

# 運動と食事による行動変容のストレス研究 -マラソン完走前後の心と体の変化を計測する-

中村 浩士<sup>†</sup> 辻 直樹 別府 成人<sup>1)</sup> 大崎 久美<sup>1)</sup> 平松 佑美<sup>1)</sup>  
 田邊 紗矢佳<sup>2)</sup> 田宮 沙紀<sup>2)</sup> 南 花枝<sup>2)</sup> 井上 紗央里<sup>2)</sup> 城 明舜磨<sup>3)</sup>  
 平野 旭<sup>3)</sup> 山脇 正雄<sup>3)</sup> 鳥井 楓<sup>4)</sup> 中島 翔太<sup>4)</sup> 町野 彰彦<sup>2)</sup>

IRYO Vol. 74 No. 10 (411-418) 2020

## 要旨

“こころ”と“からだ”といった2つの相反する課題を分析するために、市民マラソン大会医務室において、ランナーの運動と食事による行動変容の観察研究を管理栄養士、心理療法士、看護師、医師を含む多種職連携にて施行した。ストレスの定量評価には、呼吸変動 (RRV: Respiratory Rate Variability) と心拍変動 (HRV: Heart Rate Variability) の二波長をスマートフォン内蔵6軸ジャイロセンサを用いて同時計測しストレス指数として近似した。走行前に同意書が得られ、さらに制限時間内にマラソン競技を完走し再計測が可能であったランナーは58名であった。マラソン走行前後2回の測定のため屋外かつ非接触座位での計測にもかかわらずストレス指数まで算出可能であったものが21名 (36.2%) であった。走行前後の呼吸振動数とストレス指数の差に弱い負の相関を、心拍振動数とストレス指数の差に弱い正の相関を認めしたが、マラソン走行前後の気分・運動強度の主観の評価尺度、体組成とストレス指数の変化との相関はみられなかった。マラソンランナーの依存性尺度は自分自身に向かう内向性を示すものが多く、この傾向は実行期だけではなく維持期においても観察された。

キーワード マラソン, 行動変容, スマートフォン, ストレス指数

## はじめに

市民マラソンなどの大規模スポーツ催事の際での心肺停止事故 (競技者) や居合わせた方のパニック発作 (非競技者) は、一定の頻度で発生する。発生

頻度は低いにもかかわらず、心肺停止事故がおこった場合の地域行政や地域医療にかかる負荷は大きい。ため、地域災害と捉えた総合的な対策と、さらにはパニックに対する個人や集団での対処法も必要となる。心肺停止事故のリスク予知には、心電図解析

国立病院機構呉医療センター 総合診療科, 1) 同 栄養管理室 2) 同 精神科 3) 呉工業高等専門学校 電気情報工学分野 4) 山口大学大学院 創成科学研究科 †医師  
 著者連絡先: 中村浩士 国立病院機構呉医療センター 総合診療科 〒737-0023 広島県呉市青山町3-1  
 e-mail: nakamura.hiroshi.zx@mail.hosp.go.jp  
 (2019年6月21日受付, 2020年6月12日)

Observational Study on Behavioral Change by Both Meal and Exercise: Mixed Methods for Measurement of Changes of Mind and Body before and after Half Marathon Completion

Hiroshi Nakamura, Naoki Tsuji, Betsupu Narihito<sup>1)</sup>, Kumi Oosaki<sup>1)</sup>, Yumi Hiramatsu<sup>1)</sup>, Sayaka Tanabe<sup>2)</sup>, Saki Tamiya<sup>2)</sup>, Hanae Minami<sup>2)</sup>, Saori Inoue<sup>2)</sup>, Shumma Jomyo<sup>3)</sup>, Akira Hirano<sup>3)</sup>, Masao Yamawaki<sup>3)</sup>, Kaede Torii<sup>4)</sup>, Shota Nakashima<sup>4)</sup> and Akihiko Machino<sup>2)</sup>. Department of General Medicine, 1) Nutritional Management Room, 2) Department of psychiatry, NHO Kure Medical Center and Chugoku Cancer Center, 3) National Institute of Technology, Kure College, 4) Graduate School of Science and Engineering Yamaguchi University  
 (Received Jun. 21, 2019, Accepted Jun. 12, 2020)

