

携帯型 3 次元加速度計を用いた 男子中学生の身体活動評価

—— 運動負荷試験上の生理学的指標との比較検討 ——

徳村 光昭* 葎葉 茂樹** 藤田 尚代*
田中 徹哉* 南里清一郎* 木村 慶子*

近年深刻化する小児期運動不足の対策にあたっては小児身体活動の適切な評価が重要であるが、現状では確立された評価方法がない。小児の自由な活動を制限することなく客観的に身体活動を評価することが望ましくこれまでに種々の方法が試みられているが、いずれの方法にも一長一短がある。携帯型 3 次元加速度計は、成人と比べ定常状態が少なく短時間にめまぐるしく変化する小児期身体活動の経時的評価に有用な手段であることが報告されているが^{1),2)}、身体活動量の定量的評価についてはその精度に関して異論もある^{3),4)}。本研究では携帯型 3 次元加速度計の小児期身体活動評価における有用性の検討を目的とし、中学生の日常身体活動を携帯型 3 次元加速度計を用い計測し、自己行動記録による身体活動度スコアおよび運動負荷試験上の運動習慣を表す生理学的指標と比較検討した。

【対象と方法】

学校健診で指摘された不整脈、肥満および胸痛を主

訴に慶應義塾大学病院スポーツクリニックを受診し精査の結果基礎疾患が認められなかった男子中学生 8 名（年齢 12～15 歳、中央値 14 歳）を対象とした（表 1）。研究の目的、方法、危険性を説明し同意を得た後に、身長、体重を計測した。体脂肪率は近赤外分光法体脂肪計（FUTREX 社製 F-5000 A）を用い計測し、体重から体脂肪量（体重 × 体脂肪率）を差し引いたものを除脂肪体重（LBM）とした。

〈携帯型 3 次元加速度計による身体活動評価〉

携帯型 3 次元加速度計 Active Tracer（GMS 社製 AC-300, AC-301）を腰部ベルトに装着し、通学する平日に限定し 3 日間の身体活動を連続記録した。Active Tracer は動きを感知す

表 1 対 象

症 例	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
1	15	168	69.8	41.0
2	12	158	45.8	23.1
3	15	163	109.6	41.1
4	15	159	66.9	35.0
5	13	163	44.3	10.1
6	15	169	61.4	14.0
7	14	175	51.6	9.9
8	13	168	47.9	11.5

* 慶應義塾大学保健管理センター

** 慶應義塾大学医学部スポーツクリニック

るための XYZ 軸 3 方向の加速度センサーを内蔵し、上下、左右、前後方向の身体活動時の重力加速度を検出し時刻とともにメモリーに記憶する。本研究では 0.1 秒以上持続する 0.05 G 以上の加速度を 1 カウントとして、1 分間毎にカウント数を記録するように設定した⁵⁾。自己行動記録上の夜間睡眠中およびカウント数が毎分 5 カウント以下の時間帯は Active Tracer を非装着と判断し解析から除外した。

〈自己行動記録による身体活動度スコア〉

Bouchard の 3 日間身体活動記録法⁶⁾ を用い、Active Tracer 装着中 3 日間の身体活動度をセルフレポート方式で記録した。身体活動度を 9 段階に分類し、1 日 24 時間を 15 分間毎の 96 区間に分けて各時間帯の身体活動度を自己評価しそのスコアを記録した。

〈運動負荷試験による生理学的指標〉

Active Tracer 装着直前に呼気ガス分析装置 (Sensormedics 社製 MMC-2900) を併用した自転車エルゴメーターによる自覚的最大の運動負荷試験 (ramp 負荷, 20 watt/分) をおこなっ

た。breath by breath 法により酸素摂取量、分時換気量を計測し、除脂肪体重当たりの負荷終末酸素摂取量、酸素摂取量/心拍数勾配 (以下, slope 値)、および負荷終末酸素摂取量/負荷終末分時換気量比 (以下, 酸素摂取率) を求めた。Slope 値/酸素摂取率比を日常運動習慣の生理学的指標とし⁷⁾、Active Tracer 計測値と比較検討した。

