

異なる運動強度が空腹感、胃の電気活動、自律神経活動に与える影響

中島勇樹 (PT)¹⁾, 岩城大介 (PT)¹⁾, 河江敏広 (PT)²⁾, 筆保健一 (PT)¹⁾, 木村浩彰 (MD)³⁾

¹⁾ 広島大学病院診療支援部リハビリテーション部門

²⁾ 東都大学幕張ヒューマンケア学部理学療法学科

³⁾ 広島大学病院リハビリテーション科

キーワード：運動強度、胃電図、自律神経活動

はじめに

有酸素運動には運動機能の向上やメンタルヘルスの改善効果が期待されている¹⁾。米国スポーツ医学会および米国心臓協会は成人に対して中強度の少なくとも1日30分の身体活動を週に5回または高強度の少なくとも20分の身体活動を週に3回行うことを推奨している²⁾。有疾患患者においても運動を行うことが多くの疾患で推奨されており、がんを有した患者においても、運動が身体機能の改善だけでなく不安、倦怠感、生活の質を改善することが示されている³⁾。

がんを有した患者の多くは食欲不振と体重減少の長期化を経験する。がん患者における問題点として、体重減少が挙げられ、骨格筋量の減少と体重の減少はがんを有した患者の生命予後に影響することが報告されている⁴⁾。また、悪液質は食欲低下を引き起こし、体重を減少させるため、食欲低下への対策が重要であると考えられている。

食欲に関連する要因として胃や腸などの消化管の活動が挙げられ、胃の動きを経皮的に捉える方法として胃電図がある。胃の電気活動は胃体上部大彎のペースメーカーから1分間におよそ3回の正常波が規則的な周期で発生し、胃の蠕動運動を調整している⁵⁾。消化器がんを有する患者では食欲などの消化不良症状と胃の電気活動が関連することが先行研究により示されており⁶⁾、運動による影響として胃の内容物の排泄は運動強度が75% $\dot{V}O_{2max}$ を超えると低下することが報告されている⁷⁾。このように運動が消化管活動に影響を与える可能性が検討されているが、運動と食欲および胃の電気活動の関連については明らかでない。

そこで本研究では有酸素運動と食欲および胃の電気活動の関係性を明らかにすることを目的とし、健康成人を対象として、有酸素運動が食欲と胃の運動に与える影響を調査した。また、食欲不振を有した消化器がん患者に対し運動が食欲、胃電図に与える影響を調査した。

対象および方法

本研究は広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認（承

認番号：第 E-1768 号）を得たのち、対象者に研究内容を説明し同意を得てから行った。対象はボランティア募集により参加した消化器疾患や下肢の感覚障害などの既往および食欲不振のない20歳以上の健康男性11名と消化器がん患者1名とした。

被験者は測定日前日に香辛料、カフェイン、脂質の多い食事の摂取、アルコール類の摂取、激しい運動を避けるよう依頼した。測定項目は、空腹感、満腹感、胃電図、心拍変動の測定を行った。

1. 測定プロトコル

測定当日の朝食は試験食（400 kcal）とし8時に摂取するように依頼した。測定は11時30分～13時の間で検査室にて実験を開始した。

測定姿勢はヘッドアップ45°とし安静20分間の測定を行った。その後、心拍測定を行いながら自転車エルゴメーターを20分間駆動した。運動終了後に再度、臥位にてヘッドアップ45°で安静20分の測定を行った。各測定では胃電図（electrogastrography；EGG）、心拍変動（Heart rate variability；以下、HRV）を測定した。運動20分前、運動前、運動後、運動20分後に食欲に関する Visual Analog Scale（以下、VAS）の聴取を行った。

2. 運動方法

胃電図測定前後で自転車エルゴメーターを使用し20分間運動を行った。運動強度は低強度と中強度の2条件で行い、各条件の測定は別の日に行った。運動強度の設定は、カルボネン法を用いた。健康者については係数kは低強度運動では20%、中強度運動では60%で強度の設定を行った。消化器がん患者では、50%で設定を行った。

3. 胃電図測定方法

胃電図用生体アンプ（Biotex, EGG Amplifier）を使用し、腹壁に配置した電極から得られた信号を胃電図測定専用の生体アンプを用いて心電図の混入とノイズフィルターで除去し、選択導出した信号を増幅した。その後、HTBasic（Trans Era, Utah）で作成したプログラムをもちいて、時系列データのDC成分およびトレンドを除去し、ハミング・タイプのデータ窓を経て512の連続データを高速フーリエ変換しパワースペクトルを求め、正常波（24 cpm）の周波数帯域のスペクトル積分値を算出しパワーを求めた⁸⁾。また、胃運動の周期を反映する指標である正常波のピーク周波数も解析した⁹⁾。