Key Words: marathon, behavioral change, smartphone, stress index

(LF/HF) が一般的だが、屋外やスポーツイベントでの運用には限界がある。とくに雨天時を含む野外での測定や、集団での同時記録や解析には不向きである。個別にも複数の電極を貼り付けないといけない、動けない、声を出してはいけないなどの煩わしさもある。そこで心臓拍動より周波数の低い呼吸運動に着目し、交感神経活動と迷走神経活動をそれぞれ心拍変動と呼吸変動の同時計測にてストレス強度を定量可能な簡易式ストレスセンサ(経路・経穴(つば)を測定部位とするIoT-ウェアラブルデバイス)を開発した<sup>1)</sup>。本研究では、市民マラソン大会医務室を拠点にマラソンランナーの走行前後におけるストレス指数の変化とその他の運動評価尺度やストレス評価尺度の変化との相関についての観察研究を行った。

## 方 法

1. 研究デザイン:非ランダム化前向き観察研究(介入なし)
2. 対象:①2018年12月15日:第19回萩市城下町マラソン大会, ②2019年3月3日:第13回岩国市錦帯橋ロードレースにいて制限時間内に完走可能な(ハーフ)マラソン完走者計68名(萩39名, 岩国29名)
3. 観察期間:マラソン走行前後.
4. 安全確保:ランナーの走行中は医務室スタッフならびにAED配置スタッフ, メディカルランナーなどとの協働により安全を確保した.
5. マラソン走行前の測定項目①(管理栄養士パート)

アンケート調査:普段の食事内容について(3食の摂取状況, 食事時間, 食事内容, 品数, アルコール摂取頻度, アルコール摂取量)

体組成計:身長, 体重, BMI, 体脂肪率, 体組成, 筋肉量, 骨重量, 飲酒習慣者は週3日以上で, 清酒に換算し1日1合以上飲酒する者(厚生労働省:<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/alcohol/siryu/insyu03.html>)とした.

6. マラソン走行前の測定項目②(心理療法士パート)

アンケート調査:基本属性(性別, 年齢, 生活状況, 共同練習者), 一週間あたりの練習回数および練習時間, 取り組み段階および継続年数, 練習時間および回数, マラソン依存性尺度<sup>2)</sup>.

取り組み段階は行動変容理論に基づき実行期と維持期に分類した<sup>3)</sup>。また, マラソンランナーがマラソンに取り組む動機となる要因を検討するために, 先行研究<sup>2)-5)</sup>を参考にマラソン依存性尺度(マラソンの動機付けとなっているモノのアンケート調査(複数回答可能))を独自に作成した。分類は①「自分自身」②「対人関係」③「モノ」④時間・数字⑤形而上⑥場所の6領域, 計30項目である。回答は該当する項目すべてにチェックをつける形式とした。

7. マラソン走行前後の測定項目③(ストレスセンサによる測定)

交感神経系の測定方法として心拍変動が, 副交感神経活動の指標として呼吸変動がそれぞれ用いられてきたが, 重度のストレス・痛みの際には脳・心臓・肺の3者に共依存関係が築かれるためそのストレス・痛みの重篤度は図1に示した数式に近似される<sup>1)6)-8)</sup>。この数式を基にスマートフォン内蔵の6軸ジャイロセンサを用いて屋外でも座位(非接触)にて呼吸変動と心拍変動の同時測定かつ波形表示可能なアプリケーション(心拍および呼吸振動数の分散の商をストレス指数として表示する計測装置)を作製した。測定に当たっては安静座位とし, ランニングシャツの上から左側胸部に左上腕で挟み込む形で1回約60秒間測定した(図2)。スマートフォンの通信機能は使用しなかった。

8. 統計処理

カテゴリー変数の比較には $\chi^2$ 検定を用いた。連続変数の平均値の差は対応のあるt検定で解析した。ソフトウェアは, JMP™12(SAS Institute Japan, Tokyo)を用い,  $p < 0.05$ を相関ありと判定した。

