



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	総説 タ方における快適自己ペース運動の実施が青年男女の夜間睡眠に及ぼす影響
Author(s)	小田, 史郎; 井瀧, 千恵子; 森谷, 潔
Citation	北海道大学大学院教育学研究科紀要, 88, 131-140
Issue Date	2003-02
DOI	https://doi.org/10.14943/b.edu.88.131
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/28880
Type	departmental bulletin paper
File Information	88_P131-140.pdf



総説 夕方における快適自己ペース運動の実施が 青年男女の夜間睡眠に及ぼす影響

小 田 史 郎*・井 瀧 千恵子**・森 谷 繁***

Effects of Comfortable Self-paced Exercise Performed in the Evening on Sleep among Young Men and Women (Review)

Shiro ODA, Chieko ITAKI and Kiyoshi MORIYA

【要旨】青年男女を対象に、夕方における快適自己ペース運動の実施が夜間睡眠に及ぼす影響についてレビューを行った。これらの運動実施が夜間睡眠を改善するかどうか、あるいはどのような睡眠改善が認められるかについては、運動実施から夜間睡眠までの体温変動が深く関わっていることが明らかとなった。夕方早い時間帯で運動を実施した場合には体温効果が睡眠時まで持続しないため、夜間睡眠を改善する効果はほとんど認められなかった。一方、睡眠改善が認められた研究では、就床時刻に近い時間帯で比較的高めの強度で運動した場合に徐波睡眠の増加や「ぐっすり眠った」という睡眠感が得られた。また、就床前に急激な深部体温低下をもたらすような運動を行った場合に入眠の改善が認められた。これらの結果の違いについて、体温変動を中心に考察を加えた。

【キーワード】運動、夜間睡眠、体温、入眠、快適自己ペース

1. 緒 言

運動実施後にぐっすり眠れたという経験をした人は多いであろう。こうした経験から、良好な睡眠を得るためには運動が効果的であるという考え方が世間一般に広まっている。しかし、運動が夜間睡眠に及ぼす効果を検証した研究結果をみるかぎりにおいては、どのような運動でも夜間睡眠を良くするという考え方は誤りのようである。夜間睡眠を改善するかどうかは、運動の種類や強度、持続時間、実施する時間帯、実施者の体力レベルおよび運動習慣の有無などに依存すること、特に運動実施に伴う体温変動が夜間睡眠に大きく関与することが明らかにされている²⁾。これまで筆者らの研究グループでも、青年男女を対象に様々な運動が夜間睡眠に及ぼす影響について検討してきた。本論文では、体温変動を中心にこれまでの研究結果をレビューしながら、青年の夜間睡眠改善に効果的な運動とはどのようなものかについて考察する。

* 北海道浅井学園大学生涯学習システム学部健康プランニング学科講師

** 北海道大学大学院教育学研究科修士課程

*** 北海道大学大学院教育学研究科教授

2. 快適自己ペース運動の可能性

いくつかの研究においては、運動実施による夜間睡眠の悪化が報告されている。たとえば、日頃運動を実施していない人がいきなり運動を実施した場合、体力レベルを超えるような負荷の運動を実施した場合、就床直前に運動を実施した場合などである。^{2,3,5,6,13,21,22)} Buguet et al²⁾は、こうした運動時に生じる過度のストレス反応が夜間睡眠を阻害するのではないかと考えた。この考えを支持するように、夜間睡眠が阻害された日にカテコラミンやコルチゾルなどのストレスホルモンの分泌量増加^{2,3,6,13,22)} 筋肉痛²¹⁾ 過度の体温上昇⁵⁾ が認められている。

不眠傾向は、体力レベルが低く、運動習慣を持たない人において顕著に認められることから、こうした人たちでも無理なくできる範囲内で睡眠改善に効果的な運動を検討することが重要と考える。このような視点から、筆者らの研究グループでは「快適自己ペース運動」に注目している。快適自己ペース運動とは文字通り、自分が快適と感じるペースで行う運動である。筆者らの研究グループが取りあげた快適自己ペース運動は、実施者自らが運動強度を自由に選択することができる運動である。

