

「運動時の脳血流動態」

定本 朋子

(日本女子体育大学)

脳組織の代謝は、左右の内頸動脈経路と椎骨動脈経路の2経路により供給される。2つの経路から頭蓋内に流入する血液は Willis の動脈輪において合流し、一部の動脈に損傷があっても血液を他の部位から供給できる構造を形成している。しかし、内頸動脈経路により運搬される血液は、主に大脳皮質側頭葉、前頭葉、頭頂葉、島皮質といった高次脳へ灌流し、椎骨動脈経路により運搬される血液は、主に延髄、小脳、後頭葉、脊髄といった下位脳へ灌流する。このように動脈経路と灌流部位の間には対応関係があることがわかっている。脳における灌流部位の違いを踏まえると、2つの経路における脳血流動態に相違や特徴があると予想されるが、運動時における血流動態とその調節機構については未だ十分な検討がなされはしていない。先行研究の多くは、内頸動脈経路の中大脳動脈の血流動態をみた研究が大部分であり、椎骨動脈をはじめ他の部位における血流動態については限定的な研究しかない。このため、我々の研究グループでは内頸動脈経路と椎骨動脈経路における運動時の血流動態およびその調節機構について種々の実験を行ってきた。その結果、頸動脈経路と椎骨動脈経路の血流動態が同一ではなく、それぞれの特徴と相違があることを見出した。また脳血流調節に働くとされる、自動調節(動脈血圧に対する)、二酸化炭素分圧、心拍出量といった因子に対する応答も、2つの経路間で異なることが示唆された。これらの具体的な研究成果についてその要旨を以下にまとめる。

1. 運動開始直前・直後における応答

健康な成人女性を被験者として、肘屈曲伸展運動を随意的に行う場合(随意運動)と機械によって受動的に行う場合(受動運動)について検討した。随意運動と受動運動の開始直前および直後にみられる中大脳動脈平均血流速度と頸動脈および椎骨動脈の血流量の応答を比較した。その結果、随意運動では、中大脳動脈平均血流速度および頸動脈血流量が運動開始直後から顕著な増加を示した。一方椎骨動脈では、随意運動の開始に先行する顕著な血流増加がみられ、その増加は運動開始後まで持続していた。このような随意運動開始時にみられた血流増大が受動運動では見られなかった。これらのことから、随意運動に伴う見込み制御による血流増加は内頸動脈経路よりも椎骨動脈経路で著しく起こる、という特徴が示された。このような特徴は灌流部位の脳代謝に起因しているのか、あるいは見込み制御に関わるセントラルコマンドの働きに起因するのか、といったことが考えられるが、調節機構については明らかではない。

2. 静的運動時および運動後筋虚血時における応答

健康な成人女性が被験者として実験に参加した。静的掌握運動により 10%MVC から 30%MVC へとランプ状に漸増する負荷を追従しながら持続させる運動とした。その運動終了と同時に活動肢上腕を筋虚血にした(約 200~220mmHg の加圧により動脈血流を制限することによって行った)。中大脳動脈平均血流速度、内頸動脈血流量および頸動脈血流量を計測し、同時に測定した動脈血圧から各々の血管抵抗を算出した。これら内頸動脈経路における血管抵抗は血圧上昇とともに増大し、運動終了直前には著しい高値を示した。このことは内頸動脈経路では血圧が上昇すると血管抵抗が上がり、つまり血管収縮作用により血液流入を制限することが示唆された。一方、同様に計測した椎骨動脈の血管抵抗では、血圧が上あっても血管抵抗の有意な増大はみられず、本実験の血圧変化の範囲では血流制限をしない経路であることが示された。また内頸動脈経路の血管抵抗の増大をもたらす要因として筋代謝受容器反射の関与が示された。このように運動時および運動後筋虚血時における動脈血圧上昇に対する2つの経路の特徴と相違から、血圧が変化しても血流を一定に維持するという自動調節は内頸動脈経路では有効であるが、椎骨動脈ではあまり作用しないと考えられた。

3. 多段階負荷の動的運動時における応答

健康な成人女性が最高酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)の 30%、50%、70%の負荷による自転車駆動を

