

運動負荷時の胃分泌

Effect of exercise on postprandial gastric secretion in dogs

近藤 孝晴*¹ 成瀬 達*²

Takaharu KONDO *¹ Satoru NARUSE *²

The effect of two-hour running on the postprandial gastric secretion was studied in four conscious dogs with a Heidenhain pouch.

Gastric acid secretion from the Heidenhain pouch was not altered during the first hour of the exercise. During the second hour, however, acid secretion was significantly depressed when the speed of the treadmill was 4 km/h or 6 km/h, compared to the non-exercise control. A discrepancy existed between the older and the recent literatures, in that gastric secretion was depressed by the exercise in the older studies and it was unaffected in the recent studies. From our experiments, this discrepancy could be due in part to the experimental design since gastric juice was collected over two hours in the older studies and less than one hour in the recent studies.

Pepsin secretion from the Heidenhain pouch was decreased after a meal whether the animals had exercise or not. During the second hour of running at a speed of 4 km/h, pepsin output was slightly but significantly higher than the nonexercise control.

The bowel movement occurred soon after the exercise. This effect on the defecation might be useful for the patients with constipation and further studies should be done.

運動が消化管機能に及ぼす影響については、古代ローマ皇帝 Frederick II 世の頃から興味をもたれていた⁽¹⁾。しかし、生理学的な方法を用いて胃分泌への影響を検討し始めたのは1928年の Campbell⁽²⁾であろう。彼は、軽い運動は胃酸分泌に影響を与えないが、強い運動は胃酸分泌を抑制すると報告し、また、胃排出との関連から、快適な運動は消化を助け、不快なほど強い運動は消化のさまたげになると結論した。同時期に行われた実験はほぼ同様の結果が多い^{(3)~(5)}。

ところが、胃内滴定など近代的な方法を用いた最近の論文では、運動は胃酸分泌に影響を与えないという報告が多い⁽⁶⁾。しかし、Campbell らの結論との差異については明らかになっていない。今回我々はイヌを用いた実験で、運動は胃酸分泌を抑制するとの結果を得たので、最近の報告と

の差異について検討し報告する。

対象と方法

胃瘻、Heidenhain pouch、十二指腸瘻を造設した雑種成犬4頭を用いた。このうち3頭は1~2年前に手術を行い、1頭は今回の実験を開始する1か月前に手術を行った。時に軽い散歩を行わせる以外は身体トレーニングは行わなかった。

運動負荷はトレッドミルを用い、2 km/h、4 km/h、6 km/h の速度で各々2時間歩行させた。イヌは1~2回の練習でトレッドミルに慣れ、自主的に歩くようになった (Fig. 1)。尚、イヌは2 km/h ではブラブラ歩く程度、4 km/h では速歩、6 km/h では走るようになる。30分毎に心拍数を測定した。

18時間以上絶食の後に実験を行ったが、実験時

*¹名古屋大学総合保健体育科学センター *²生理学研究所

*¹Research Center of Health, Physical Fitness & Sports, Nagoya University

*²National Institute for Physiological Sciences

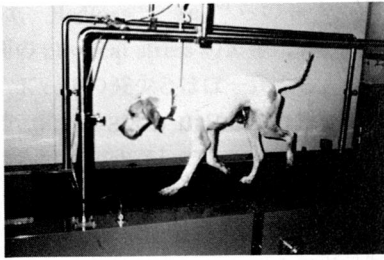


Fig. 1. Picture of a dog running on a treadmill.

には胃瘻を開放し、胃内に食物のないことを確認した後胃瘻を閉じた。controlではトレッドミル運動を行わず、肉の缶詰 (KAL KAN BEEF DINNER, カルカンフーズ社, アメリカ, 粗タンパク質12%以上, 脂肪6%以上, 繊維1.5%以下, 灰分3%以下, 400g) を食べさせた。実験群では缶詰を食べさせた後ただちにトレッドミル上を2, 4, または6 km/hで歩行させた。いずれの場合にも, イヌは缶詰を2分以内に食べ終った。各々1日に1実験とし, 1週間に3回以上は実験を行わなかった。

胃液は, Heidenhain pouch の Gregory cannula におもちゃの風船 (ふくらませない状態で容量約40ml) をつけ, 約30mlの生理食塩水を入れて washout 法で採取した。刺激のない基礎分泌の状態では, 生理食塩水の回収率はほぼ100%であった。