4. 心拍変動測定

RR 間隔に基づく心拍変動について、心拍変動解析リアルタイム解析プログラム MemCalc / Bonaly Light（GMS, Tokyo, Japan）を使用し心拍数を測定した。また、HRV から低周波成分（low frequency；以下、LF）と高周波成分（high frequency；以下、HF）を計算し、副交感神経活動指標を HF、交感神経活動指標を LF/HF とした¹⁰⁾。

5. 統計解析

すべてのデータは正規性を確認したのち正規性を認められたものは平均値±標準偏差，正規性を認めないものは中央値（四分位範囲）として表した。

対応のある2群間の比較には対応のあるt検定を用いた。多重比較には，Steel-Dwass 検定を用いた。

統計処理には，統計処理ソフトウェア JMP[®] 14 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を使用した。すべての仮説検定は両側検定とし有意水準は5%とした。

結 果

対象者の基本属性を表1に示す。健常対象者11名のうち10名ですべてのデータを収集可能であった。1名で心拍変動のデータの欠損を認めた。

低強度運動，中強度運動時のワット数，Target HR，運動後の下肢および呼吸の疲労感を示した。低強度運動と比較し中強度運動ではワット数，目標心拍数，下肢，呼吸の疲労感で有意に大きい数値を示した ($P<0.0001$)。

表2に空腹感，満腹感のVASの変化を示す。空腹感，満腹感のVASいずれも有意な変化は認めなかった。

表3には運動前後の胃電図と心拍変動の結果を示す。低強度運動，中強度運動ともに運動前と運動後の胃の電気活動に有意差を認めなかった。中強度運動では，運動前と比較し，HRおよびHFに有意な差を示した。

消化器がん患者において，運動後に空腹感の増加，満腹感の低下を認めた。正常波のピーク周波数は増加したが，パワーは低下した。

表1 対象者の基本属性

	成人男性	消化器がん患者
年齢 (歳)	22 (22-29)	81
身長 (cm)	170.4 (168.7-177.5)	144
体重 (kg)	65.2 (60.4-80.0)	37.5
BMI(kg/m ²)	23 (21.3-26.9)	18.1
安静時心拍数 (bpm)	59.8 (7.4)	67

中央値（四分位範囲），平均値（標準偏差）

考 察

この調査の目的は，健康な成人，消化器がん患者の主観的な食欲，胃の電気活動に対して運動強度が与える影響を調査することであった。運動強度の違いは運動中の心拍数や自覚的疲労感は異なるが，食欲や胃の電気活動には明らかな変化は認めなかった。これらのことから，低強度運動と中強度運動の運動強度の差では食欲に与える影響は少ないことが考えられた。先行研究では，50分のサイクリング運動（60% $\dot{V}O_2^{\max}$ ）により，空腹感が低下すること¹¹⁾，60分間の中強度運動は一時的に空腹感を低下させることが示されている¹²⁾。また，運動が食欲に影響を与えないとの報告もあり¹³⁾，主観的な食欲の変化に対する運動の影響については，未だ一定の見解が得られていない。

本研究では，食欲の主観的尺度は，中強度および低強度ともに変化は観察されなかった。我々の結果から，低強度と中強度の運動強度では食欲に影響を与えないだけでなく，胃の電気活動にも影響を与えない可能性が示唆された。また，消化器癌患者においても一例ではあるが運動後の食欲抑制は認めなかった。これは，食欲不振を呈した対象者に対し低強度運動，中強度運動であれば食欲を抑制せずに運動を行うことが可能である可能性を示している。今後は，食欲不振を有した対象を蓄積し有疾患患者においても健常成人と同様の傾向にあるのか検討する必要がある。

結 論

本研究の結果から20分の低強度および中強度の有酸素運動であれば対象者の食欲および胃の活動に影響を与えずに運動が可能である可能性が示唆された。また，消化器癌患者においても有酸素運動の実施は，食欲の低下を引き起こすことなく実施可能である可能性が考えられたが，今後も対象者の蓄積が必要である。

利益相反

本報告書に関して，開示すべき利益相反関連事項はない。

表2 食欲の変化

	REST	運動前	運動後	20 min	P value
低強度運動					
空腹感 VAS (mm)	67(48-78)	72(53-79)	72(64-76)	72(60-79)	N.S.
満腹感 VAS (mm)	20(5-29)	20(8-32)	22(6-31)	18(4-24)	N.S.
中強度運動					
空腹感 VAS (mm)	64(51-71)	61(53-76)	62(59-78)	67(62-85)	N.S.
満腹感 VAS (mm)	20(10-34)	14(8-36)	22(11-34)	24(3-38)	N.S.
消化器がん患者					
空腹感 VAS (mm)	35	38	45	45	
満腹感 VAS (mm)	55	50	40	38	

中央値（四分位範囲），Steel-Dwass 検定，VAS: Visual Analog Scale，N.S., no significant differences.