3. 快適自己ペース運動が夜間睡眠に及ぼす影響

筆者らの研究グループでは青年男女を対象に、快適自己ペース運動実施後の夜間睡眠について検討を重ねてきた。表1に研究結果の一覧を示した。ほとんどの実験において、快適自己ペース運動は中等度強度で実施され、運動後の夜間睡眠において有意な改善が認められた。しかも、運動の実施方法によって睡眠改善が認められたポイントにいくつかの特徴が認められた。たとえば、深い睡眠時間の増加（あるいは「ぐっすり眠れた」という睡眠感）は、中等度の範囲内でも比較的高い強度で実施した運動後に顕著に認められた（No. 2, No. 6）。一方、入眠潜時の短縮（あるいは「寝つきが良かった」という睡眠感）は、夕方遅くの就床時刻に近い時間帯に実施した運動において顕著に認められている（No. 5, No. 6）。

また、夕方の早い時間帯に実施した水中エアロビクスと快適自己ペース歩行においては、睡眠ポリグラフによる評価では明らかな睡眠改善が認められなかった（No. 3, No. 4）。翌朝の睡眠感においても、水中エアロビクス後の起床時に「食欲がある」の得点が高かった一方、どちらの運動も「中途覚醒が多かった」というマイナスの睡眠感が得られていた。

以上の結果について、これまでは実験ごとに考察を行ってきたが、本論文では総合的な考察を試みる。このとき、運動実施から夜間睡眠時までの体温変動がどのような役割を果たしたのかについて注目した。

(1) 深い睡眠への影響

夜間睡眠と体温変動が密接に関わりあうことは、多くの研究者によって証明されている。まず注目したのが、就床時の深部体温と深睡眠の関係についてである。深い眠りにについているとき、脳波には非常にゆったりとした高振幅の徐波が現れることから、深睡眠のことを徐波睡眠（slow wave sleep: SWS）と呼ぶ。睡眠ポリグラフ法²⁰⁾を用いて一夜の睡眠経過図を描くと、徐波睡眠は睡眠開始後約3時間において集中的に出現し、睡眠後半ではほとんど出現しないことがわかる。このとき大脳の働きが最小限に抑えられるため、徐波睡眠は大脳を休めるための

表1 青年男女における快適自己ペース運動が睡眠に及ぼす影響のまとめ

No	被 験 者	運動種目	運動時刻 (運動時間)	運動強度	就床時刻 (就床場所)	睡 眠 へ の 影 響
No. 1 (文献16)	男子大学生7名 年齢:20-26歳 運動習慣なし	水中トリムおよび 水中エアロビクス	18:30-19:30 (20分/30分) *間に10分休憩	18.8/32.0%HRR	0:08 (自宅)	睡眠障害時間の短縮(PSG) ノンレム睡眠第1段階の減少(PSG) 起床時に気分がゆったりしている (OSA)
No. 2 (文献15)	男子大学生7名 年齢:20-26歳 運動習慣なし	陸上トリムおよび 陸上エアロビクス	18:30-19:30 (20分/30分) *間に10分休憩	44.1/63.6%HRR	0:23 (自宅)	睡眠時間(SPT)の増加(PSG) 徐波睡眠時間の増加(PSG)
No. 3 (文献17)	男子大学生7名 年齢:20-27歳 運動習慣なし	水中エアロビクス	16:00-16:50 (50分)	37.1%HRR RPE=11.9	22:44 (研究室)	PSG変化なし 起床時に食欲がある(OSA) 夜目覚めた回数が多かった(OSA)
No. 4 (未発表)	男子大学生7名 年齢:20-27歳 運動習慣なし	快適自己ペース 歩行(トレッドミル)	16:00-16:50 (50分)	43.8%HRR RPE=13.0	23:05 (研究室)	PSG変化なし 夜目覚めた回数が多かった(OSA)
No. 5 (文献18)	男子大学生7名 年齢:20-27歳 運動習慣なし	快適自己ペース走 (トレッドミル)	19:30-20:20 (50分)	58.6%HRR	23:09 (研究室)	入眠潜時の短縮(PSG) 睡眠効率の増加(PSG) 寝つき因子得点の増加(OSA) 昨夜の睡眠状態が気に入らない (OSA) 起床時の体調がよい(OSA) 寝ついてウトウトする時間が短い (OSA)
No. 6 (未発表)	女子大学生10名 年齢:21-22歳 運動鍛錬者含む	快適自己ペース走 (トレッドミル)	19:00-19:50 (50分)	61.0%HRR RPE=12.0	23:43 (自宅)	昨夜の眠りが深い(OSA) 寝つきがよかった(OSA)

