

低強度・短時間のストレッチ運動が深部体温、 ストレス反応、および気分にあげぼす影響

永松俊哉¹⁾ 北畠義典²⁾ 泉水宏臣¹⁾

Effect of brief and low-intensity stretch exercise on core temperature, stress, and mood

Toshiya Nagamatsu, Yoshinori Kitabatake, and Hiroomi Sensui

SUMMARY

We have previously reported that stretch training is effective in promoting improvement of sleep-related problems. However, the mechanisms underlying this effect remain unclear. This study aimed to investigate the effects of brief and low-intensity stretching exercises on physiological and psychological responses in relation to sleep and mental health. We examined changes in core temperature, stress, and mood states in response to acute exercise.

Eight women (mean age, 49.4 ± 5.8 years) who were not taking any medications affecting sleep volunteered to participate in this study. The exercise program required 10 min of stretching using yoga techniques and poses. Exercise and control programs were randomly performed in a cross-over trial in each subject. Each trial was started at 1:00 pm; stretching began at approximately 2:00 pm. Rectal temperature, salivary cortisol levels, and mood states (pleasantness, relaxation, anxiety) were measured before and after stretching.

Significant interactions in two factors (trial and time progress) were identified for rectal temperature, cortisol levels, and pleasantness score. A greater degree of change in rectal temperature was seen with the exercise program than with the control program. Cortisol levels increased slightly in the control program and decreased in the exercise program. Pleasantness scores increased over time in both programs, but the degree of change was greater in the exercise program than in the control program.

Peripheral heat dissipation at bedtime after a rise in core temperature of less than 0.5°C has been reported to facilitate sleep onset. The present study found that a suitable rise in core temperature was achieved after stretching. Stress response and pleasantness also improved with stretching. These changes after exercise seem to contribute to improved emotional condition.

In conclusion, performance of brief and low-intensity stretching exercises may promote improvement of sleep-related problems by causing a suitable rise in core temperature, and may contribute to mental health by reducing stress and improving mood status in middle-aged women.

Key words: stretching, core temperature, stress, mood.

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.

2) 埼玉県立大学保健医療福祉学部

Department of Health Sciences, Saitama Prefectural University, Saitama, Japan.

緒 言

これまで我々は、睡眠の維持改善を介したメンタルヘルスの保持増進を狙いとして、低強度のストレッチ運動プログラムを作成し、その継続的な実施による効果を無作為化比較試験にて検証した¹⁷⁾。その結果、入眠潜時の短縮を確認し、その効果発現の機序として運動による深部体温の一過性の上昇とその後の体熱放散の可能性を想定した。運動と体温との関係については、負荷強度や実施時間に依存して体温が上昇することはよく知られている。低～中等度の有酸素運動の際には、30～50% $\dot{V}O_{2max}$ レベルで15～30分間実施すると深部体温が約0.2～0.5℃^{9,21)} 上昇することが報告されている。一方、ストレッチ、体操、軽度のレジスタンストレーニングなどは、体温の上昇が期待できない運動様式として扱われるようである¹⁴⁾。このような背景もあり、ストレッチ運動を短時間実施した際の体温変動についての検討は乏しく、その詳細も明らかではない。

睡眠との関連性においては、精神的ストレス^{10,18)} や気分¹¹⁾ といった精神心理的問題の関与が指摘され、これらの諸問題への対策として運動を用いることの有効性が示唆されている²⁵⁾。精神的ストレスに及ぼす運動の影響について、近年では客観的指標として知られるコルチゾールの唾液中濃度が用いられ、運動トレーニングやスポーツによって値は概ね上昇することが報告されている⁷⁾。他方、気分に関しても、不安や抑うつに及ぼす運動の効用が確認され²²⁾、精神疾患への応用も始まっている^{1,4)}。しかし、どのような運動をいかに実施することが精神心理的要因には有益かといった課題に対しての系統的な取り組みは十分とはいえない。運動の内容について、30分以上の継続的な運動、あるいは定期的な運動実践の際の心理的効用に関しての報告⁸⁾ はあるが、実用性が高いと考えられる低強度かつ30分未満の短時間での運動の実施がストレス反応および気分変容に及ぼす影響については不明の点も多い。

