

軽運動が消化管通過時間に及ぼす影響

名古屋大学 近藤 孝晴

(共同研究者) 同 劉 鳳

同 戸田 安士

Research Center of Health, Physical Fitness & Sports

by

Takaharu Kondo, Feng Liu, Yasushi Toda

Nagoya University

ABSTRACT

Although exercise is often prescribed for people with constipation, not many studies have been carried out to investigate the effect on the passage of food through the gastrointestinal tract. We, therefore, studied the effects of exercise on the gastrointestinal transit. Ten healthy men, with a mean age of 71 yr-old, participated in the study. Experiments were performed in 2 phases, one was 2-week rest with minimal physical activity and the other was 2-week exercise. Walking over 10,000 steps per day was applied for the exercise.

Total gastrointestinal transit time, colonic transit time and mouth-to-cecum (small bowel) transit time were measured with carmine red, radiopaque-marker method, and breath hydrogen method, respectively. Exercise slightly accelerated the total gastrointestinal transit time, but not the small bowel transit. The colonic transit time was significantly accelerated from 19.5 ± 2.9 to 10.9 ± 2.9 h ($P < 0.01$). From these experiments, light exercise such as walking accelerates the colonic transit, and will be good for the people with chronic constipation.

要 旨

身体運動は便秘に良いとされているが、その科学的根拠は明らかではない。そこで、われわれは、身体運動が食物の消化管通過時間に及ぼす影響について検討した。対象は健常男性 10 名で、平均年齢は、71 歳である。

2 週間の安静後と 2 週間の運動後の 2 回実験を行った。運動は 1 日 10,000 歩以上の歩行とした。全消化管通過時間はカルミン法で、小腸通過時間はラクツロース服用後に呼気中水素を測定する方法で、大腸通過時間はレントゲン非透過性のマーカーを用いる方法でそれぞれ測定した。歩行運動は、全消化管通過時間を軽度短縮させたが、小腸通過時間に影響を与えなかった。大腸通過時間は歩行により、 19.5 ± 2.9 時間から 10.9 ± 2.9 時間と有意に短縮した ($P < 0.01$)。以上から、軽運動は消化管とくに大腸通過時間を短縮させることが明らかになった。

緒 言

日本における大腸がん死亡率の急激な上昇は、慢性便秘症の増加が原因と考えられている。便秘により、食物（あるいはその残渣）に含まれている発がん性物質と大腸粘膜との接触時間が長くなるため、大腸がんが発生しやすくなるという。疫学的な研究によると、便秘は食生活の西欧化による食物繊維の摂取不足と、生活様式の近代化がもたらす運動不足に起因している。このうち食物繊維の便秘に対する効果は確立されたといっても過言ではないが、身体運動の便秘に対する効果と、その科学的根拠は、方法論的問題もあり、解明されていない。

最近、各種の方法を用いて食物の消化管通過時間の測定が可能になり、便秘などを定量的に検討することができるようになった。たとえば、非吸収性の糖質を投与して、呼気中の水素を測定する

ことにより小腸通過時間を測定したり、レントゲン非透過性のマーカーを用いて大腸通過時間を測定するなどである。

そこで本研究では、これら最近の消化管通過時間の測定法を用いて、身体運動、とくに軽運動が消化管通過時間に及ぼす影響を検討することを目的とした。軽運動を選んだのは、消化管通過時間が 24 時間前後と長いため、短時間の強い運動では変化がみられないと考えたからである。

1. 方 法

1.1 対 象

健常男子 10 名を対象とした。平均年齢は 71 ± 1 歳 (68 ~ 74 歳)、身長は 162 ± 2 cm、体重は 58 ± 2 kg である。彼らは、週 1 回バドミントンなどの運動を約 2 時間行うほか、毎日、歩行、ラジオ体操などを積極的に行っている。毎年、人間ドックを受け、消化器系を含め、特別な異常は指摘されていない。消化器系疾患の既往歴もない。

1.2 実験プロトコール (図 1)

