
低強度のストレッチ運動が軽度睡眠障害者の睡眠および ストレス反応に及ぼす影響

永松俊哉¹⁾ 甲斐裕子¹⁾

Effect of low-intensity stretching exercises on sleep and stress in people with mild sleep disorders

Toshiya Nagamatsu and Yuko Kai

SUMMARY

We have previously reported that stretch training is effective for promoting improvement of sleep-related problems. However, the mechanisms underlying this effect remain unclear. This study aimed to investigate the effects of brief, low-intensity stretching exercises on sleep and stress. We examined effects on sleep onset latency, slow-wave sleep time, rapid eye movement (REM) sleep time, time until waking after sleep onset, occurrences of slow-wave sleep, occurrences of REM sleep, and saliva levels of cortisol and immunoglobulin (Ig)A in middle-aged women with mild sleep disorder in response to acute exercise.

Seven women (mean age, 48.0 ± 8.6 years) who were not taking any medications affecting sleep volunteered to participate in this study. Pittsburg Sleep Quality Index score was > 5.5 in each subject. The exercise program required 10 min of stretching using yoga techniques and poses. Exercise and control (sitting) programs were randomly performed in a cross-over trial in each subject. Each trial was performed between 10:00 and 16:00. After stretching (or sitting), the subject immediately went to bed. Sleep indices were measured from sleep onset by polysomnography. Sleep time was 90 min. Salivary cortisol and IgA levels were measured before and after sleep.

Significant interactions in two factors (trial and time progress) were identified for IgA level. IgA levels increased over time in both programs, but the degree of change was greater in the exercise program than in the control program. The number of occurrences of REM sleep was greater with the exercise program than with the control program.

This study found that occurrences of REM sleep were more easily achieved after stretching. Stress response during sleep also improved with stretching. These changes after exercise seemed to contribute to an improved emotional condition.

In conclusion, performance of brief, low-intensity stretching exercises may promote improvement of sleep quality by facilitating REM sleep, and may contribute to mental health by reducing stress among individuals with mild sleep disorders.

Key words: stretching, sleep, polysomnography, stress.

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.

緒言

近年の睡眠に関する調査結果によれば、日本人成人の5人に1人が睡眠に何らかの問題を有すると指摘されている¹²⁾。また、長期的な不眠がうつ病や生活習慣病の発症に繋がる²²⁾など、睡眠障害と心身の健康問題との関係もまた報告されている。これらのことから、良質な睡眠を取することは今後の重要な健康課題の1つと考えられる。

睡眠と関連する要因として性、年齢、居住地域、職業の有無、精神的ストレス^{12,18)}等が示されている。また、運動の影響についても疫学的に検討されており、運動の継続的な実施が睡眠の維持改善に有効であること²¹⁾や適度な運動が入眠促進および徐波睡眠の増加をもたらすこと⁸⁾が示唆されている。その一方で、Youngstedt²⁵⁾は先行研究を概観し、実験的手法を用いた検証結果からは一過性の運動ならびに継続的な運動トレーニングのいずれも睡眠に対する効果は見いだせなかったと総括している。結果がネガティブであった理由としては、研究対象がgood sleeper（睡眠良好者）であったことを挙げ、運動の効用がCeiling effect（天井効果）によって顕在化し得なかった可能性を示唆しながらも、両者の関係性については更なる検討が必要であることを指摘している。

このような背景を踏まえ、我々は睡眠を介したメンタルヘルスの保持増進を狙いとして、短時間での実施を可能とするストレッチ運動プログラムを作成し、これまで睡眠および心身に及ぼす影響を検討してきた。本プログラムを一過性に実施することで、深部体温の緩やかな上昇、ストレス反応の軽減、快感情の増強を認め¹⁶⁾、就床直前の実践を習慣化することにより寝つきがよくなることを確認している¹⁷⁾。これらのことから、ストレッチ運動が睡眠の質の改善に寄与することが予想されるが、メンタルヘルスの要因に深く関与する睡眠ステージ⁹⁾に及ぼす影響は明らかではない。

睡眠研究の分野では、睡眠ステージは覚醒、ノンレム睡眠（ステージ1～4）、レム睡眠の6段階に分類されている。そして、睡眠ステージを客

観的かつ詳細に評価するためには、睡眠ポリグラフ検査（polysomnography; PSG）法⁷⁾の実施を要する。PSGは睡眠時における脳波、呼吸、下肢筋電図、オトガイ筋筋電図、眼球運動、心電図、酸素飽和度、食道内圧、深部体温、血圧などの記録を可能とし⁷⁾、目的に合わせて評価項目が適宜選択される。しかし、専用の施設を用いての実験のセットアップには大変手間がかかり、データ解析も専門的な知識と技術を要することから、検証手続きは極めて複雑となる。このような諸事情もあり、睡眠および睡眠を介したストレス・メンタルヘルスに及ぼす運動の影響に関する生理学的知見は極めて乏しい。