そこで本研究は、低強度・短時間のストレッチ

運動が睡眠ならびに精神的健康に関連する生理的・心理的要因に及ぼす影響について、深部体温、ストレス反応、および気分の変動の面から基礎的検討を行うことを目的とした。

方 法

A. 対象者

40～59歳の女性、軽運動の実施が可能（医師より運動禁忌の診断を受けていない）、睡眠薬あるいは向精神薬による治療を行っていないことを条件に募集し、それに応募した8名を対象とした。

B. 実験プロトコール

実験に臨む際の前処置として、24時間以内の激しい身体活動を控えること、実験開始の2時間以上前に食事を済ませた後は飲食を控えてなるべく安静を保つようあらかじめ指示した。実験は13時より開始し、温度25℃・湿度50%の室内にて60分間仰臥位にて安静を保持した後、10分間の運動（あるいは仰臥位安静）を施行し、終了後は再度10分間安静を保持した。運動は実技指導者の動作に合わせて実施した。

運動あるいは安静の施行の順序はランダムとし、2施行間は7日間以上の間隔を置いて実施した。

C. 測定調査内容

1. 測定項目

1) 心拍数

心拍計（WearLink Transmitter W.I.N.D., POLAR社）を運動開始約60分前の時点で胸部に装着した。運動開始10分前から30秒ごとに計測し、運動開始時と運動終了時の値を採用した。

2) 深部体温

データロガー（LT8A, Gram社）に接続した体腔挿入型温度プローブ（402J NIKKISO-THERM社）を運動開始約60分前の時点で直腸内に約10cm挿入し留置した。運動開始10分前から30秒ごとに計測し、運動開始時と運動終了時の値を採用した。