酸はこの回収液10mlを, Radiometer 社の自動適定装置を用いて適定した。ペプシンは Anson の変法⁽⁷⁾を用いて測定し, Sigma 社の pepsin (porcine pepsin NO P-6887 EC 3. 4. 23. 1) を標準とした。

有意差検定は paired t test を用いた。

結 果

1. 心拍数 (Fig. 2)

2時間運動後の心拍数は, 2 km/h で平均120拍/分, 4 km/h で162拍/分, 6 km/h で197拍/分と増加した。

2. 酸分泌

10分毎の酸排出量を Fig. 3 に示した。運動開始後60分までは, 2 km/h, 4 km/h, 6 km/h

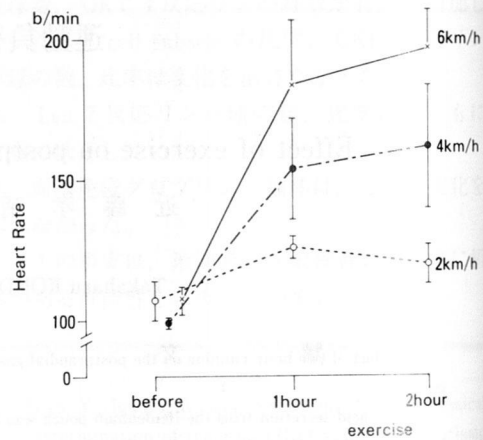


Fig. 2. The effect of exercise on the heart rate. Vertical bars indicate SE of the mean.

のいずれの群も control と差がなかった。70分以後は2 km/h の群の酸排出量が control に比し高値の傾向を示した。4 km/h の群の酸排出量は80分から110分で, また6 km/h の群では70分から120分まで, control に比し有意に低値であった ($P < 0.05$, Fig. 3)。

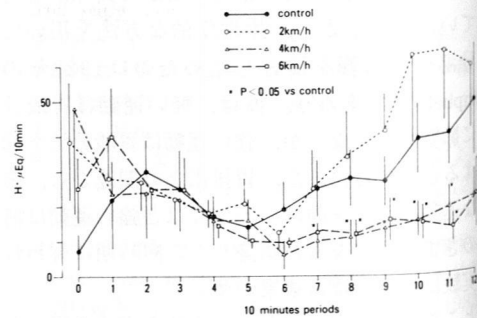


Fig. 3. The effect of exercise on acid output from the Heidenhain pouch after a meal.

Vertical bars indicate SE of the mean.

胃酸分泌を1時間の排出量として, 初めの1時間と次の1時間に分けて検討した (Fig. 4)。初めの1時間の酸排出量は control 127 ± 42.7 ($\mu\text{Eq/h}$, \pm SEM) $\mu\text{Eq/h}$, 2 km/h では 128 ± 39.5 $\mu\text{Eq/h}$, 4 km/h では 107 ± 40.2 $\mu\text{Eq/h}$, 6 km/h では

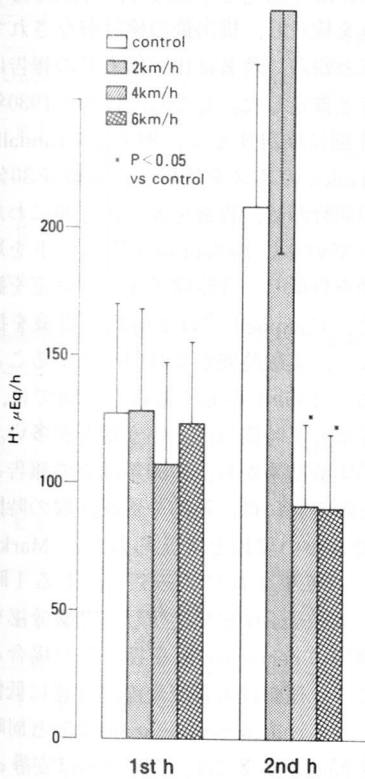


Fig. 4. The effect of exercise on acid output during the first and the second hour.

Vertical bars indicate SE of the mean.