HRR: Heart Rate Reserve (心拍予備量), RPE: Rating of Perceived Exertion (自覚的運動強度), PSG: Sleep Polysomnography (睡眠ポリグラフ)²⁰⁾ OSA: Sleep inventory of Oguri-Shirakawa-Azumi (OSA睡眠調査票)¹⁹⁾ SPT: Sleep Period Time (睡眠期間)

睡眠への影響は、運動を実施しなかった対照日との比較によって評価した。

睡眠と考えることができる。また、脳の働きが抑制されるということは、脳が支配する末梢器官もその働きが抑えられることを意味する。たとえば、筋活動や呼吸循環器の働き、エネルギー代謝量が著しく低下する。一方、末梢部位（たとえば皮膚）への血液量が増加し、熱伝導や発汗による熱放散が活発に行われる。したがって、徐波睡眠の出現によって深部体温は急激に低下する。また、徐波睡眠の最初の出現がトリガーの役割を果たし、成長ホルモンの分泌量が急激に増加する。成長ホルモンは、日中の活動によって分解されたタンパク質の再合成を行うなど、心身の回復に重要なホルモンである。以上のことから、徐波睡眠は単に脳を休めるだけではなく、より積極的な回復に関わる睡眠段階と考えることができる。運動による睡眠改善効果を検討した古典的な研究では、徐波睡眠時間が増えたかどうか、あるいは「ぐっすり眠れた」という充足した睡眠感が得られたかどうかを最も重要な睡眠改善の効果と考えられて

きた。

徐波睡眠に深部体温を下げる働きがあることはすでに述べたが、徐波睡眠開始時の深部体温が高いほど、その出現量が増えるとの報告がある¹⁾。就床前に深部体温を上昇させたときの徐波睡眠出現量の変化については、1980年代に Horne を中心とした研究グループによって検討されてきた。そのいくつかを紹介すると、Horne and Moore⁸⁾ は、脳を冷却しながらの運動と冷却なしの運動を実施し、脳を冷却しなかった場合には徐波睡眠の増加が認められた一方、脳を冷却した場合には徐波睡眠量が変化しなかったことを報告した。また Horne and Shackell⁹⁾ は、受動的に深部体温を上昇させる入浴を行ったときでも同様に、徐波睡眠の増加が認められることを報告した。また、入浴により深部体温を上昇させるとともにアスピリンを服用させて解熱したときには徐波睡眠の促進が抑制されたことも併せて示した。以上の研究報告により、就床時に高体温を維持するような生活行動が、徐波睡眠の増加に効果的であることが示された。睡眠開始時の高体温に対し、徐波睡眠の出現時間を増加して積極的に深部体温を低下するという生理的反応は、身体内部の恒常性を維持するためのホメオスタシス反応の一つと考えられる。McGinty and Szymusiak¹²⁾ は、これらの調節を行う部位として、視索前野—前視床下部 (POAH) にある脳温感受性ニューロン系をあげている。

Horne らの研究結果をもとに、運動実施によって徐波睡眠を増加させるモデルを図1に示した。運動実施によって深部体温は上昇し、運動終了後に深部体温は徐々に低下していく。このとき、運動産生の高体温が持続しているときに就床すれば、前述したホメオスタシス機構が賦活され、徐波睡眠が増加すると考えられる。これらのことから、徐波睡眠を増加させる目的で運動を実施する場合には、①就床時刻に近い時間帯において運動を実施する、②運動後も長時間にわたって深部体温が高いレベルで維持されるような高強度、長時間の運動を行うことが有効と考えられる。先行研究においても、深部体温を十分高めることができるような高強度の運動でないと徐波睡眠は増加しない、高強度の運動に耐えうる体力レベルを有する人でなければこれらの効果を得ることができないという結果が認められてきた。疲労困憊をもたらすような運動が非運動鍛錬者の夜間睡眠を阻害することはすでに述べた^{3,6)} が、回復能力の高い運動鍛錬者群では徐波睡眠の増加といった睡眠改善が認められている。運動終了から就床時刻までの時間が長い場合には、体温効果を維持するために高強度、長時間の運動が必要であるといえる。しかし、さらに就床時刻に近いタイミングで運動を実施すれば、高強度の運動でなくとも深部