9. 倫理的配慮

本研究は国立病院機構呉医療センター・中国がんセンター倫理審査委員会で審査を受け, 承認を得た(倫理審査委員会承認番号(30-39)利益相反判定番号(COI3010))。その後, マラソン大会当日にポスターとビラを公示の上(図3), 参加者を募った。対象者には本研究の目的・方法, 個人情報保護, 研究参加は自由意志であること, 不参加による不利益はないことについて文章を用いて説明し文書同意を得た。個人データは研究代表者が本研究終了まで保管し, 調査結果発表後に廃棄することとした。

$$\text{ストレス指数} = \frac{\text{副交感神経神経活性 (呼吸変動: } \sigma_{RR})}{\text{交感神経活性 (心拍変動: } \sigma_{HR})}$$

$\sigma$  = 母標準偏差

図1 ストレス指数の数理式

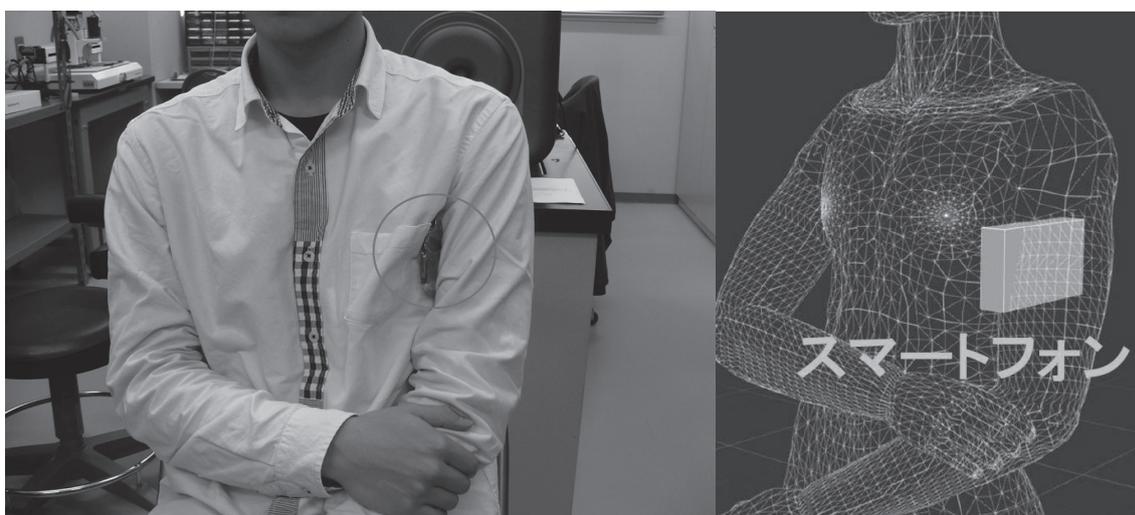


図2 ストレスセンサ (実装図)

国立病院機構 呉医療センター・中国がんセンター  
臨床研究チーム

**ハーフマラソン21キロを  
制限時間内で完走**

※体調に不安のある方は研究登録の有無にかかわらず、いつでも医療スタッフ(医務室・コース・ラン)にご相談ください。

☆走行前観察項目

- ①体組成計
- ②体動計(ストレス指数)
- ③アンケート調査






☆走行後観察項目

- ①体組成計
- ②体動計(ストレス指数)

図3 運動と食事による行動変容の研究  
—マラソン完走前後の心と体の変化を測る—

表1 マラソン走行前後におけるランナーの体組成変化

	走行前	走行後
体重(kg)	65.2	64.1
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.8	22.5
脂肪量(kg)	14.0	13.7
筋肉量(kg)	48.5	47.9
体水分量(kg)	35.2	34.4
体水分率(%)	53.5	53.1
推定骨量(kg)	2.7	2.7
基礎代謝量(kcal)	1422.5	1401.7

表2 性別による年齢区分

	男性	女性
20代	3	1
30代	10	1
40代	16	1
50代	14	5
60代	9	3
70代	2	0

## 結 果

### 1. ランナーの栄養結果 (全体)

参加者68名のうち有効なデータがとれた57名(男性46名 女性11名)。平均年齢47.5歳(表1)。

飲酒習慣者は全例男性で26名(全体46%, 男女別57%)であった。平均年齢は45歳であり厚生労働省の年齢階層別(40-49歳)の男性48%, 総数29%と比較しても高値であった(図4)。