3) 唾液中コルチゾール

ストレス反応の指標として唾液中コルチゾールを測定した。運動開始5分前と運動終了5分後に水で口腔内を濯ぎ、口内の唾液を嚥下した直後に

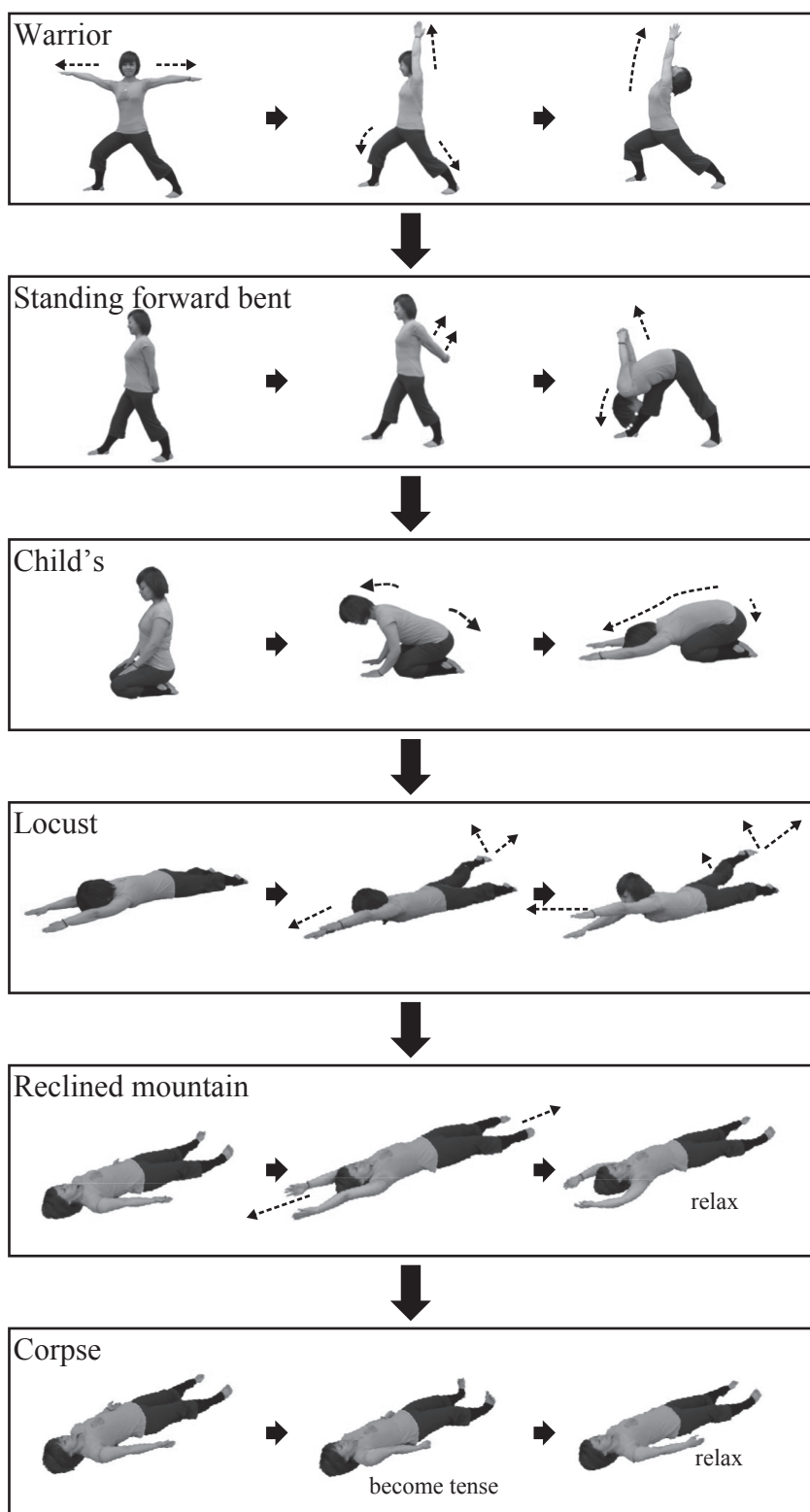


図1. ストレッチ運動の概要

Figure 1. Components of each stretching exercise.

滅菌綿（Salivette, SARSTEDT 社）を 2～3 分間口に含んで唾液を採取した。滅菌綿中の唾液は 3000 rpm × 5 分間遠心分離した後、外部検査機関（SRL 社）に委託して酵素免疫法にて定量した。

4) 体格

実験参加時の身長と体重を計測し体格指数（BMI）を算出した。

2. 調査項目

1) 気分

気分の評価には身体運動に伴う感情状態の変化をとらえる心理指標である MCL-S.2¹⁵⁾ を用いた。①快感情、②リラックス感、③不安感の 3 要因で構成され、12 項目の設問に 7 件法で回答するリッカート尺度である。運動開始 25 分前と運動終了 5 分後の時点で調査した。

2) 主観的作業強度

運動実施の際の主観的作業強度（Ratings of perceived exertion; RPE）について運動終了直後に聞き取り調査を行った。

D. 運動様式

ヨガの技法やポーズを取り入れたストレッチ¹⁾であり、所要時間は 10 分間とした。運動終了時に心身がリラックスできるよう、プログラムの後半は臥位での実施を主体に構成した（図 1）。

E. 統計解析

成績は平均値 ± 標準偏差にて表した。

各項目における安静条件時と運動実施時の初期値の比較を paired *t*-test にて行った。

運動実施の有無が各項目に及ぼす影響の検定には一般線形モデル－反復測定（GLM-RM）を施行した。被験者間因子を運動実施の有無（あり：1，なし：0），被験者内変数を時間経過（2 水準：運動前，運動後）とし，対象者の年齢のばらつきを調整するために実験参加時の年齢を共変量として投入した。

統計解析ソフトは IBM SPSS® Statistics 19 を用い，危険率 5 % 未満（ $P < 0.05$ ）を有意とした。

F. 倫理的配慮

調査測定に先立ち，募集に応じた参加者に対して研究の趣旨と内容に関する説明を行い，対象者

表 1. 対象者の特性および運動直後の RPE

Table 1. Subject characteristics and RPE immediately after stretching exercises.