そこで本研究では、軽度睡眠障害者を対象にPSG法を用いて低強度・短時間のストレッチ運動が睡眠の改善にどのような影響を及ぼすのか基礎的知見を得るとともに、その影響がストレス反応にも関与するか否かを検討した。

方法

A. 対象者

睡眠に何らかの不満や愁訴を感じている35～59歳の女性で、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）であること、睡眠時無呼吸症の既往・現症のないこと、向精神薬およびホルモン補充療法による治療を行っていないことを条件に募集を実施した。応募してきた参加者には実験に先立って過去1か月間の睡眠状況をピッツバーグ質問票（Pittsburgh Sleep Quality Index; PSQI）を用いて評価した。その結果をもとに睡眠総合得点を算出し、睡眠障害のカットオフポイントとされる5.5ポイント²⁾以上であった7名を研究対象とした。

対象者には、実験開始の24時間前から激しい身体活動を控えること、実験前日の食事は普段どおり摂取してよいこと、23時までに入床し6時間以上の睡眠をとること、実験当日はアルコール類やカフェイン類（コーヒー、濃いお茶等）を摂取しないこと、朝食は普段どおり摂取してよいことを指示した。

B. 実験プロトコール

一連の実験は、温度25℃・湿度50%に設定された睡眠検査室にて10～16時に実施した。30分間座位にて安静を保持した後、10分間の運動あるいは座位安静を施行し、その後は検査室内に準備されたベッドに入床した。入床後、室内を消灯した時点より PSG を開始した。睡眠の一周期は約90分間¹⁾とされていることから、入眠が確認されてから90分間経過した時点で起床を促し PSG を終了した。消灯から60分経過しても入眠に至らない場合は実験を中止することとした。

運動あるいは安静の施行の順序はランダムとした。2施行間は7日以上の間隔を置き、実験の前日と当日の生活様式はなるべく同じにするよう指示した。2施行の PSG 開始は同時刻とした。

C. 調査測定内容

1. 睡眠評価指標

PSG のために、頭部に4箇所、両耳垂に各1箇所、額に2箇所、顎に2箇所、両眼窩外側に各1箇所(計12箇所)電極を接着固定した(図1)。データは入床から90～150分間記録した。電極接着およびデータ解析は睡眠医療認定検査技師が行った。

PSG の結果をもとに、睡眠評価の指標として入眠潜時(消灯から入眠までの時間)、徐波睡眠時間(睡眠ステージ3と4の出現時間)、レム睡眠時間、中途覚醒時間(睡眠中の覚醒時間の総和)、レム睡眠出現ケース数、徐波睡眠出現ケース数を用いた。

2. 唾液中ストレスマーカー

ストレス反応の指標として唾液中のコルチゾールおよび Immunoglobulin A (IgA) を測定した。運動開始5分前と起床直後に水で口腔内を濯ぎ口内の唾液を嚥下した後に滅菌綿を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それぞれ定量した。

3. 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。

4. メンタルヘルス

実験参加時のメンタルヘルスを K6日本語版⁴⁾にて評価した。

D. 運動様式

先行研究に基づいて所要時間10分間のストレッチ運動¹⁶⁾を用いた。運動終了後直ちに入床が可能となるようプログラムの後半は臥位での動作にて構成した。対象者は実技指導者の動作に合わせて運動を実施した。

E. 統計解析

成績は平均値 ± 標準偏差にて表した。

睡眠指標について、各項目における安静条件時と運動実施時の比較を paired *t*-test にて行った。

運動が唾液中ストレスマーカー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:睡眠前×睡眠後)とし、実験参加時の年齢



図1. 睡眠ポリグラフを用いた実験の風景

Figure1. Experiment by polysomnography.