〈統計学的検討〉

統計学的検討には、Spearman の順位相関係数を用い危険率 5% 未満 ($p < 0.05$) を有意とした。

【成 績】

〈携帯型 3 次元加速度計と自己行動記録の比較〉

症例 1, 15 歳男子症例の 3 日間 15 分間毎の Active Tracer カウントと自己行動記録による身体活動度スコアを図 1 に示す。Active Tracer のカウントは 1 日を通して大きな変動を認めるのに対し、対応する自己行動記録スコアは比較的一定の値が連続する傾向が認められた。

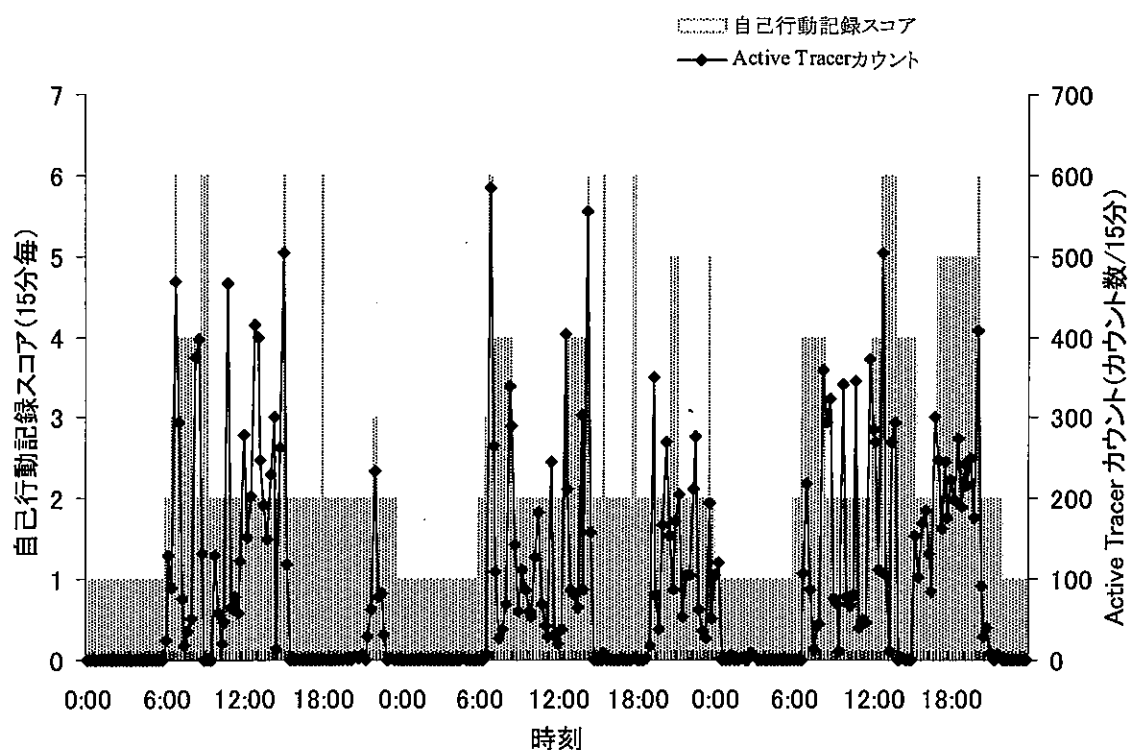


図 1 Active Tracer カウントと自己行動記録スコア (15歳男子例)

Active Tracer カウントとこれに対応する時間帯の自己行動記録スコアの比較検討では、すべての症例において正の相関関係 ($\rho = 0.29 \sim 0.67$) が認められた (表 2)。