Variables	Mean	SD
Age (years)	49.4	5.8
Height (cm)	159.4	4.6
Body weight (kg)	57.4	11.1
RPE	12.4	1.1

RPE; Ratings of perceived exertion.

全員から書面にて参加の同意を得た。本研究は，財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所研究等倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：2010-01号）。

結 果

対象者の特性と運動直後の RPE を表 1 に示した。年齢は 42～57 歳，BMI は 18.3～28.0，運動後の RPE は 10～13 の範囲にあった。

安静条件時および運動実施時における各調査測定項目の解析結果を表 2 に示した。

いずれの項目も安静条件時と運動実施時の初期値の比較において有意差を認めなかった。

GLM-RM ではいずれの項目も運動実施の有無ならびに時間経過の各主効果を認めず，心拍数，直腸温，唾液中コルチゾール，快感情において有意な交互作用を認めた。

心拍数は安静条件時には時間経過に伴ってわずかに減少し，運動実施時には増加した。

直腸温は安静条件時には時間経過に伴ってわずかに低下し，運動実施時には上昇した。

唾液中コルチゾールは安静条件時には時間経過に伴って微増し，運動実施時には減少した。

気分に関しては，時間経過に伴って快感情が増加し，その増加レベルは安静条件時に比較して運動実施時に著明であった。リラックス感および不安感は無意な交互作用を認めなかった。

考 察

本ストレッチ運動の負荷強度に関して，運動前後の心拍数をもとに推定すると 4.1 % HRR（Heart

表2. 安静条件時および運動実施時におけるタスク前後の心拍数, 直腸温, 唾液中コルチゾール, および MCL-S.2の各得点
Table 2. Mean heart rate, rectal temperature, levels of cortisol in saliva, and scores on MCL-S.2 before and after stretching exercises in each trial.

Variables	Trial	Before exercises		After exercises		GLM-RM		
		Mean	SD	Mean	SD	Trial	Time progress	Interaction
						<i>P</i> value	<i>P</i> value	<i>P</i> value
Heart rate (beat/min)	Ctrl	70.3	5.6	69.1	7.0	0.636	0.681	<0.001
	Ex	69.1	7.0	73.2	6.1			
Rectal temperature (°C)	Ctrl	37.26	0.14	37.22	0.15	0.794	0.685	<0.001
	Ex	37.17	0.17	37.27	0.17			
Cortisol (µg/l)	Ctrl	0.66	0.48	0.78	0.68	0.646	0.407	0.044
	Ex	0.78	0.41	0.46	0.21			
MCL-S.2 scores (points)								
Pleasantness	Ctrl	1.3	4.8	2.5	3.4	0.476	0.629	0.031
	Ex	0.5	2.9	5.5	2.3			
Relaxation	Ctrl	6.3	3.3	8.0	3.1	0.152	0.426	0.174
	Ex	3.3	2.5	6.9	2.6			
Anxiety	Ctrl	−9.6	3.2	−10.0	2.8	1.000	0.426	0.165
	Ex	−9.0	2.5	−10.6	2.5			

MCL-S.2; Mood Check List Short Form 2, Ctrl; control (sedentary) trial, Ex; exercise trial, GLM-RM; General linear model-repeated measurement.