を共変量として投入した。

安静条件時および運動実施時におけるレム睡眠と徐波睡眠の出現ケース数の検定は χ^2 乗検定を用いた。

統計解析ソフトはIBM SPSS[®]Statistics 21を用い、危険率5%未満($P < 0.05$)を有意とした。

F. 倫理的配慮

研究対象者には、研究の趣旨と内容に関する説明を行い、対象者全員から書面にて参加の同意を得た後に実験に臨んだ。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

対象者の特性を表1に示した。年齢は38~58歳、BMIは18.8~29.5 kg/m²、PSQIは6~15、K6は1~12の範囲にあった。

消灯から60分経過しても入眠に至らない対象者

はいなかった。

安静条件時および運動実施時における睡眠指標の結果を表2に示した。いずれの項目も安静条件時と運動実施時の比較において有意差を認めなかった。

安静条件時および運動実施時における徐波睡眠とレム睡眠の各出現ケース数を表3に示した。レム睡眠の出現ケースの割合は両施行間で有意差を認め、安静条件時に比較して運動実施時の出現ケースが多いことが示された。

安静条件時および運動実施時における唾液中ストレスマーカーの変化を表4に示した。IgAは運動実施の有無の有意な主効果、ならびに運動実施と時間経過の有意な交互作用を認めた。両施行に際して、睡眠後はいずれも増加したが、その増加レベルは安静条件時に比べて運動実施時に著明であった。コルチゾールは統計学的な有意性を認めなかった。

表1. 実験参加時点の対象者の特性
Table 1. Subject characteristics at baseline.

Variables	Mean	SD
Age (years)	48.0	8.6
Height (cm)	157.0	7.2
Body weight (kg)	53.3	7.8
Body mass index (kg/m ²)	21.7	3.7
PSQI (point)	8.4	3.1
K6 (point)	5.6	4.4

PSQI; Pittsburgh Sleep Quality Index.

表2. 安静条件時および運動実施時における睡眠状況
Table 2. Sleep characteristics in each trial.

Variables	Trial	Mean	SD	Paired <i>t</i> -test
Sleep onset latency (min)	Ctrl	6.6	3.3	$P = 0.497$
	Ex	7.7	4.2	
Slow-wave sleep time (min)	Ctrl	11.7	17.5	$P = 0.387$
	Ex	9.8	12.7	
REM sleep time (min)	Ctrl	8.2	14.6	$P = 0.755$
	Ex	7.0	6.9	
Wake after sleep onset (min)	Ctrl	24.1	23.5	$P = 0.417$
	Ex	17.3	16.8	

Ctrl; control (sedentary) trial, Ex; exercise trial, REM; rapid eye movement.

表3. 安静条件時および運動実施時における徐波睡眠およびレム睡眠の出現ケース

Table 3. Cases of slow -wave sleep and REM sleep in each trial.

Variables	Trial	case (%)	χ^2
Slow-wave sleep occurred (n)	Ctrl	3 (42.9)	$P = 0.593$
	Ex	4 (57.1)	
REM sleep occurred (n)	Ctrl	2 (28.6)	$P = 0.031$
	Ex	6 (85.7)	

Ctrl; control (sedentary) trial, Ex; exercise trial, REM; rapid eye movement, χ^2 : Chi-square test.

表4. 安静条件時および運動実施時における睡眠前後の唾液中ストレスマーカー

Table 4. Mean levels of stress markers in saliva before and after sleep in each trial.

Variables	Trial	Before sleep		After sleep		GLM-RM		
		Mean	SD	Mean	SD	Trial P	Time progress P	Interaction P
Cortisol ($\mu\text{g/l}$)	Ctrl	0.49	0.18	0.86	0.82	0.286	0.336	0.138
	Ex	0.54	0.39	0.36	0.28			
IgA (mg/dl)	Ctrl	6.4	4.7	13.8	8.5	0.04	0.699	0.031
	Ex	5.2	3.6	39.5	27.9			

Ctrl; control (sedentary) trial, Ex; exercise trial, GLM-RM; general linear model-repeated measurement.

考 察

K6得点に関して、先行研究¹¹⁾では重症精神障害を予測するカットオフポイントを13ポイントとしている。一方、今回の対象者の得点の上限は12ポイントであった。このことから、本対象集団は睡眠に何らかの不満や愁訴を有するものの、メンタルヘルスの重篤な不調者は含まれていなかったものと思われる。

低強度・短時間のストレッチ運動が睡眠およびストレス反応に及ぼす効果について軽度睡眠障害者を対象に検討し、唾液 IgA の反応およびレム睡眠の出現状況に運動の影響が生じる成績を得た。