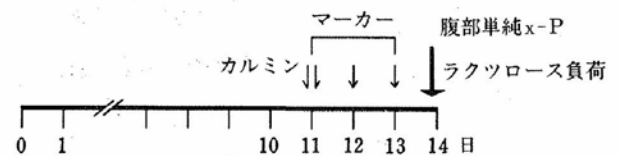


図 1 実験プロトコール

14 日間の安静期間と 14 日間の運動期間を比較した。安静期間にはすべての身体運動を控えるよう、また、運動期間には 1 日 1 万歩以上歩くように指示し、毎日日記をつけて行動を詳しく記入させた (表 1)。

1.3 食 事

栄養士に依頼して高齢者向けの献立を 1 週間分作成し、被験者に調理させた。1 週間分のメニューを実験中繰り返すよう指示した (表 2)。1 週間を平均した食事内容は、熱量 1,723 kcal/日、炭水化物 270 g/日、タンパク質 70.5 g/日、脂肪

表1 日記の一例 (M. H. 74歳)

月 日	排便		着色	歩数	カロリー	その他
	回数	時刻				
21日 (火)	1	8:40		2,500	1,862	
22日 (水)	1	8:15		3,000	1,901	
23日 (木)	1	8:20		3,200	1,664	
24日 (金)	1	8:50		2,600	1,710	
25日 (土)	1	8:15		2,400	1,708	
26日 (日)	1	8:10		2,100	1,602	
27日 (月)	1	8:50		2,100	1,583	
28日 (火)	1	8:40		2,200	1,570	薬
29日 (水)	1	8:20	有	3,500	1,772	〃
30日 (木)	1	8:35	有	2,500	1,780	〃
31日 (金)	1	7:30		3,600	1,756	レントゲン
1日 (土)	1	8:20		11,500	1,809	
2日 (日)	1	9:10		9,600	1,805	
3日 (月)	1	8:25		10,800	1,650	
4日 (火)	1	9:15		11,600	1,750	
5日 (水)	1	8:20		12,400	1,790	
6日 (木)	1	8:40		13,000	1,678	
7日 (金)	1	9:10		12,200	1,860	
8日 (土)	1	8:35		12,600	1,804	
9日 (日)	1	8:20		10,200	1,763	
10日 (月)	1	8:30		8,100	1,659	
11日 (火)	1	8:50		11,000	1,790	薬
12日 (水)	1	8:10	有	9,200	1,760	〃
13日 (木)	1	8:30	有	13,000	1,768	〃
14日 (金)	1	7:25	有		1,966	レントゲン

40.1 g/日, ダイエタリーファイバー 18.8 g/日である。

1. 4 測定項目

1) 運動量

運動量は万歩計 (ヤマサ時計) による1日の歩数と, カロリーカウンター (KENZ) による1日

の消費熱量の両者であらわした。消費熱量には基礎代謝も含まれている。

2) 全消化管通過時間

各期間の第11日目の9時に, Carmine (東京化成) 1.5 gをカプセルに入れて服用させ, 赤色便が排出した時刻を日記に記入させた。カルミン服用後, 赤色便観察されるまでの時間を全消化管通過時間とした。

3) 大腸通過時間

第11日, 12日, 13日の朝9時に, 各20個のレントゲン非透過性のマーカー (6×6 mm) を服用させ, 第14日目の朝9時に腹部単純X線写真をとった。大腸通過時間は, 腹部単純X線に写ったマーカーの個数を数え, 1.2倍したものである¹⁾。X線写真から大腸を3部分に分けて検討した。左右腸骨稜を結んだ線から下をS字状結腸・直腸, それより上で脊椎の右側を右側結腸, 左側を左側結腸とした。

4) 小腸通過時間

X線撮影後, Iactulose (ラクツロース; 日研化学) 18 g

を水 300 ml に溶いて服用させ, 10分ごとに呼気を採取し, 水素を測定した。呼気の採取は Gas Sampler (Quintron 社) を用いた。一部では Douglas bag を用いて3分間の呼気総量を求め, 水素の総排出量を算出した。小腸通過時間は Iactulose 服用後, 呼気中の水素が少なくとも負荷前