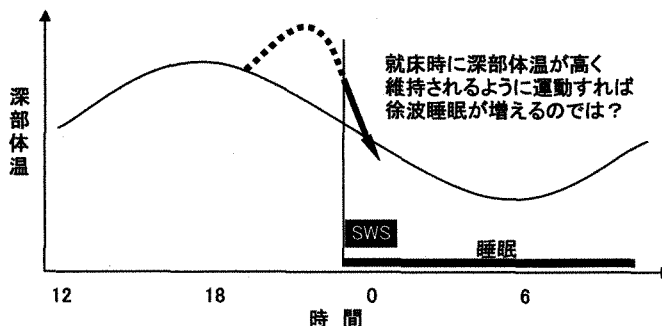


図1 就床時の高体温が徐波睡眠 (SWS) の出現を促進する

体温の亢進が就床時まで維持されるため、徐波睡眠が増加するのではないかと考えられる。この考えを支持するデータを紹介する。Yoshida et al²³⁾は、運動習慣のない学生を対象に、深部体温が最高値を示す夕方遅い時間帯に最大酸素摂取量の50～60%強度の運動を1時間行わせ、その後の夜間睡眠を検討した。その結果、運動日には睡眠開始直後に徐波睡眠が集中して認められたほか、睡眠感の改善と翌日の眠気の減少も併せて認められた。筆者らの研究結果においても、夕方遅い時間帯に中等度の範囲内でも比較的高めの強度の運動を実施した後に徐波睡眠時間の増加¹⁵⁾や「深い睡眠であった」という睡眠感が得られている(No. 2, No. 6)。これらの実験よりも低い強度で運動した実験では深睡眠に及ぼす効果が認められていないことから、徐波睡眠を改善するためには、比較的高めの中程度強度で実施する必要があることが推察される。もっとも、運動実施時刻を夜間睡眠に近づけることによって、さらに低い強度の運動でも徐波睡眠増加が可能であるかもしれない。

しかし、ここで考えなくてはならないことは、就床時まで高体温を高く維持するような運動を行った場合、低体力者では入眠が遅延する危険性があることである。Youngstedt et al²⁴⁾は就床直前の運動が入眠を阻害しないことを報告したが、彼らが行った実験の被験者は非常に体力レベルの高い運動鍛錬者であった。高齢者を対象としたEdinger et al⁵⁾は、運動実施に伴って著しい高体温が認められた被験者では、夜間睡眠が悪化したことを報告している。前述したように、これらの睡眠阻害が生じるのは、運動刺激に対する身体の興奮が十分に回復しきれず、ストレスホルモンの分泌や交感神経系の興奮が持続しているからではないかと考えられる。あるいはBuxton et al⁴⁾が指摘するように、深部体温に存在する日内リズム自体が遅延するからかもしれない。いずれにしても、運動実施によって徐波睡眠を増加しようとする試みには、逆に入眠が遅延するという大きなリスクが伴うことを認識しておく必要がある。表1-No. 2の研究において、唯一徐波睡眠の増加を認めたが、入眠潜時が30分以上と延長する傾向にあった(対照日の入眠潜時も同様に長かったために有意差は認められなかった)¹⁵⁾以上のことから、運動に慣れていない人や体力レベルの低い人が、徐波睡眠を増加させようと就床時まで高体温を持続するような運動を実施することは薦められない。入眠が遅延することなく、効果的に徐波睡眠を増やすために、深部体温をどの範囲で高めるとよいのかについての明確な基準が望まれる。しかし、その人の体力レベルや体温調節能力の違いによっても夜間睡眠への影響は変化するため、こうした基準化は非常に難しいといえる。

(2) 入眠への影響

入眠のしやすさ(寝つきのよさ)も夜間睡眠の重要な評価指標であり、体温変動に大きな影響を受けることが報告されている。深部体温は日内リズムを持っており、一般的な生活をしている成人では、夕方から明け方2～4時にかけて深部体温の低下が認められる。睡眠欲求度の大きさを表す眠気もまたリズムを持っており、夕方以降の深部体温低下に伴い増加する。したがって深部体温が低下するこの時間帯が、速やかに入眠するために絶好のタイミングといえる。深部体温を積極的に下げる働きをもつ徐波睡眠が睡眠前半に集中して現れることから、深部体温を低下しているときに眠気が増加することは理解しやすい。深部体温低下と入眠の関係をさらに詳しく検討したMurphy and Campbell¹⁴⁾によると、90%以上の人において深部体温の低下速度が最大となる時間が入眠前に認められること、この時間帯に近いタイミングで就床したときには睡眠開始後1時間の睡眠が非常に安定すること(徐波睡眠が増える、あるいは中途