慢性ストレス負荷時には唾液中 IgA 分泌は低下することが報告されている^{9,14)}。一方、急性ストレスに対しても、その分泌は抑制されることが近年明らかにされている^{13,19)}。本研究において、安静条件時および運動実施時のいずれも起床時には睡眠前よりも高値となったことから、睡眠中にストレス反応が緩和されたことがうかがわれる。そして、運動実施時の IgA の増加に着目すれば、睡眠によるストレス緩和作用はストレッチの実施

によって亢進された可能性が考えられる。この機序は定かではないが、近年レム睡眠が情動ストレスと密接に関係することが明らかにされつつある^{5,23)}。レム睡眠中には扁桃体や視床など情動記憶に深くかかわる皮質下領域の神経活動の増加¹⁵⁾が確認されており、ネガティブな情動的強度を低下させること²⁴⁾が示唆されている。Gujar et al.⁶⁾は、レム睡眠が生じた参加者のみに情動反応の変化が認められたことを報告し、レム睡眠が不快な情動反応を減弱させる可能性を示唆している。一方、レム睡眠を消失させるとネガティブ刺激に対する情動反応が亢進することも示されている²⁰⁾。本実験では、安静条件時に比較して運動実施時にレム睡眠が出現した者の割合が大きかった。本研究におけるこのようなレム睡眠ならびに IgA の結果を先行研究の知見と照合すれば、ストレス緩和作用は運動後のレム睡眠時に亢進したとも考えられる。すなわち、ストレッチの実施によって誘発されたレム睡眠を介して不快な情動反応が減弱し、その結果睡眠中のストレス緩和作用が増強されたのかもしれない。

ストレッチを3週間継続した先行研究において

は入眠潜時の有意な短縮を認めた¹⁷⁾が、本研究では入眠潜時に及ぼす運動の影響は確認されなかった。このことについて、対象者の入眠潜時が概ね10分未満と比較的良好だったことで運動の効果が顕在化しにくかったことが挙げられる。加えて、今回は一過性の運動負荷であったことから、入眠潜時の短縮効果を得るには運動継続期間が不足していたのかもしれない。また、徐波睡眠への運動介入の影響も示されなかった。徐波睡眠はノンレム睡眠における4つのステージのうち、深い睡眠状態とされるステージ3と4を指し、その出現の減少は睡眠内容の劣化に繋がることが知られている¹⁰⁾。先行研究では、85~90% HRmaxの高強度の運動により徐波睡眠の出現が有意に増加した³⁾との報告があることから、運動強度に着目した検証が必要かもしれないが今後の課題としたい。

本研究の限界点として、まず昼間睡眠での検討であったことが挙げられる。サーカディアンリズム等を踏まえれば夜間睡眠と昼間睡眠とでは生理的意義が異なる可能性があり、更なる検証が望まれる。また、PSG検査時間を睡眠の一周期とされる90分間に設定したが、睡眠の周期には個人差が存在することも推測される。これらの点を踏まえ、更に性、年齢、運動の強度や実施時間などを考慮した詳細な検討が待たれる。