表2 献立の一例

朝			昼			夕				
調理名	材料名	1人当数量(g)	調理名	材料名	1人当数量(g)	調理名	材料名	1人当数量(g)		
ご飯 けんちん汁	米飯	200	ざるそば	ゆでそば	200	ご飯 魚のおろし煮	米飯	200		
	豆腐	50		しょうゆ	15		かれい	1切		
	ごぼう	10		みりん	3		大根	50		
	大根	20		ねぎ	10		しょうゆ	9		
	人参	20		のり	0.5		砂糖	3		
	椎茸	2		わさび	少々		なの花	10		
	こんにゃく	20		大豆と昆布	大豆		20	やまと芋の	やまと芋	50
	サラダ油	3		の煮物	昆布		3	酢のもの	酢	7
	しょうゆ	3			砂糖		5		砂糖	2
	塩	1		鶏肉とキャ	鶏ささ身		30		のり	0.5
生卵	卵	50	ベツのピー	キャベツ	30	お浸し	こまつな	70		
	しょうゆ	6	ナッツ和え	ピーナツバター	5		ごま	3		
かぶの レモン漬	かぶ	50		酢	5	間食				
	レモン	10	果物	しょうゆ	5	牛乳	牛乳	200		
	塩	0.5		みかん	100	果物	りんご	100		

値から 3 ppm の上昇が連続して 3 回以上観察されるまでの時間とした。呼気中の水素は MicroLyzer (Quintron 社) で測定した。

この装置は大気を Carrier gas とし、Molecular Sieve カラムを使用して呼気中の還元ガスのうち水素のみを N 型半導体のセンサーを用いて測定する Gas Chromatograph (GC) である。少なくとも 2 時間の Warming-Up の後に用いた。検体測定前に Calibrating Standard (Quingas, 96 ppm) 20 ml を用いて校正を行った。

この測定装置の精度は日本では十分検討されていない。そこで、一部の検体について従来の GC と比較検討した。GC は、GC-8 APT (島津製作所) を用いた。2 m の SUS カラム、および、担体として Molecular Sieve 5 A を用いた。Carrier gas は Argon を用い、2 次圧を 6 kg/cm² とした。Detector/Injection 温度は 100°C、Column 温度は 65 から 80°C とし、TC の電流は 60 mA とした。標準 gas は Quingas を用いたが、水素の同定には 100% 水素 (ガスクロ工業) を用いた。気

体の測定用にガスサンプラ (MGS-4) を用い、分析にはクロマトパック (C-R 1 B) を使用した。

1. 5 統計処理

有意差は Paired t test を用い、P < 0.05 を有意差ありと判定した。相関は least square 法で求め、有意差は t 検定で求めた。

2. 結果

2. 1 MicroLyzer の基礎的検討

1) Standard gas による検討

Standard gas を大気で希釈し、48, 24, 12, 6, 3 ppm の標準 gas を作成した。この標準 gas は MicroLyzer の実測値と直線的に比例した (r = 0.999, P < 0.01)。また、呼気 (56 ppm) を大気で倍々に希釈した直線はこの標準直線とほぼ平行であった。

2) 精度

96 ppm の標準 gas を 10 回連続測定したところ 93 ± 1.8 ppm であり、変異係数は 2% と良好であった。

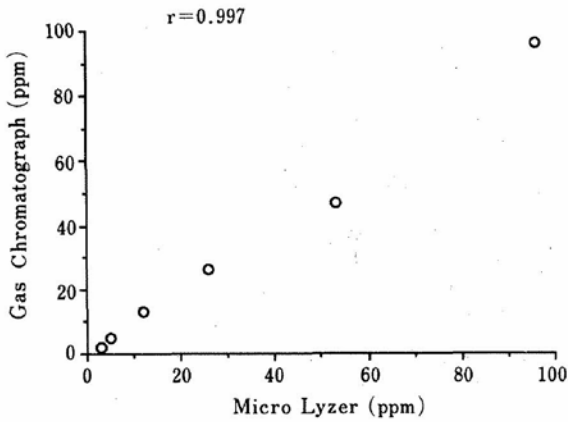


図2 MicroLyzer と GC の比較

3) GC との比較

1) で作成した標準 gas を MicroLyzer および GC で測定した。両直線はほぼ一致し、相関係数も 0.997 であった ($P < 0.01$, 図2)。

4) 呼気採取法の比較

Douglas bag により採取した呼気中の水素と Gas Sampler による呼気中の水素とは $r = 0.872$ と良好な相関関係があった。呼気中の水素が 183 ppm と高値を示した検体を除くと $r = 0.907$ と相関はさらによくなった。