### 2. ランナーの行動変容アンケートの結果 (全体)

参加者65名のうち、アンケートの有効回答は54名、有効回答率は83%であった。

[生活状況] 単身11名(20%), 家族と同居42名(78%), その他1名(2%)であった。

[共同練習者(重複回答を含む)] 一人48名(86%), 友人3名(5%), 家族1名(2%), サークル4名(7%)であった。

[継続年数] 半年未満8名(15%), 半年以上2年未

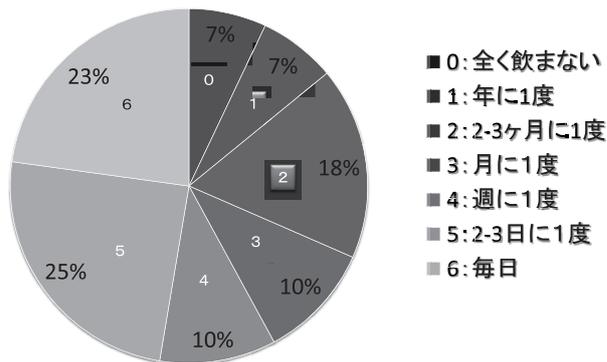


図4 アルコール摂取頻度

週に1回以上の飲酒習慣のあるランナーの割合は58%であった

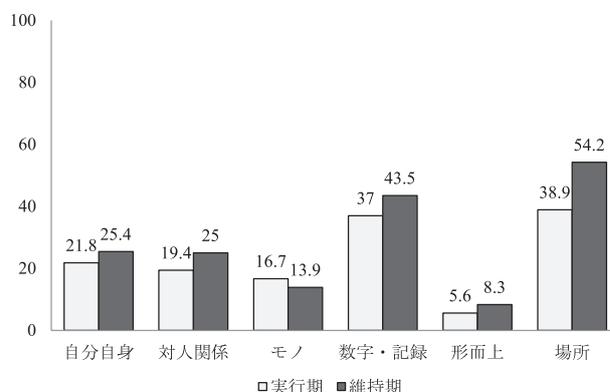


図5 段階別にみた依存性尺度各領域の得点比率

満10名(18%), 2年以上5年未満16名(30%), 5年以上20名(37%)であった。

[行動変容ステージ] 実行期18名(33%), 維持期36名(67%)であった。

[一週間の練習時間および回数]

各段階の特徴として、実行期は1週間あたり1-2回の練習回数の者が多いこと、維持期は一週間あたり2時間以上練習している者が多いことが示された。

[マラソン依存性尺度] ランナー全体では、①自分自身(健康管理や達成感など)、②対人関係(仲間存在)、④数字・数値(目標タイム)、⑥場所(開催地の魅力)といった領域の得点が高かった。段階別では依存性尺度いずれの領域においても実行期と維持期において顕著な差はみられなかった(表2)(図5)。

### 3. 各種パラメーターとストレス指数の変化の相関

体動センサを用いたストレス指数の計測は屋外で

	心拍振動数回/分	呼吸振動数回/分	ストレス指数
平均値	+17.82	+2.17	-0.18
標準誤差	2.91	1.08	0.31
	p<0.0001	p<0.05	n.s.