〈携帯型 3 次元加速度計と運動負荷試験指標の比較〉

8 例全例が自覚的最大限度までの運動負荷が可能であり、運動時心肺応答に異常を認めた症例はなかった (表 3)。Active Tracer の毎分当たりの平均カウントと運動負荷試験上の slope 値/酸素摂取率比の間には、有意な相関関係が認

められた (図 2)。

【考 察】

近年小児の日常的な身体活動が減少し、現代の小児は運動不足状態にある。小児期の身体活動量の減少は正常な発育を阻害し、また小児期に培われた運動習慣は成人期以降生涯にわたって継続し^{8),9)}、小児期の運動不足は成人期生活習慣病のリスクファクターとなる。小児の運動不足解消を目的とした指導教育にあたっては、適切な小児の身体活動評価が必要不可欠であるが、未だに確立された方法が存在しない。

近年開発された携帯型 3 次元加速度計は成人同様に小児の身体活動評価においても有用性が期待されている。今回の成績では Active Tracer の単位時間あたりのカウントは一日を通して大きく変動し、また対応する自己行動記録スコアとの間に有意な相関が認められた。携帯型 3 次元加速度計は成人に比し定常状態が少なく短時間でめまぐるしく変化する小児期身体活動の経時的変化の評価に有用な手段と考えられた。

Active Tracer の毎分当たりの平均カウントと運動負荷試験上の slope 値/酸素摂取率比の間には有意な相関が認められた。運動不足の小児では、運動負荷試験上 slope 値の低下がみられ、一方心不全状態と異なり酸素摂取率は正常であることが報告されており⁷⁾、本研究では slope 値/酸素摂取率比を運動習慣を表す間接的な生理学的指標として用いた。その結果 Active Tracer の平均カウントと運動負荷試験上の生理学的指標の間には有意な相関が認められ、携帯型 3 次元加速度計により日常生活における運動習慣の定量的評価が可能であることが示唆された。

しかしながら加速度計を用いた身体活動計測には 3 ~ 7 日間の機器装着が必要とされ¹⁰⁾、

表 2 Active Tracer カウントと自己行動記録スコアの比較

症 例	n	ρ	p
1	145	0.37	0.0004
2	147	0.67	< 0.0001
3	132	0.33	< 0.0001
4	153	0.56	< 0.0001
5	139	0.45	0.0002
6	105	0.63	< 0.0001
7	95	0.29	0.0373
8	88	0.48	0.0002

n : 比較検討した区間数 (15分間)
 ρ : 順位相関係数

表 3 運動負荷試験成績

症 例	最高心拍数 (bpm)	負荷終末 酸素摂取量 (ml/min/ LBM, kg)	slope 値 (ml/min/LBM, kg/bpm)	酸素摂取率 (ml/l)
1	199	89.6	0.47	25.2
2	190	72.6	0.45	23.3
3	179	42.2	0.39	30.9
4	193	42.0	0.32	26.6
5	176	44.3	0.38	21.6
6	192	53.2	0.47	30.4
7	174	57.1	0.49	33.8
8	184	48.6	0.44	28.2