2.2 運動量

安静期間の歩数は $3,660 \pm 444$ 歩/日、消費熱量は $1,600 \pm 34$ kcal/日であった。運動期間では、歩数が $12,800 \pm 900$ 歩/日、消費熱量は $1,790 \pm 43$ kcal/日であり、両者とも安静時に比し有意に高値であった ($P < 0.01$, 図3)。また、歩数と消費熱量の間には有意な正の相関があった ($r = 0.46 \sim 0.95$, $P < 0.05 \sim 0.01$)。

2.3 排便回数

排便回数は、安静期間で 1.2 ± 0.1 回/日、運動期間で 1.1 ± 0.1 回/日と差がなかった (図4)。

2.4 全消化管通過時間

安静期間では、 26.3 ± 2.6 時間であり、運動期間には 22.0 ± 1.3 時間と短縮したが、有意差はなかった ($P > 0.05$, 図5)。

2.5 大腸通過時間 (図6)

1名の被験者がマーカーを服用し忘れたため、

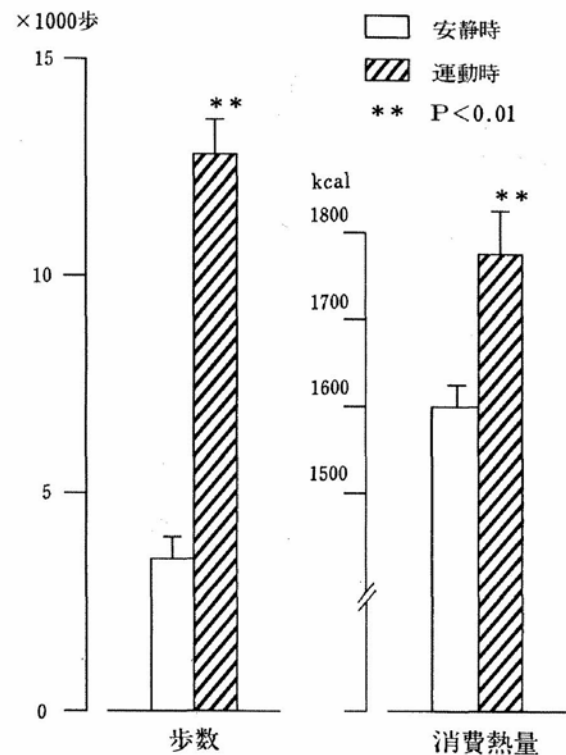


図3 運動量

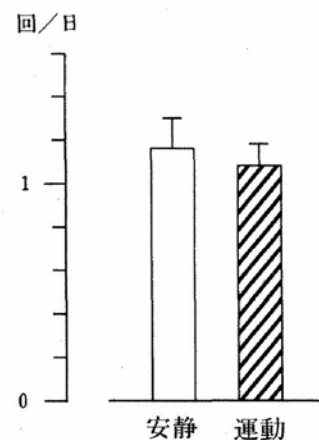


図4 排便回数

9名で検討した。安静期間の全大腸通過時間は 19.5 ± 2.9 時間であった。運動期間には 10.9 ± 2.7 時間と有意に短縮した ($P < 0.01$)。結腸の部位別では、左側、右側結腸の通過時間が有意に短縮した (左側結腸 10.1 ± 2.5 時間 \rightarrow 4.0 ± 1.8 時間, $P < 0.05$, 右側結腸 5.7 ± 1.1 時間 \rightarrow 2.7 ± 0.7 時間, $P < 0.05$)。S字状結腸・直腸の通過時間は差がなかった (3.6 ± 1.0 時間 \rightarrow 4.3 ± 1.2 時間, $P > 0.05$)。