表 3 胃電図および心拍変動の変化

	運動前	運動後	P value
低強度運動			
正常波パワー	1.00 (1.00-1.00)	0.96 (0.35-1.56)	0.49
正常波周波数 (cpm)	2.75 (2.34-2.99)	2.70 (2.29-3.05)	0.36
心拍数 (bpm) (n=10)	61.4 (58.9-72.0)	63.7 (58.6-72.4)	0.64
HF (n=10)	318.2 (108.9-900.6)	265.3 (108.9-675.8)	0.39
LF/HF (n=10)	2.08 (1.61-5.09)	3.40 (2.08-6.04)	0.90
中強度運動			
正常波パワー	1.00 (1.00-1.00)	0.96 (0.70-2.65)	0.11
正常波周波数 (cpm)	2.81 (2.87-2.58)	2.87 (2.58-3.05)	0.53
心拍数 (bpm) (n=10)	60.1 (71.9-55.7)	75.8 (70.2-84.2)	<0.0001*
HF (n=10)	435.7 (763.6-131.9)	146.9 (88.2-303.5)	0.01*
LF/HF (n=10)	2.69 (4.89-1.41)	3.20 (2.53-5.12)	0.90
消化器がん患者			
正常波パワー	1.00	0.30	
正常波周波数 (cpm)	3.28	3.63	
心拍数 (bpm) (n=10)	66.2	67.9	
HF	81.9	770.3	
LF/HF	0.74	2.41	

中央値（四分位範囲），対応のある t 検定（運動前 VS 運動後），* <0.05

文 献

- Piercy KL, Troiano RP, *et al.*: The Physical Activity Guidelines for Americans. JAMA. 2018; 320(19): 2020-2028.
- Haskell WL, Lee IM, *et al.*: Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Circulation. 2007; 116(9): 1081-1093.
- Campbell KL, Winters-Stone KM, *et al.*: Exercise Guidelines for Cancer Survivors: Consensus Statement from International Multidisciplinary Roundtable. Med Sci Sports Exerc. 2019; 51(11): 2375-2390.
- Martin L, Senesse P, *et al.*: Diagnostic criteria for the classification of cancer-associated weight loss. J Clin Oncol. 2015; 33(1): 90-99.
- Hinder RA, Kelly KA: Human gastric pacesetter potential. Site of origin, spread, and response to gastric transection and proximal gastric vagotomy. Am J Surg. 1977; 133(1): 29-33.
- Zygulska AL, Furgala A, *et al.*: Association between gastric myoelectric activity disturbances and dyspeptic symptoms in gastrointestinal cancer patients. Adv Med Sci. 2019; 64(1): 44-53.
- Neufer PD, Young AJ, *et al.*: Gastric emptying during walking and running: effects of varied exercise intensity. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1989; 58(4): 440-445.
- Wakisaka S, Nagai H, *et al.*: The Effects of Carbonated Water upon Gastric and Cardiac Activities and Fullness in Healthy Young Women. J Nutr Sci Vitaminol. 2012; 58(5): 333-338.
- Adachi H, Kamiya T, *et al.*: Improvement of gastric motility by hemodialysis in patients with chronic renal failure. J Smooth Muscle Res. 2007; 43(5): 179-189.
- Malliani A, Pagani M, *et al.*: Neurovegetative regulation and cardiovascular diseases. Ann Ital Med Int. 1991; 6(4 Pt 2): 460-469.
- Cheng MH-Y, Bushnell D, *et al.*: Appetite regulation via exercise prior or subsequent to high-fat meal consumption. Appetite. 2009; 52(1): 193-198.
- Martins C, Morgan LM, *et al.*: Effects of exercise on gut peptides, energy intake and appetite. J Endocrinol. 2007; 193(2): 251-258.
- Hubert P, King NA, *et al.*: Uncoupling the effects of energy expenditure and energy intake: appetite response to short-term energy deficit induced by meal omission and physical activity. Appetite. 1998; 31(1): 9-19.