123 ± 32.2 μEq/h といずれの群も有意な差はなかった。

しかし、次の1時間ではcontrolが208 ± 54.9 μEq/hであるのに対し、2 km/hでは285 ± 95.6 μEq/hと高値の傾向を示し、4 km/hでは91 ± 32.4 μEq/h、6 km/hでは90 ± 29.0 μEq/hと有意に低値であった (P < 0.05)。

3. ペプシン分泌

Heidenhain pouch では食事によりペプシン分泌は増加せず、時間とともに漸減することが知られている⁽⁸⁾。今回のcontrolでも同様の傾向があった (Fig. 5)。運動を负荷しても漸減の傾向は変わらなかったが、4 km/hの運動時の70分目と90分目のペプシン分泌はcontrolに比し有意に高値であった (P < 0.01)。

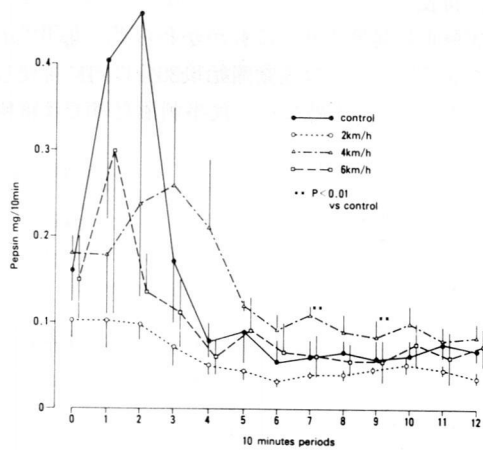


Fig. 5. The effect of exercise on pepsin output.

ペプシン排出量を酸の場合と同様、初めの1時間と次の1時間に分けて検討した (Fig. 6)。初めの1時間では2 km/hの運動時にcontrolに比し低値の傾向があったが、有意の差ではなかった。4 km/hでcontrolに比し有意に高値であった (P < 0.01)。

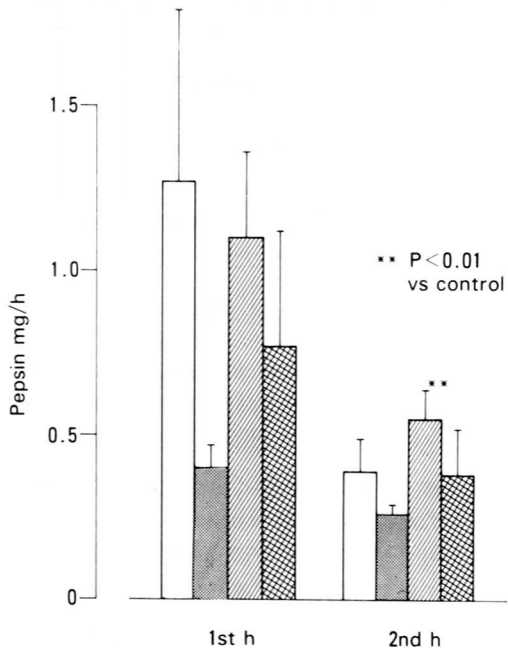


Fig. 6. The effect of exercise on pepsin output.

4. 排便

実験前に排便させたにもかかわらず、丸印で示したように、イヌは運動開始後20分以内に排便した (Fig. 7)。運動なしの食事刺激だけでは排便

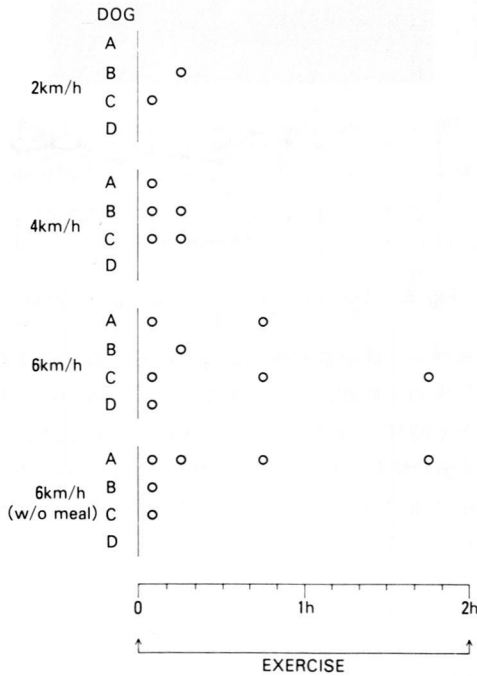


Fig. 7. The effect of exercise on pepsin output. Open circles indicate the defecation.