覚醒時間が少ないなど)が報告されている。彼らの研究結果から、単なる深部体温低下ではなく、「急激な深部体温低下」が入眠のシグナルになっているのではないかと考えられる。Krauchi et al^{10,11)}も同様に、深部体温低下や末梢皮膚温上昇に伴って、眠気の増加、入眠潜時の短縮が認められることを報告しており、「末梢血管への血流量増加に伴う熱移動→皮膚温の上昇→熱放散量の増加→深部体温の低下」という一連の体温調節プロセスが促進されているときに、もっとも入眠しやすいタイミングであることを示唆した。以上のことを運動に応用しようとした場合、就床前に深部体温が急激に低下するようなタイミングで運動を実施すれば、就床時に眠気

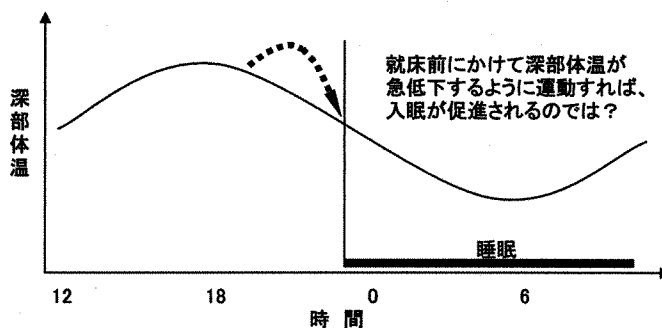
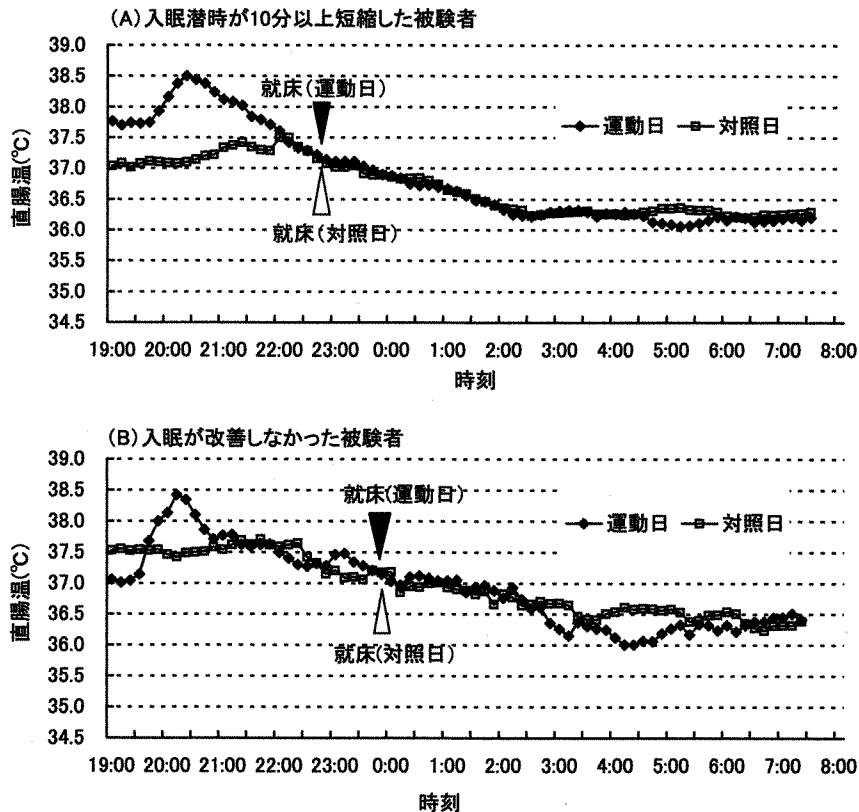