総括

就寝前のストレッチが睡眠の質およびストレス反応に及ぼす影響について軽度睡眠障害者を対象に検討し、以下の結果を得た。

レム睡眠出現ケース数は両施行間で有意差を認め、安静条件時に比べて運動実施時に多かった。

安静条件時および運動実施時における唾液中IgAは時間経過に伴って増加し、睡眠後の増加レベルは運動実施時でより大きかった。

以上より、就寝前のストレッチ運動の実施は、軽度睡眠障害者のレム睡眠の出現を促し、ひいてはストレス軽減をもたらす可能性が示唆された。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究（C）課題番号22500651）の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) Carskadon, M.A. and Dement, W.C. (2011): Monitoring and staging human sleep. In: Kryger, M.H., Roth, T., and Dement, W.C. (Eds.), Principles and Practice of Sleep Medicine, 5th edition, 16–26, Elsevier Saunders, St. Louis.
- 2) Doi, Y., Minowa, M., Uchiyama, M., Okawa, M., Kim, K., Shibui, K., and Kamei, Y. (2000): Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J) in psychiatric disordered and control subjects. *Psychiatry Res.*, **97**, 165–172.
- 3) Dworaka, M., Wiaterb, A., Alferc, D., Stephanc, E., Hollmann, W., and Struder H.K. (2008): Increased slow wave sleep and reduced stage 2 sleep in children depending on exercise intensity. *Sleep Med.*, **9**, 266–272.
- 4) Furukawa, T.A., Kawakami, N., Saitoh, M., Ono, Y., Nakane, Y., Nakamura, Y., Tachimori, H., Iwata, N., Uda, H., Nakane, H., Watanabe, M., Naganuma, Y., Hata, Y., Kobayashi, M., Miyake, Y., Takeshima, T., and Kikkawa, T. (2008): The performance of the Japanese version of the K6 and K10 in the World Mental Health Survey Japan. *Int. J. Methods Psychiatr. Res.*, **17**, 152–158.
- 5) Germain, A., Buysse, D.J., Ombao, H., Kupfer, D.J., and Hall, M. (2003): Psychophysiological reactivity and coping styles influence the effects of acute stress exposure on rapid eye movement sleep. *Psychosom. Med.*, **65**, 857–864.
- 6) Gujar, N., McDonald, S.A., Nishida, M., and Walker, M. (2009): Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychol. Bull.*, **135**, 731–748.
- 7) Hirshkowitz, M. and Kryger, M.H. (2005): Monitoring techniques for evaluating suspected sleep-disordered breathing. In: Kryger, M.H., Roth, T., and Dement, W.C. (Eds.), Principles and Practice of Sleep Medicine, 4th edition, 1378–1393, Elsevier Saunders, Philadelphia.
- 8) Horne, J.A. and Moore, V.J. (1985): Sleep EEG effects of exercise with and without additional body cooling. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **60**, 33–38.
- 9) Jemmott, J.B. 3rd., Borysenko, J.Z., Borysenko, M., McClelland, D.C., Chapman, R., Meyer, D., and Benson, H. (1983): Academic stress, power motivation, and decrease in secretion rate of salivary secretory immunoglobulin A. *Lancet*, **25**, 1400–1402.

- 10) Kecklund, G. and Akerstedt, T. (2004): Apprehension of the subsequent working day is associated with a low amount of slow wave sleep. *Biol. Psychology*, **66**, 169 – 176.
- 11) Kessler, R.C., Barker, P.R., Colpe, L.J., Epstein, J.F., Gfroerer, J.C., Hiripi, E., Howes, M.J., Normand, S.L., Manderscheid, R.W., Walters, E.E., and Zaslavsky, A.M. (2003): Screening for serious mental illness in the general population. *Arch. Gen. Psychiatry*, **60**, 184 – 189.
- 12) 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.
- 13) Kugler, J., Reintjes, F., Tewes, V., and Schedlowski, M. (1996): Competition stress in soccer coaches increases salivary immunoglobulin A and salivary cortisol concentrations. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, **36**, 117 – 120.
- 14) McClelland, D.C., Alexander, C., and Marks, E. (1982): The need for power, stress, immune function, and illness among male prisoners. *J. Abnorm. Psychol.*, **91**, 61 – 70.
- 15) Miyauchi, S., Misaki, M., Kan, S., Fukunaga, T., and Koike, T. (2009): Human brain activity time-locked to rapid eye movements during REM sleep. *Exp. Brain Res.*, **192**, 657 – 667.
- 16) 永松俊哉, 北島義典, 泉水宏臣 (2012): 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 に及ぼす影響. *体力研究*, **110**, 1 – 7.
- 17) 永松俊哉, 甲斐裕子, 北島義典, 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**, 333 – 338.
- 19) Ring, C., Drayson, M., Walkey, D.G., Dale, S., and Carroll, D. (2002): Secretory immunoglobulin A reactions to prolonged mental arithmetic stress: inter-session and intra-session reliability. *Biol. Psychology*, **59**, 1 – 13.
- 20) Rosales-Lagarde, A., Armony, J.L., Del Río-Portilla, Y., Trejo-Martínez, D., Conde, R., and Corsi-Cabrera, M. (2012): Enhanced emotional reactivity after selective REM sleep deprivation in humans: an fMRI study. *Front. Behav. Neurosci.*, **6**, 25.
- 21) Sherrill, D.L., Kotchou, K., and Quan, S.F. (1998): Association of physical activity and human sleep disorders. *Arch. Intern. Med.*, **158**, 1894 – 1898.
- 22) 白川修一郎, 高瀬美紀 (1998): 睡眠障害と健康被害・経済損失. *臨床と薬物治療*, **17**, 222 – 226.
- 23) Vandekerckhove, M. and Cluydts, R. (2010): The emotional brain and sleep: an intimate relationship. *Sleep Med. Rev.*, **14**, 219 – 226.
- 24) Walker, M.P. and van der Helm, E. (2009): Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychol. Bull.*, **135**, 731 – 748.
- 25) Youngstedt, S.D. (2005): Effects of exercise on sleep. *Clin. Sports Med.*, **24**, 355 – 365.