しなかった。また、食事なしで運動のみ行わせたところ4頭中3頭が排便した。

考 案

食事刺激による Heidenhain pouch からの胃酸分泌は運動を開始しても1時間の間は安静 control と差がなかった。運動を開始して1時間を越えると、4 km/h および6 km/h でトレッドミル運動を行った群の胃酸分泌が control に比し有意に低値であった。1920年から1950年代の実験では今回の我々の結果と同じく、運動は胃酸分泌を減少させるとの報告が多い。しかし、最近の論文を検討したところ、運動は胃酸分泌に影響を与えないとの報告が多かった (Table1) (6)。1950年代まで

の実験では酸の測定も不正確で、胃酸分泌も酸の濃度のみを検討し、排出量の検討がなされていなかったことから、著者は1950年までの報告は誤りであろうと推定した。しかし、1920~1930年代の報告を詳細に検討すると、例えば Crandall (3) は Pavlov pouch のイヌを使用し、運動を30分から3時間の間行わせ、胃液を8~10時間にわたり採取観察している。Hellebrandt (4) はヒトを対象として運動を負荷し、3時間半まで胃分泌を観察した。また、Campbell (2) は2時間半胃液を採取しているなど、実験時間が2時間をこえることが多い。一方、Table1 の如く最近の実験では、運動も胃液採取も1時間以内という報告が多い。我々の今回の実験結果から、1950年以前の報告と最近の報告との差異には、運動や胃液採取の時間の差も無視できない要因と考えられた。Markiewicz (3) は、自転車エルゴメーターによる1時間の運動後に pentagastrin を投与して胃酸分泌を刺激し、安静時に pentagastrin を投与した場合と比較したところ、運動後の胃酸分泌は有意に低値であったという。一方、pentagastrin 投与と同時に運動負荷を行った場合には、胃酸分泌は安静 control と差がなかったと報告している。対象、胃分泌刺激の方法、運動の方法などに差はあるが、今回の我々の結果を支持する報告であろう。運動が胃分泌に影響を与えるかどうかに関しては、以上述べた他、種差や迷走神経系の有無なども考慮してさらに検討する必要がある。

Heidenhain pouch からのペプシン分泌は食後低下することが知られている (8)。今回の実験でも、食事負荷後 Heidenhain pouch のペプシン分泌は低下した。運動負荷を行っても食事負荷後のペプシン分泌低下のパターンは変わらなかった。しかし、4 km/h の運動時にはペプシン分泌のパターンは変わらなかったものの、control に比し高値であった。とくに、運動開始1時間後から2時間の間のペプシン分泌は有意に高値であった。食後に Heidenhain pouch からのペプシン分泌が減少する機序は解明されていないが、食後の十二指腸内 pH の変化により、消化管ホルモンの動態が変化することも一因と考えられている。例え

Table 1. The effect of exercise on gastric acid secretion (6).

対 象	運動負荷 ³⁾		胃 酸 分 泌		文 献
	Vo ₂ max	運動強度	時間	刺 激	
ヒト (T) ¹⁾	3.09±0.88 ℓ / min	70%* Vo ₂ max	1時間	13.3%ブドウ糖 0.3% Nacl 750ml経口投与	→ Fordran と Saltin (1967) ⁽⁹⁾
ヒト (T)	—	150~750 kpm/min	20分	5%ブドウ糖 750ml経口投与	↓ Ramsbottom と Hunt (1974) ⁽¹⁰⁾
イヌ	—	10 km/h* 8%	15分	ヒスタミン ペントガストリン 食 事	→ ↓ ↓ Tasler たち (1974) ⁽¹¹⁾
ヒト	—	平均756 kpm/min	20分	—	→ Markiewicz たち (1977) ⁽¹²⁾
ヒト	—	平均429 kpm/min	1時間	ペントガストリン	→ Markiewicz たち (1978) ⁽¹³⁾
ヒト (U) ²⁾	24.2±7.06 ml/kg/min	50,70% Vo ₂ max	45分	食 事	→ Feldman と Nixon (1982) ⁽¹⁴⁾