The range of possible points in each variable on the MCL-S.2: -12~12 (point).

rate reserve) であった。運動様式の後半は臥位でのストレッチあるいは呼吸法であったことから、総じて呼吸循環系への刺激は小さく、運動強度としては極めて低負荷であったと考えられる。加えて、運動後の RPE の平均値は12.4 (楽である～ややきつい) であり、心理的な負担感もあまり大きくなかったと思われる。

このような低強度のストレッチ運動を10分間負荷した際の深部体温の変動を検討した。運動と体温との関係については、30% $\dot{V}O_{2max}$ レベルの運動を15分間実施し深部体温が0.2℃上昇したとの報告がある²¹⁾。我々が実施したストレッチは、先行研究よりも軽度かつ短時間であったが、直腸温は0.10℃上昇することが示された。深部体温は、体温調節中枢と熱収支にかかわる効果器による体温維持機構の帰結⁹⁾とされている。心拍応答から推測すれば本ストレッチのエネルギー代謝亢進はあまり大きくないと思われるが、立位姿勢での全身動作あるいは非日常的な動作様式も一部含まれ

ており、安静条件に比較して骨格筋温の上昇が生じていたと思われる。運動に伴う体温変動と睡眠の関係については、直腸温の上昇が1℃以上になると睡眠が障害され、0.5℃以下では睡眠の改善が認められたとの報告がある⁵⁾。また、就寝直後に深部体温低下速度を増加させることで入眠が促進されるとの報告もある¹²⁾。このような先行知見と照合すれば、本ストレッチ運動を就寝直前に実施することで睡眠に望ましい深部体温状況が形成されるのかもしれない。

睡眠と関連する要因として指摘されている精神的ストレス^{10,18)}に及ぼす本ストレッチ運動の影響について、唾液中コルチゾールを指標に検討した。コルチゾールは、視床下部-下垂体-副腎皮質 (hypothalamic-pituitary-adrenocortical; HPA) 系のストレス評価指標として広く知られており、精神的ストレス反応に伴って血中および唾液中への分泌が亢進する。唾液サンプルの場合は、その手技が非侵襲的であることから、近年ではスポーツ

科学の領域でその有用性が注目されている⁷⁾。2000年以降、唾液中コルチゾールを指標に運動・スポーツとストレス反応の関係について数多く検討され、血液レベルとの相関も報告されている²⁴⁾。概観すれば、中等度以上の強度での運動・スポーツによって唾液中コルチゾールは増加するとの見解^{2,3,6,13)}が多い。一方、低強度の水中運動あるいは陸上でのストレッチ運動を軽度腰痛患者にそれぞれ90分間実施し唾液中コルチゾールが減少したとの報告がある¹⁹⁾。これらのことから、ストレス反応は運動強度が中等度以上では一過性に亢進し、低強度で比較的長時間実施した場合は低下するのかもしれない。しかし、低強度の運動を10分間といった短時間にて実施した際のHPA系への影響は明らかではない。ストレッチ運動に限ると、運動効果のない「コントロール条件」と位置づけられる⁴⁾こともあり、ストレス・メンタルヘルスの問題に及ぼす低強度・短時間運動の有効性の検討は極めて乏しい。

本研究では、運動による唾液中コルチゾールの減少が確認されたことから、本ストレッチ運動は精神的ストレス反応の軽減に寄与することが期待される。HPA系は複数のホルモンを介した機構であり、作用発現には一定の時間を要する。本研究結果を踏まえれば、条件次第では運動開始から15分程度でストレス反応の減弱が生じて唾液中コルチゾールの減少に至るのかもしれない。コルチゾールの分泌動態は不快な心理刺激で亢進し、快刺激時には低下すること¹⁶⁾が報告されている。本研究では、生理的な負荷強度が極めて低いと思われるストレッチを10分間という比較的短時間実施することによって快感情が増加した。このことは、ストレッチに伴う身体への刺激というよりも、むしろ気分の改善がHPA系に反映されていたことを示唆するものと思われる。そのような気分改善効果がストレス反応の軽減に一部寄与したとも考えられる。先行研究では、運動は種類を問わず気分を好転させる作用を有し²³⁾、特に不安や抑うつ²⁰⁾の軽減に有効²⁰⁾との見解が示されている。本研究において運動実施による不安感の低下が安静