図2 就床前の深部体温急低下が入眠を促進する

が高まり、入眠が促進されるのではないかと考えられる(図2にモデルを示した)。運動中に高められた深部体温は運動終了後に低下していくが、運動後90～120分の間に元のレベルに戻ることが報告されている⁷⁾。筆者らの研究¹⁷⁾においても、中等度強度の運動を約1時間行った場合に同様の深部体温低下が認められたことから、就床の約2時間前に終了するようなタイミングでの運動実施が入眠を促進する可能性が高いのではないかと考えた。表1-No.5の夕方遅い時間帯に快適自己ペース走を実施した研究は、こうした考えを検証するために行った実験である。¹⁸⁾ 中等度強度で快適自己ペース走を行った7名の体温変動と夜間睡眠を検討した結果、就床前の急激な深部体温低下とともに、睡眠ポリグラフにおいて入眠潜時の短縮が認められた。また翌朝の睡眠感評価においても「昨晩の寝つきが良かった」との回答が得られた。被験者ごとに解析した結果ではさらに興味深い知見が得られた。この実験では、対照日の入眠潜時が20分以上であった被験者が3名認められたが、うち2名では入眠潜時が大きく短縮したのに対し、残る1名は入眠潜時に大きな短縮が認められなかった。この差が生じた原因として、運動から就床までの深部体温低下速度の違いが考えられた。この実験では被験者は22:30～24:00の間の好きな時間に就床することができたが、入眠が改善した2名の被験者はいずれも就床時刻が早く、就床1時間における深部体温低下度がともに -0.56°C と大きかった(図3)。一方、入眠が改善しなかった被験者は就床時刻が遅く、就床時にはすでに深部体温は元のレベルに戻っており体温効果は弱まっていた。以上のデータから、急激に深部体温が低下しているときの就床が入眠を促進することが示唆された。また、就床2時間前ではないが、運動終了から就床までの時間が短かった快適自己ペース走の実験においても寝つきが良かったとの睡眠感が得られ(未発表データ、女子学生を対象とした)、これより早い時間帯に運動を実施した他の研究においては寝

図3 入眠が改善した被験者と改善しなかった被験者の体温変動¹⁸⁾

つきの改善が認められなかった。

筆者らの研究結果から、約1時間の中等度強度の運動であれば、自分の就床時刻から約2時間前に終了するように運動を実施することが入眠改善に有効であることが示唆された。しかし、運動後の深部体温低下に要する時間は、運動強度や運動時間によって変わることが予想される。快適なペースを選択できるとはいえ、筆者らを取りあげた50分間の運動時間は、運動非鍛錬者や低体力者には大きな負担となるかもしれない。就床時刻にさらに近い時間帯に低強度の運動を行った場合、あるいは運動時間を短くした場合にも同様の効果が得られるかどうかは検討の余地がある。

(3) 夜間睡眠を効果的に改善する運動実施のタイミング

前述したように、夕方の早い時間帯(16:00~16:50)に実施した水中エアロビクスと快適自己ペース歩行においては、明らかな睡眠改善が認められなかった¹⁷⁾。これらの運動実施によって、夜間睡眠を効果的に改善する体温変動が生じなかったことが夜間睡眠を改善しなかった大きな要因と考えられる。図4に両運動と対照日の体温変動を示した。対照日には18:00ごろに深部体温のピークが認められることから、この時間帯に深部体温リズムの頂点位相があると考