図6 マラソン走行前後における心拍振動数、呼吸振動数、ストレス指数の変化

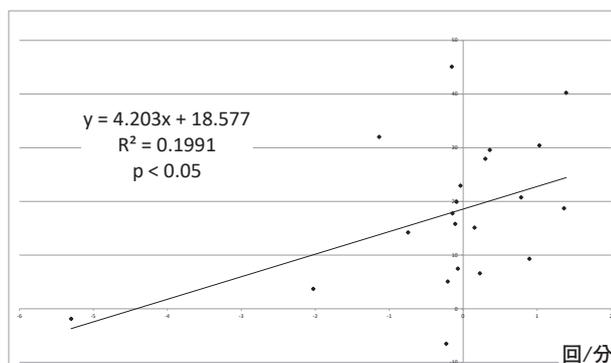


図7 心拍振動数とストレス指数の変化の相関

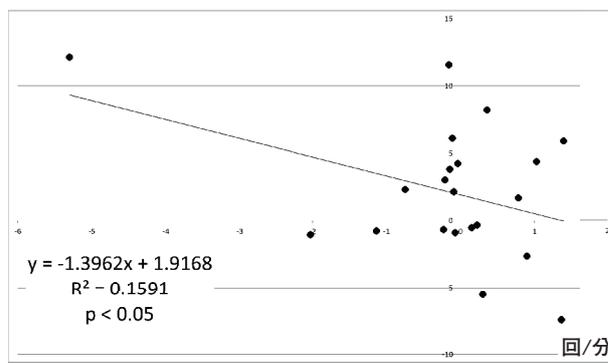


図8 呼吸振動数とストレス指数の変化の相関

も安全かつ簡便に施行することができた。マラソン走行前後2回の測定のため屋外かつ非接触座位での計測にもかかわらずストレス指数まで算出可能であったものが21名(38.9%)であった。このうちマラソン走行前後での心拍振動数の変化は $+17.82 \pm 2.91$  (／分,  $p < 0.0001$ ), 呼吸振動数の変化は $+2.17 \pm 1.08$  (／分,  $p < 0.05$ )とどちらも有意に上昇していたが、ストレス指数は $-0.18 \pm 0.31$ と有意差を認めなかった(図6)。走行前後の心拍振動数とストレス指数の差に弱い正の相関を、同じく走行前後の呼吸振動数とストレス指数の差に弱い負の相関を、それぞれ有意に認めた( $p < 0.05$ )(図7, 図8)。

### 考 察

糖尿病, 高血圧, 高脂質血症, 肥満, メタボリック・シンドロームなど生活習慣病予防への関心から, 国民の健康志向はますます高まりをみせている。ウォーキングやランニングは, 特殊な道具を必要とせず, 一人でいつでもどこでもできるという手軽さに魅力があり, 多くの人々が日常的に行っている運動である。適度なウォーキングやランニングによる運動療法は, 有酸素運動として最大酸素摂取量が多くなり, 心肺機能・持久力の向上, 内臓脂肪の減少, 血糖値・脂質異常・血圧の改善によって生活習慣病の予防や治療にきわめて有効であることが知られて

いる。しかし一方で, 非運動者や初心者にとっては走ることやダイエットに対するストレスが行動変容の大きな妨げとなっているのも事実である。また長期的ストレスで引き起こされるメンタルストレスの増加にともない, うつ病, 心身症などの心身疾患の増加も報告されている<sup>9)</sup>。さらに運動中の突然死発生機序として, 高齢者では潜在性の心筋虚血が基礎にあり, 運動中のカテコラミン増加にともなう心拍数の増加, 血圧上昇などのストレスが心筋虚血を惹起させ, 重篤な不整脈誘発へと繋<sup>つな</sup>がると考えられている<sup>10)</sup>。このため, 日常生活においてメンタルストレスの程度(メンタルストレス度)を把握し, 適切な行動変容によって疾患を未然に防ぐことが重要な課題となっている。

メンタルストレス度を把握するには, チェックシートによる主観的評価法が一般的であるが<sup>11)</sup>, 今回の検討には複数のチェックシートを用いてマラソン走行にともなう体重減少などの身体的ストレスを含む多角的ストレス評価に加えて, 機器による客観的評価を加えて検討することができた。スマートフォン内蔵加速度センサを用いた検討では, 走行前後の心拍振動数とストレス指数の差に弱い正の相関を, 同じく走行前後の呼吸振動数とストレス指数の差に弱い負の相関を, それぞれ有意に認めたことはストレスを可視化できた可能性が考えられた。数時間で体重や体組成変化を誘発するマラソン大会はラ