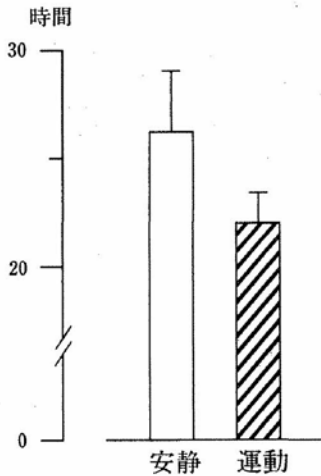


図5 全消化管通過時間

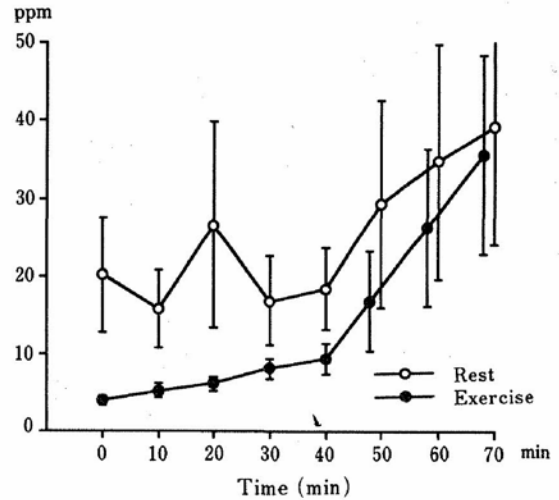


図7 小腸通過時間

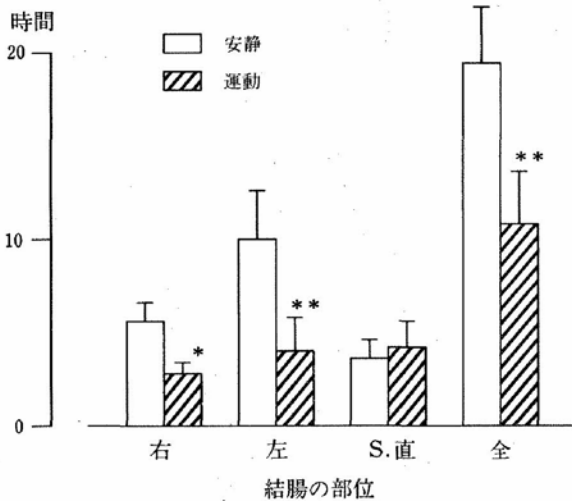


図6 大腸通過時間

2.6 小腸通過時間

安静期間の空腹時水素濃度は 20.2 ± 7.7 ppm と運動期間の 4.1 ± 0.6 ppm に比し有意に高値であった ($P < 0.05$, 図7)。このため、正確に小腸通過時間を測定できたのは4人のみであった。この4人に限ると、小腸通過時間は、安静期間では 62 ± 6.6 分、運動期間では、 56 ± 6.0 分と差がなかった。

3. 考 察

便秘には身体運動が良いといわれてきたが、科学的根拠は乏しい。最近、身体運動と消化管機能

に興味をむけられ、多くの実験が行われつつあるが、運動と消化管通過時間の関係には一定の結論が出ていない状況である。

全消化管通過時間の測定は、Carmine を用いる方法と、レントゲン非透過性のマーカーを用いる方法がある。Cordian ら²⁾は、Carmine を用いて、6週間のランニングによるトレーニングの前後に、全消化管通過時間を測定し、22.8%短縮したと著者と同様の報告をしている。Robertson ら³⁾、Bingham ら⁴⁾、Harrison ら⁵⁾、および Coenen ら⁶⁾は、後者を用いて、すなわち便中に排泄されたマーカーの数から全消化管通過時間を測定する方法により、身体トレーニングは全消化管通過時間に影響を与えなかったと報告している。Carmine 法は食物の先端が大腸から排泄される時間をあらわすのに対し、マーカー法は食物の平均の通過時間を示すという違いがあるために結果に差がでたのであろう。しかし、マーカー法により身体トレーニングが全消化管通過時間を短縮させたとの報告もある⁷⁾。

小腸通過時間も報告により一定していない。Cammack ら⁸⁾、Soffer ら⁹⁾は、急性運動は小腸通過時間に影響がなかったという。Meshkinpour ら¹⁰⁾は、60分間の運動によって小腸通過時間が延長したと報告している。Keeling ら¹¹⁾は、軽運動