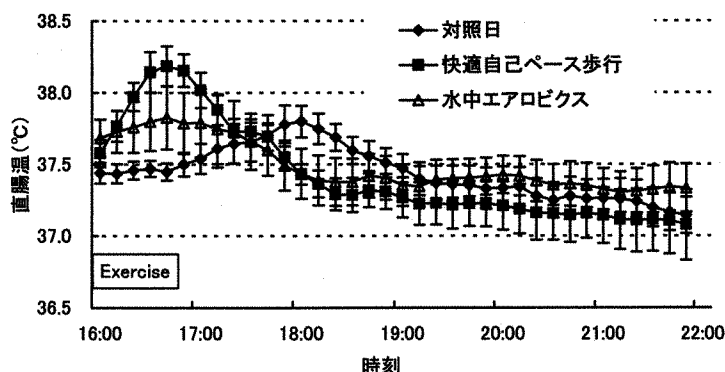


図4 夕方早い時間帯における運動に伴う体温変動（未発表データ）

えることができる。したがって、これらの運動は、深部体温が頂点位相に達する前の時間帯、すなわち上昇位相で実施したことが推察される。両運動ともあまり運動強度が高くなかったため、深部体温の上昇度もその他の研究に比べて小さかった。特に水中エアロビクスでは、水温が30℃と低かったことから、深部体温の上昇はほとんど認められなかった。これらの運動終了後、約90分の間でやや急激な深部体温低下が認められたが、その後は対照日の体温変動とほとんど変わらなかった。就床時刻に近い22:00の深部体温をみても、すでに体温効果が消失しており、運動日と対照日に有意差がないことがわかる。本実験結果のように、運動時刻と就床時刻が離れており、かつ運動負荷量が小さいときには、体温効果が持続しないために夜間睡眠はほとんど変化しないことが報告されている。たとえば、午前中あるいは午後の早い時間帯で運動を行わせた研究のほとんどにおいて、夜間睡眠の改善は認められていない²³⁾ 以上の結果からも、夕方早い時間帯よりも夕方遅い時間帯の運動のほうが、睡眠改善に効果的であることが示唆される。しかし、青年のなかには夜型傾向にあり、普段から就床・起床時刻が後退している人がいる（特に時間に余裕のある大学生において顕著に認められる）。このような場合には、その人の頂点位相がどの時間帯に認められるかが重要である。深部体温リズムはかなり強固に形成されるため、夜型生活を続けている若年者では頂点位相が後退している可能性がある。このような人では、夕方遅い時間帯に運動を実施しても深部体温リズムの上昇位相にあたることになる。頂点位相よりも前の上昇位相で運動を実施した場合には、運動による深部体温上昇とリズムによる深部体温上昇が同じ方向に働くため、運動によって高められた深部体温を積極的に下げようとするホメオスタシスのな生理的反応は生じにくいと考えられる。一方、下降位相で運動を行った場合には、運動による深部体温上昇のベクトルが深部体温リズムに逆行することになり、より積極的な深部体温低下反応が生じやすい。頂点位相において運動を実施することは日内リズムの振幅を増加させ、昼夜の差をはっきりさせるという効果が期待できる。特に日内リズムの振幅が小さい、非活動的な高齢者ではこのタイミングでの運動が効果的と考えられる。いずれにせよ、まず自分の深部体温リズムを把握することが、睡眠改善に効果的な運動実施のタイミングを見つける第1歩といえる。

4. 快適自己ペース運動の課題

これまで快適自己ペース運動が夜間睡眠に及ぼす影響について述べてきた。中等度強度で無理のない運動であれば、深部体温リズムの頂点位相から下降位相にかけて運動することが体温効果を介した睡眠改善が期待できることが推察された。これまで無理のないペースで運動するという観点から快適自己ペース走を取りあげたが、すべての人が中等度強度の運動を快適と感じるわけではないことを最後にふれておく必要がある。表1-No.5の快適自己ペース走を実施した実験においても、運動習慣を持たない1名の被験者が明らかにオーバーペースの速度を快適と感じて走っていた。%心拍予備量(%HRR)から見た運動強度は80~90%に相当し、運動実施から夜間睡眠時にかけて著しい生理機能の興奮が認められ、その後の夜間睡眠においても阻害が認められた(表2)。この被験者が運動後に非常に大きな達成感を感じていたことから、快適性の捉え方に個人の性格が大きく影響した可能性が示唆される。以前にも同研究室で快適自己ペース走を実施させたときに、他の被験者の走行スピードを上回るスピードで走ることを「快い」と感じる被験者が認められた。快適自己ペース運動では、運動指導者が実施者に無理な負荷の運動を押しつけてしまう危険性を回避することはできるが、このように無理な運動負荷を選択する人も存在することは、十分配慮すべきであろう。

表2 無理なペースで走行した被験者の睡眠結果 (未発表データ)

		運動日	対照日
入眠潜時	(分)	5.5	8.5
睡眠効率(総睡眠時間/全就床時間)	(%)	80.1	96.9
中途覚醒時間	(分)	94.5	7.0
ノンレム睡眠第2段階	(分)	213.5	260.0
徐波睡眠	(分)	69.0	94.0
レム睡眠	(分)	86.5	112.0
睡眠時平均心拍数	(拍/分)	56.0	49.0