ランナー個人にとって明らかな身体的ストレスであることにもかかわらず、ストレスセンサの数値はむしろ逆の下降を示すランナーも多かった。このことは、一般的には“達成感”や“ランナーズハイ”といわれるポジティブ感情がストレス指数に影響している可能性も考えられた<sup>12)</sup>。さらにサンプル数を増やす、マラソン走行中のストレス指数も経時的に遠隔計測する<sup>13)</sup>などの方法論を工夫して計測する必要があると思われた。運動前後における呼吸と心拍変動比を法理式とした簡易式ストレスセンサの有用性が示唆された。その他の知見として、今回の調査対象者では飲酒習慣のあるランナーは全員男性(26名)であり、全体でも29.3%と飲酒習慣は高い傾向がみられた。心理士によるマラソン依存性尺度の調査でも、禁煙や禁酒を選んだランナーはどちらもいなかったが、③モノ/飲酒を選択したランナーは7名(男性5名、女性2名)であった。ランニング距離に加えて自転車走行距離で総130kmで定義したウルトラマラソンランナーにおけるアルコール習慣の高さは先行研究でもすでに指摘されており<sup>14)</sup>、橋本らによる日本人のウルトラマラソンでの心理的特質の検討では、ランナーの特質として、自分の内面により関心を向け、感情を考慮に入れて結論を導くことを好み、計画や秩序に基づいて行動する心理的特質も関与していることも考えられた<sup>15)</sup>。また飲酒自体が走ることへの動機づけになっている可能性も指摘された。ランナーの身体的な安全のための適正なアルコール習慣も考慮する必要があるかもしれない。

本研究を発展させ、運動に対する行動変容の実行期もしくは維持期にあると考えられるマラソンランナーの“こころ”と“からだ”両者の変化をIoTウェアラブルデバイス(IoTは、Internet of thingsの略でモノがインターネットに接続され、互いに情報交換をするネットワークのこと。ウェアラブルデバイスは生体に装着可能な装置のことを示す)や情報通信技術(ICT: Internet and communication technology)で可視化し、プライマリ・ケア医とも情報共有<sup>16)</sup>することで、現代病ともいえる肥満や生活習慣病に対する運動と食事(療法)の行動変容にも繋げたいと考えている。従って本機器を将来的に診断機器として安全かつ適切に使用するためには、センサ自体の測定精度とアプリケーションの演算速度(早いほうがよい)と、ストレス指数の客観性を少なくとも医療機器基準に向上させることが必須の課題と考えている。

**謝辞:** 本研究の安全実施にご協力いただいた萩市城下町マラソン大会実行委員会、岩国市体育協会、萩市医師会、岩国市医師会、両大会メディカルランナー(ボランティア)と、ご協力いただいたランナーの皆様方に感謝の言葉を申し添えます。

**その他:** 本研究は「文部科学省科学研究費(挑戦的萌芽研究15K12475)2015-2017」「政策医療振興財団2018」からの研究助成費用を用いて実施した。

**著者の利益相反:** 本論文発表内容に関連して申告なし。

---

#### [文献]

- 1) 中村浩士, 中島翔太, 平光 誠ほか. 通信型体導音センサを用いた在宅医療への取り組み. In: 技術情報協会編. 在宅医療市場に向けたマーケティングと製品開発. 東京: 技術情報協会; 2017: p541-4.
- 2) Ogles BM, Masters KS. A Typology of marathon runners based on cluster analysis of motivations. *Journal of Sport Behavior* 2003; **126**: 69-85.
- 3) 諏訪茂樹. 【講義と演習で学ぶ 保健医療行動科学 日本保健医療行動科学会編】講義編 保健医療行動 行動変容ステージ. *日保健医療行動会誌* 2017; **31**: 16-9.
- 4) Zach S, Xia Y, Zeev A et al. motivation dimensions for running a marathon: a new model emerging from the motivation of marathon scale (MOMS). *J Sport Health Sci* 2017; **6**: 302-10.
- 5) 荒井弘和. 運動の継続因子・阻害因子を検証する心理的因子・行動変容の観点から. *日臨スポーツ医学会誌* 2013; **121**: 331-3.
- 6) Shiigi T, Furutani Y, Nakamura Y et al. Relative usefulness of measures of heart rate variability and neuroendocrine activity as indicators of autonomic nervous abnormality in patients with left ventricular dysfunction. *Jpn Circ J* 1998; **62**: 336-40.
- 7) 太田 楓, 石川由羽, 高田雅美ほか. 呼吸変動解析によるストレス指数の提案. *情報処理学会研究報告* 2015; **22**: 1-6.
- 8) 河野曜暢, アブドゲニ クトゥルク, 辻敏夫ほか. 血管粘弾性インデックスの変化を指標とした機械的侵襲刺激に対する疼痛の定量的評価. *医療機器*