LBM : 除脂肪体重
 slope 値 : 酸素摂取量/心拍数勾配
 酸素摂取率 : 負荷終末酸素摂取量/負荷終末換気量比

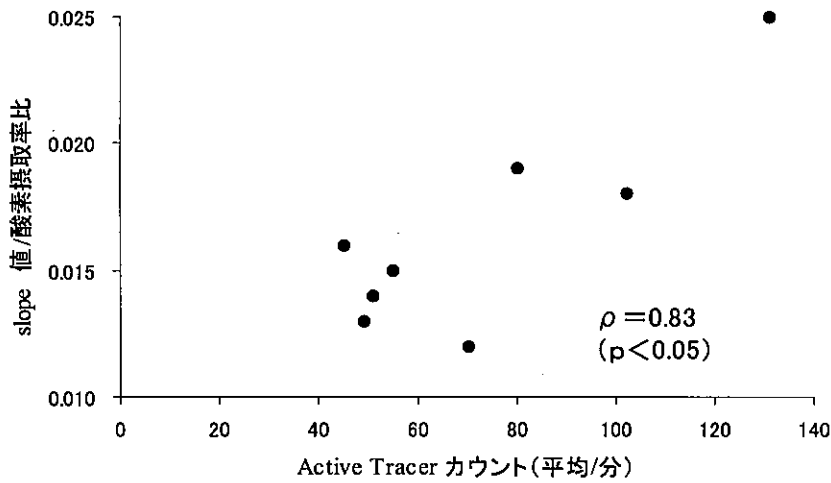


図2 Active Tracer カウントと運動負荷試験指標の関係

データの収集、解析に手間と時間を要することから、臨床における多数例への適応には限界がある。また加速度計の装着により小児の自由な身体活動が制限を受ける可能性も考えられる。さらに Active Tracer は腰部ベルトに装着するため座位での上半身のみの動きをとらえることが難しいという問題点も存在し、今後は機器の装着方法、加速度検知の初期設定などに関してさらに検討が必要と考えられる。

携帯型3次元加速度計は小児期身体活動の定性的および定量的評価に有用な手段と考えられる。しかしながら単一手段による評価には限界があり、身体活動の状況に応じて複数の手段を組み合わせることによりさらに精度の高い身体活動度評価が可能になるものと考えられる。

【総括】

1. 男子中学生の身体活動を携帯型3次元加速度計により計測し、自己行動記録による身体活動度スコアおよび運動負荷試験上の運動習慣指標と比較した。
2. 加速度計の単位時間あたりのカウントは、一日を通して大きく変動し対応する自己行動記録スコアと有意な相関関係を呈した。

3. 加速度計の平均カウントは、運動負荷試験上の運動習慣指標である slope 値/酸素摂取率比と有意な相関関係を呈した。
4. 加速度計は小児期身体活動の定性的・定量的評価に有用な方法と考えられるが、より精度の高い身体活動度評価には複数の評価手段の組み合わせが必要である。

本論文の要旨は、第7回小児運動スポーツ研究会（2000年4月13日、和歌山）において発表した。

文 献

- 1) Roger G, et al: Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol* 84 (1): 362-371, 1998
- 2) Coleman KJ, et al: Relationships between TriTrac-R 3D vectors, heart rate, and self-report in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 29 (11): 1535-1542, 1997
- 3) McMurray RG, et al: Comparison of a computerized physical activity recall with a triaxial motion sensor in middle-school youth. *Med Sci Sports Exerc* 30 (8): 1238-1245, 1998
- 4) Rodriguez G, et al: Comparison of the TriTrac-R 3D accelerometer and a self-report activity diary with heart-rate monitoring for

- the assessment of energy expenditure in children. *Br J Nutr* 87 (6): 623-631, 2002
- 5) 津田尚也, 他: 身体活動量と心室性不整脈の発生の関係 携帯型身体活動量測定計による評価法を用いて. *日小循誌*, 12 (3): 424-427, 1996
 - 6) Bouchard C, et al: A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am J Clin Nutr* 37: 461-467, 1983
 - 7) 砂川博史, 他: 心肺運動負荷からみた運動不足の特徴——OIE (VO₂/VE) の臨床的意義——. *日小循誌*, 9: 195, 1993
 - 8) Raitakari OT, et al: Effects of persistent physical activity and inactivity on coronary risk factors in children and young adults. *Am J Epidemiol* 140: 195-205, 1994
 - 9) Pate RR, et al: Tracking of physical activity in young children. *Med Sci Sports Exerc* 28 (1): 92-96, 1996
 - 10) Trost SG, et al: Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Med Sci Sports Exerc* 32 (2): 426-431, 2000