謝辞

本年度で退官される福地保馬教授には、学部生の時から現在に至るまで貴重で親身な御指導、御鞭撻を頂きましたことをここに厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Berger RJ, Palca JW, Walker JM, Phillips NH. Correlations between body temperatures, metabolic rate and slow wave sleep in humans. *Neurosci Lett*, 1988, 86: 230-234.
- 2) Buguet A, Cespuglio R, Radomski MW. Sleep and stress in man: an approach through exercise and exposure to extreme environments. *Can J Physiol Pharmacol*, 1998, 76: 553-561.
- 3) Bunnell DE, Bevier WC, Horvath SM. Effects of exhaustive exercise on the sleep of men and women. *Psychophysiology*, 1983, 20: 50-58.
- 4) Buxton OM, L'Heemite-Baleriaux M, Hirschfeld U, Cauter EV. Acute and delayed effects of exercise on human melatonin secretion. *J Biol Rhythms*, 1997, 12: 568-574.

- 5) Edinger JD, Morey MC, Sullivan RJ, Higginbotham MB, Marsh GR, Dailey DS, McCall WV. Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep*, 1993, 16: 351-359.
- 6) Griffin SJ, Trinder J. Physical fitness, exercise, and human sleep. *Psychophysiology*, 1978, 15: 447-450.
- 7) Gore CJ, Withers RT. Effect of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. *J Appl Physiol*, 1990, 68: 2362-2368.
- 8) Horne JA, Moore VJ. Sleep EEG effects of exercise with and without additional body cooling. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1985, 60: 33-38.
- 9) Horne JA, Shackell BS. Slow wave Sleep Elevations after body heating: Proximity to sleep and effects of aspirin. *Sleep*, 1987, 10: 383-392.
- 10) Krauchi K, Cajochen C, Wirz-Justice A. A relationship between heat loss and sleepiness: effects of postural change and melatonin administration. *J Appl Physiol*, 1997, 83: 134-139.
- 11) Krauchi K, Cajochen C, Werth E, Wirz-Justice A. Functional link between distal vasodilation and sleep-onset latency? *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, 2000, 278: R741-R748.
- 12) McGinty D, Szymusiak R. Keeping cool: a hypothesis about the mechanisms and functions of slow wave sleep. *Trends Neurosci*, 1990, 13: 480-487.
- 13) Montgomery I, Trinder J, Paxton SJ, Fraser G. Sleep disruption following a marathon. *J Sports Med Phys Fitness*, 1985, 25: 69-74.
- 14) Murphy PJ, Campbell SS. Nighttime drops in body temperature: a physiological trigger for sleep onset? *Sleep*, 1997, 20: 505-511.
- 15) 小田史郎, 水野(松本)徳子, 中川功哉, 森谷繁: レクリエーション的な水中運動が夜間睡眠に与える影響—高強度の陸上運動による影響との比較—. 体力科学, 1999, 48(6): 860.
- 16) Oda, S., T. Mizuno, K. Nakagawa and K. Moriya Recreational underwater exercise facilitates the sleep continuity in physically untrained males." *Adv Exerc Sports Physiol*, 2001, 7: 59-63.
- 17) Oda S, Moriya K. The effects of recreational underwater exercise in early evening on sleep for physically untrained male subjects. *Psychiat. Clin. Neurosci.* 2001, 55: 179-181.
- 18) 小田史郎, 清野彩, 佐美靖, 菅原誠, 森谷繁: 就床2~3時間前における快適自己ペース走の実施が深部体温と夜間睡眠に及ぼす影響, 体力科学, 2001, 50(6): 946.
- 19) 小栗貢, 白川修一郎, 阿住一雄: OSA 睡眠調査票の開発, 精神医学, 1985, 27: 791-799.
- 20) Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stage of human subjects. Government Printing Office, Washington, DC. 1968.
- 21) Taylor SR, Rogers GG, Driver HS. Effects of training volume on sleep, psychological, and selected physiological profiles of elite female runners. *Med Sci Sports Exerc*, 1997, 29: 688-693.
- 22) Torsvall L, Akerstedt T, Lindbeck G. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1984, 57: 347-353.
- 23) Yoshida H, Ishikawa T, Shiraishi F, Kobayashi T. Effects of the timing of exercise on the night sleep. *Psychiat Clin Neurosci*, 1998, 52: 139-140.
- 24) Youngstedt SD, Kripke DF, Elliott JA. Is sleep disturbed by vigorous late-night exercise? *Med Sci Sports Exerc*, 1999, 31: 864-869.