条件時とほぼ同様であったことに関して、いずれの対象者も両施行時の初期値が低かった（安静条件時：-9.6，運動実施時：-9.0）ことで運動の効果が生じ難かったとも考えられる。他方、リラクセス感についても運動の影響を認めなかった。このことに関して、ストレッチで亢進した快感情が徐々に沈静化した後にリラクセス感が生じる可能性もあり、運動後一定の時間が経過した時期にも調査を行う必要があったのかもしれない。不安感およびリラクセス感と運動の関係については今後の検討課題としたい。

前述した体温上昇効果に加えて本ストレッチ運動は精神的ストレス反応を一過性に軽減する効果を有することから、本運動様式を継続的に実施することによって睡眠全般の改善およびメンタルヘルスの保持増進に繋がるかもしれない。今後は性・年齢・運動習慣等を考慮した更なる詳細な検討が望まれる。

総 括

低強度・短時間のストレッチ運動の一過性実施が心拍、深部体温、精神的ストレス反応、および気分変容に及ぼす影響について検討を行い、以下の結果を得た。

心拍数は安静条件時には時間経過に伴ってわずかに減少し、運動実施時には増加した。

直腸温は安静条件時には時間経過に伴ってわずかに低下し、運動実施時には上昇した。

唾液中コルチゾールは安静条件時には時間経過に伴って微増し、運動実施時には減少した。

気分に関しては、時間経過に伴って快感情が増加し、その増加レベルは安静条件時に比較して運動実施時に著明であった。

以上より、低強度・短時間のストレッチ運動の実施は、体温変動、ストレス反応軽減、および気分の改善をもたらすことが示された。このことから、本運動様式は睡眠改善および精神的健康の保持増進に資する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Blumenthal, J.A., Babyak, M.A., Doraiswamy, P.M., Watkins, L., Hoffman, B.M., Barbour, K.A., Herman, S., Craighead, W.E., Brosse, A.L., Waugh, R., Hinderliter, A., and Sherwood, A. (2007): Exercise and pharmacotherapy in the treatment of major depressive disorder. *Psychosom. Med.*, **69**(7), 587–596.
- 2) Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J., and Cook, C. (2008): The salivary testosterone and cortisol response to three loading schemes. *J. Strength Cond. Res.*, **22**(1), 250–255.
- 3) Di Luigi, L., Baldari, C., Gallotta, M.C., Perroni, F., Romanelli, F., Lenzi, A., and Guidetti, L. (2006): Salivary steroids at rest and after a training load in young male athletes: relationship with chronological age and pubertal development. *Int. J. Sports Med.*, **27**(9), 709–717.
- 4) Dunn, A.L., Trivedi, M.H., Kampert, J.B., Clark, C.G., and Chambliss, H.O. (2005): Exercise treatment for depression: efficacy and dose response. *Am. J. Prev. Med.*, **28**, 1–8.
- 5) Edinger, J.D., Morey, M.C., Sullivan, R.J., Higginbotham, M.B., Marsh, G.R., Dailey, D.S., and McCall, W.V. (1993): Aerobic fitness, acute exercise, and sleep in older men. *Sleep*, **16**(4), 351–359.
- 6) Filaire, E., Alix, D., Ferrand, C., and Verger, M. (2009): Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament. *Psychoneuroendocrinology*, **34**(1), 150–157.
- 7) Gatti, R. and De Palo, E.F. (2011): An update: salivary hormones and physical exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, **21**(2), 157–169.
- 8) Herring, M.P., O'Connor, P.J., and Dishman, R.K. (2010): The effect of exercise training on anxiety symptoms among patients: a systematic review. *Arch. Intern. Med.*, **170**(4), 321–331.