1) T : トレーニング者。

2) U : 非トレーニング者。

3) *はトレッドミル, それ以外は自転車エルゴメーターを使用。

十二指腸内 pH が 3 ~ 5 では secretin が分泌され、ペプシン分泌は増加する。一方、十二指腸内 pH が 1 以下になると cholecystokinin (CCK) が放出され、ペプシン分泌は低下する⁽¹⁵⁾。

運動後にペプシン分泌が control に比し高値となる機序は、運動により胃酸分泌が低下し、十二指腸内 pH が上昇して、CCK 分泌の低下、secretin 分泌の増加などが生じることも一因と推定される。とくに、運動開始 1 時間以後に有意差が生ずることは、この時期に胃酸分泌も有意に低値となり、この説を支持する。一方、4 km/h の運動時にのみこの現象がみられ、6 km/h では control と差がないことは十二指腸内 pH の変化のみでは説明ができず、今後の検討が必要と考えられる。

運動により大腸の内圧は副交感神経系を介して亢進することが知られている⁽¹⁶⁾。運動によりイヌが排便するのはこの機序と同様と考えられる。一般に便秘には運動がよいといわれているが、便

秘の運動療法に関しては大腸の内圧や収縮との関連などさらに詳細な検討が必要であろう。

文 献

- 1) McDowall, R. J. S. : Handbook of Physiology and Biochemistry, 42nd edn. John Murray (London), 1955, pp.348.
- 2) Campbell, J. M. H., Mitchell, G. O., and Powell, A. T. W. : The influence of exercise on digestion, Guy's Hos. Res., 78, 279-293, 1928.
- 3) Crandall, L. A. : The effect of physical exercise on the gastric secretion, Am. J. Physiol., 84, 48-55, 1928.
- 4) Hellebrandt, F. A., and Hoopes S. L. : Studies in the influence of exercise on the digestive work of the stomach, Am. J. Physiol., 107, 348-354, 1934.
- 5) Hellebrandt, F. A., and Miles, M. M. : The effect of muscular work and competition on gastric acidity, Am. J. Physiol., 102, 258-266, 1932.
- 6) 近藤孝晴 : 消化吸収とトレーニング, 体力トレーニング (宮村実晴, 矢部京之助編) pp.220-234.

真興交易医書出版部, 東京, 1986.

- 7) Anson, M. L. : The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with haemoglobin. *J. Gen. Physiol.*, 22, 79-89, 1938.
- 8) Schofield, B. : The inhibition of pepsin output in separated gastric pouches in dogs following feeding and its correlation with motility changes, *Gastroenterology* 37 : 169-180, 1959.
- 9) Fordtran, J. S., and B. Saltin : Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise, *J. Appl. Physiol.*, 23, 331-335, 1967.
- 10) Ramsbottom, N., and J. N. Hunt : Effect of exercise on gastric emptying and gastric secretion, *Digestion*, 10, 1-8, 1974.
- 11) Tasler, J., W. Obtulowicz, M. Cieszkowski, S. J. Konturek : Gastrointestinal secretory function during physical exercise, *Acta Physiol. Pol.*, 25, 215-226, 1974.
- 12) Markiewicz, K., M. Cholewa, L. Gorski and J. Chmura : Effect of Physical exercise on gastric based secretion in healthy men, *Acta Hepato-Gastroenterol.*, 24, 377-380, 1977.
- 13) Markiewicz, K., M. Cholewa, and L. Gorski : Maximal gastric secretion during exertion and restitution, *Acta Med. Pol.*, 19, 479-484, 1978.
- 14) Feldman, M., and J. V. Nixon : Effect of exercise on postprandial gastric secretion and emptying in humans. *J. Appl. Physiol.* 53, 851-854, 1982.
- 15) Nakajima, S., and D. F. Magee : Influences of duodenal acidification on acid and pepsin secretion of the stomach in dogs, *Am. J. Physiol.*, 218, 545-549, 1970.
- 16) DeYoung, V. R., H. A. Rice, and A. H. Steinhaus : Studies in the physiology of exercise VII. The modification of colonic motility induced by exercise and some indications for a nervous mechanism *Am. J. Physiol.*, 99, 52-62, 1931.

(昭和61年 1 月20日 受付)