代の夢マシンであることを改めて強調しておきたい。

むすび

糞便除去マシンについて、原始的方法から最も新しい現在の試作機エバキューションケアシステムを紹介し、さらに予想される未来のマシンについての夢を述べた。日本は世界の国々でもかつて体験しなかったような超高齢社会を迎えようとしている。2020年には、4人に1人が65歳以上の高齢者で占められると予測されている。政府は、この高齢者の福祉計画をゴールドプランとして平成元年(1989年)にスタートさせたが、平成9年(1997年)の元旦のニュースでは、高齢者の比率は3人に1人になると変更して報じている。

まさに、現実には予想より早く、高齢化率が高まってきているのである。近未来の超高齢社会が到来すれば、高齢に加えて心身に障害を持って生活する人達の数もまた増加してくることは想像にかたくない。今後、人間の尊厳、QOL、質の高い福祉社会の要求がたかまるにつれて、この種の機器のニーズはますます増してくるものと思われる。したがってこの分野の研究・開発はなおいっそうの努力と精進がのぞまれるところである。

(原稿受付 1997年2月7日)

● 参考文献 ●

- (1) 河井啓三・大沼敏夫, よくわかる排便・便秘のケア, (1996), 中央法規出版.
- (2) 宮崎一興, 排泄障害のリハビリテーション, リハビリテーション医学, 29-6 (1992), 489.
- (3) 大沼敏夫・河井啓三, 技術トレンド超音波で硬い便を砕く, 超音波 TECHNO, 7-7 (1995), 52.
- (4) 大沼敏夫, 老人及び痴呆性老人の排便障害に対する発想転換, 老人福祉, 99 (1993), 66.
- (5) 屋ヶ田和彦・ほか, エバキューションケアシステムの開発, 医器学, 63 (suppl.), (1993), 59.
- (6) エバキューションケアシステム, 医療福祉機器技術研究開発成果報告書(技術組合医療福祉機器研究所), (1994).
- (7) 河井啓三・大沼敏夫, 知っておきたい排便障害の知識とケア, おはよう 21, 6-10, (1996), 69.
- (8) 大沼敏夫・大沼桂子, 高齢者の慢性便秘と排便障害に対する洗腸法の効果, 老人看護プラス介護, 3-5 (1996), 57.
- (9) J. Peters, 人間優先で! - J. ピーター教授からのメッセージ, 日本機械学会誌, 99-930 (1996), 354.
- (10) 厚生白書 (1996), 厚生省/編.