- 9) 鏡森定信, Alexandru, G., 王 紅兵, 新村哲夫, 関根道和, 立瀬剛志, 宮地正典 (2007): 飲用型カプセル深部体温計からみた日常的生活行動—運動, 温浴および睡眠を中心に—. *日本温泉気候物理医学会雑誌*, **70**(4), 227–237.
- 10) Kim, K., Uchiyama, M., Okawa, M., Liu, X., and Ogihara, R. (2000): An epidemiological study of insomnia among the Japanese general population. *Sleep*, **23**, 41–47.
- 11) 駒田陽子, 山本由華吏, 白川修一郎, 山崎勝男 (2001): 入眠困難性の生理的・心理的特性に関する研究. *臨床神経生理学*, **29**(5), 335–341.
- 12) Kräuchi, K. and Wirz-Justice, A. (2001): Circadian clues to sleep onset mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, **25**(5), S92–S96.
- 13) Minetto, M.A., Lanfranco, F., Baldi, M., Termine, A., Kuipers, H., Ghigo, E., and Rainoldi, A. (2007): Corticotropic axis sensitivity after exercise: comparison between elite athletes and sedentary subjects. *J. Endocrinol. Invest.*, **30**(3), 215–223.
- 14) 水野 康, 国井 実, 清田隆毅, 小野茂之, 駒田陽子, 白川修一郎 (2004): 中高年女性における運動習慣の有無と睡眠習慣および睡眠健康度との関係. *体力科学*, **53**(5), 527–536.
- 15) 村上雅彦, 橋本公雄 (2002): 運動中の感情状態を測定する尺度 (MCL-S.2) の作成. *九州スポーツ心理学研究*, **14**, 44–45.
- 16) 村田辰夫, 宇野光乗, 石神 元, 倉知正和 (2009): 唾液中ストレス応答物質によるストレス評価とブラキシズムによる影響. *岐阜歯科学会雑誌*, **35**(3), 135–148.
- 17) 永松俊哉, 甲斐裕子, 北畠義典, 泉水宏臣, 三好裕司 (2008): ストレッチを用いた低強度運動プログラムの実施が中高年女性勤労者の睡眠に及ぼす影響. *体力研究*, **106**, 1–8.
- 18) Ohida, T., Kamal, A.M., Uchiyama, M., Kim, K., Takemura, S., Sone, T., and Ishii, T. (2001): The influence of lifestyle and health status factors on sleep loss among the Japanese general population. *Sleep*, **24**(3), 333–338.
- 19) Sugano, A. and Nomura, T. (2000): Influence of water exercise and land stretching on salivary cortisol concentrations and anxiety in chronic low back pain patients. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, **19**(4), 175–180.
- 20) 竹中晃二, 上地広昭, 荒井弘和 (2002): 一過性運動の心理学的反応に及ぼす特性不安および運動習慣の効果. *体育学研究*, **47**(6), 579–592.
- 21) 瀧澤一騎, 石井好二郎 (2005): ウォーミングアップ強度が高強度運動のパフォーマンスと酸素摂取動態, 筋活動へ及ぼす影響. *日本運動生理学雑誌*, **12**, 41–49.
- 22) Teychenne, M., Ball, K., and Salmon, J. (2008): Physical activity and likelihood of depression in adults: a review. *Prev. Med.*, **46**, 397–411.
- 23) 牛島一成, 志村正子, 渡辺裕晃, 山中隆夫 (1998): 有酸素運動が体力および精神状態に及ぼす長期的影響と短期的精神影響. *心身医学*, **38**(4), 259–266.
- 24) VanBruggen, M.D., Hackney, A.C., McMurray, R.G., and Ondrak, K.S. (2011): The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, **6**(3), 396–407.
- 25) Youngstedt, S.D. (2005): Effects of exercise on sleep. *Clin. Sports Med.*, **24**(2), 355–365.