- 学 2010 ; 80 : 196-204.
- 9) 征矢英昭, 岡本正羊, 征矢茉莉子ほか. 海馬の可塑性を高める軽運動効果: 新たな運動プログラムの開発をめざして. 日生物精医学会誌 2015 ; 26 : 59-63.
  - 10) 道下竜馬, 井上晃男, 浅香真知子ほか. 不整脈発生予防に対する運動・日常身体活動の役割. 日臨生理会誌 2012 ; 42 : 23-8.
  - 11) 小林直樹, 本田清夏, 松本敏嗣ほか. 個人差を考慮したトリガ作業負荷に伴う心拍・呼吸変動を用いたストレス指標の検討. 生体医工学 2014 ; 52 : 80-87.
  - 12) 雨宮 怜, 坂入洋右. スポーツ競技者のアレキシサイミア傾向とバーンアウトに対する抑制因としてのマインドフルネスの役割. スポーツ心理研 2015 ; 42 : 81-92.
  - 13) 物部真一郎. ITのプライマリ・ケアに対する寄与プライマリ・ケアに寄与するIT総論. プライマリ・ケア 2019 ; 4 : 66-7.
  - 14) Tokudome S, Kuriki K, Yamada N et al. Anthropometric, lifestyle and biomarker assessment of Japanese non-professional ultra-marathon runners. J Epidemiol 2004 ; 14 : 161-7.
  - 15) Hashimoto M, Hagura N, Kuriyama T et al. Motivations and psychological characteristics of Japanese ultra-marathon runners using Myers-Briggs type indicator. Jpn J Health Hum Ecol 2006 ; 72 : 15-24.
  - 16) 竹村昌敏, 物部真一郎. ITのプライマリ・ケアに対する寄与プライマリ・ケアとITの未来. プライマリ・ケア 2020 ; 5 : 69-71.

---

**Observational Study on Behavioral Change by  
Both Meal and Exercise :  
Mixed Methods for Measurement of Changes of  
Mind and Body before and after Half Marathon Completion**

Hiroshi Nakamura, Naoki Tsuji, Betsupu Narihito, Kumi Oosaki,  
Yumi Hiramatsu, Sayaka Tanabe, Saki Tamiya,  
Hanae Minami, Saori Inoue, Shumma Jomyo,  
Akira Hirano, Masao Yamawaki, Kaede Torii,  
Shota Nakashima and Akihiko Machino

**Summary**

The aim of this study was to evaluate two contradicting problems between physical and mental stresses. We performed an observational study on behavioral change of runners by both meal and exercise in the Citizen's Marathon Convention Medical Office. The study was administered in cooperation with dietitian, a psychology therapist, a nurse and doctors. Using a smartphone which had 6-axis gyro-sensors built-in, we measured both heartbeat variability and breathing rate variability simultaneously, which were calculated as stress index (SI). Written consents were obtained before the run from 58 runners, who completed the marathon within the time limit, and those runners were to be re-measured. Since the measurements were taken twice, before and after the marathon run, 21 people's (36.2%) SI were able to be calculated even though they were measured outdoors and in the non-contact sitting position. Although a weak negative correlation was found between the respiratory frequency and SI before and after running ( $p < 0.05$ , respectively). There was no significant difference in the correlation with a subjective evaluation standard of feeling, exercise strength before and after the marathon run. Moreover, there was no correlation between body composition and changes in SI. Most of the marathon runners' dependence scales showed an introversion toward themselves, and this tendency was observed not only in the execution period but also in the maintenance period.

Observational Study on Behavioral Change by Both Meal and Exercise : Mixed Methods for Measurement of Changes of Mind and Body Before and After half Marathon Completion