により小腸通過時間が20～25%短縮したと報告している。いずれの報告も鍛錬者を対象としたり、6時間も運動を継続するなど、日常的に運動を行っている人を対象にしている。このほか急性運動時には換気量が増大するため、呼気中の水素が低値を示し、一定の傾向が出ない可能性も考えられている。Kofflerら¹²⁾はわれわれと同様、中、高齢者を対象に身体(筋肉)トレーニングを行い、やはり変化がなかったと報告している。急性運動負荷はともかく、身体トレーニングは小腸通過時間に影響を与えないのであろう。

一方、われわれの今回の検討では、安静期間の呼気中水素が10人中6人で高値を示した。食事等は運動期間と同じであったことを考えると、安静期間には食物の通過時間が遅く、前日のガス産生食物が、朝になってやっと大腸に到達したとも考えられる。すなわち、日常かなり運動をしている人では、安静によって腸管運動が低下するものと考えられる。

大腸通過時間については、Robertsonら³⁾とBinghamら⁴⁾は身体トレーニングの影響はなかったと報告している。一方、Holdstockら¹³⁾は大腸の通過時間は安静にしている病人で遅延していると報告している。また、Kofflerら¹²⁾は中高年者の大腸通過時間は筋肉トレーニングにより短縮したと報告している。この報告、および、今回のわれわれの報告とも、対象者は消化管機能が潜在的に低下していると考えられる高齢者であり、このような人の大腸機能には、身体運動がとくに有効なのかもしれない。

以上のように、身体運動が食物の消化管通過時間に及ぼす影響には一定した報告がない。その理由として、対象が運動不能の病人から運動選手までとはひろく、また測定方法に差があるなどがあげられる。これらの点をふまえて今後さらに検討が必要と考えられる。

文 献

- 1) Metcalf, A. M., Phillips, S. F., Zinsmeister, A. R., MacCarty, R. L., Beart, R. W., Wolff, B. G.; Simplified assessment of segmental colonic transit, *Gastroenterology*, **92**, 40-47 (1987)
- 2) Cordain, L., Latin, R. W., Behnke, J. J.; The effect of anaerobic running program on bowel transit time, *J. Sports Med.*, **26**, 101-104 (1986)
- 3) Robertson, G., Meshkinpour, H., Cohen, A., Vandenberg, K.; Effects of exercise on total and segmental colon transit, *Gastroenterology*, **98**, A 385 (1990)
- 4) Bingham, S. A., Cummings, J. H.; Effect of exercise and physical fitness on large intestinal function, *Gastroenterology*, **97**, 1389-1399 (1989)
- 5) Harrison, R. I., Leads, A. R., Bolster, N. R., Judd, P. A.; Exercise and wheat bran; effect on whole gut transit, *Proc. Nutr. Soc.*, **39**, 22 A (1980)
- 6) Coenen, C., Wegener, M., Wedmann, B., Schmidt, G., Hoffmann, S.; Does physical exercise influence bowel transit time in healthy young men? *Am. J. Gastroenterology*, **87**, 292-295 (1992)
- 7) Oettle, G. J.; Effect of moderate exercise on bowel habit, *Gut* **32**, 941-944 (1991)
- 8) Cammack, J., Read, N. W., Cann, P. A., Greenwood, B., Holgate, A. M.; Effect of prolonged exercise on the passage of a solid meal through the stomach and small intestine, *Gut* **23**, 957-961 (1982)
- 9) Soffer, E. E., Summers, R. W., Gisolfi, C.; Effect of exercise on intestinal motility and transit in trained athletes, *Am. J. Physiol.*, **260**, G 698-G 702 (1991)
- 10) Meshkinpour, H., Kemp, C., Fairshter, R.; The effect of submaximal exercise on orocecal transit time and exhaled hydrogen output, *Gastroenterology*, **96**, 938-941 (1989)
- 11) Keeling, W. F., Martin, B. J.; Gastrointestinal transit during mild exercise, *J. Appl. Physiol.*, **63**, 978-981 (1987)
- 12) Koffler, K. H., Menkes, A., Redmond, R. A., Whitehead, W. E., Pratley, R. E., Hurtley, B. F.; Strength training accelerates gastrointestinal transit in middle-aged and older men, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **24**, 415-419 (1992)
- 13) Holsock, D. J., Misiewicz, J.J., Smith, T., Rowlands, E. N.; Propulsion (mass movements) in the human colon and its relationship to meals and somatic activity, *Gut* **11**, 91-99 (1970)