おこなった。その運動時にみられる呼吸循環応答(特に心拍出量と呼気終末二酸化炭素分圧)と内頸動脈経路および椎骨動脈経路の血流応答との対応関係について比較した。その結果、多段階負荷運動時の心拍出量の上昇に対して、内頸動脈経路では運動強度が高くなると血管抵抗が上がり、血流を制限し脳血流を一定にする応答がみられた。一方椎骨動脈経路では、心拍出量が増大しても内頸動脈経路でみられた血流制限が生じなかった。さらに呼気終末二酸化炭素分圧の変化に対して、内頸動脈経路の血流量は二酸化炭素分圧に対応した変化を示すが、椎骨動脈経路ではそのような対応関係がみられなかった。このようなことから、脳血流量の調節に関わるとされる心拍出量および二酸化炭素分圧との対応という観点においても2つの経路間で相違があることが示された。

4. 振動刺激を伴う静的運動時における応答

活動筋への振動刺激は Group Ia 求心性入力を介して α 運動ニューロンを興奮させ反射的に筋力を発揮させる。そのため、一定筋力発揮時における α 運動ニューロンへ下行する高位中枢からの運動指令が減少する、ということが知られている。セントラルコマンドと運動指令が対応するとされていることから、この振動刺激による反射を活用して、一定筋力発揮時のセントラルコマンド低下条件を設定した。実験では静的肘屈曲運動を用いて、主働筋である上腕二頭筋の腱部へ振動刺激を与えた場合と振動刺激を与えない場合(対照条件)における脳血流応答を比較した。このような比較により、セントラルコマンド低下が運動時の脳血流応答に及ぼす影響を検討した。その結果、振動刺激を伴う場合には対照条件に比べ内頸動脈経路と椎骨動脈経路における血流量が低下するが、その低下量が椎骨動脈経路の方がより大きくなることが示された。つまり、セントラルコマンド低下に対する応答は椎骨動脈の方が大きいということが示された。

「運動における脳の役割-中枢性疲労と中枢性エネルギー代謝調節-」

井上和生



(京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻)

[中枢性疲労とは]

疲労とは何らかの原因で身体機能が低下・消耗した状態である。しかし病気ではないので休息する事で回復する。疲労は広い概念なので一般に合意を得た定義は今のところない。中枢性疲労についても同様だが、本稿では疲労感とほぼ同義とする。あまりトレーニングを積んでいない一般の人では、運動を開始しても肉体的限界に至るはるか以前に疲労を感じ、その運動をやめたいと思う。このような感覚が中枢性疲労と考えられる。

[中枢性疲労発生の機構(仮説)]

このような疲労が生じる機構として幾つかの仮説が提唱された。乳酸は一般に疲労物質と信じられている。確かに骨格筋の収縮に対して pH の低下はその機能を阻害する。また血液の極端な酸性化は重篤な障害を引き起こす可能性がある。しかしながら脳に関していえば、乳酸は糖と同等に積極的にエネルギー基質として利用されている。脳にはニューロンの機能を支持する細胞としてグリアが存在するが、この細胞がグルコースを取込み、ニューロンに乳酸の形でエネルギーを供給することがわかってきている。このため、乳酸が中枢性疲労の直接的な原因物質とは考えにくい。この他セロトニン仮説、アンモニア仮説、サイトカイン仮説が提唱されている。前二者については強い運動を長時間行って血中のエネルギー基質濃度の大きな変動が起こる、もしくはタンパク質の大規模な分解が起こらなければ理論が成立しない。また後者はその原因となる炎症性サイトカインが感染などの疾病時に放出されることにより疲労感が生じると考えられるが、「休養すれば回復する」という疲労の定義からは外れることなど、いずれも通常の、強い運動を伴わない疲労感の説明は困難である。

[TGF- β と中枢性疲労]

筆者は前述した仮説以外に中枢性疲労に関与する物質があると考え、以下の実験を行った。疲労感のある時には行動を起すことに積極的になれない。このような感覚は、実験動物に

において自発行動の低下によって評価できると考えた。また中枢性疲労を引き起こす物質は脳において産生され、脳に対して作用すると考えた。このような活性は脳を取り巻く環境である脳脊髄液にある程度反映されると推察された。そこで運動により疲労した動物(ラット)の脳脊髄液を安静動物(マウス)の脳室内に投与すると、自発行動が抑制され、疲労したような行動を引き起こすことを見いだした。マウスは安静状態に保っていたことから、肉体的な疲労は殆どないと考えられたため、脳脊髄液中の物質が疲労感を引き起こすことによりその自発行動を低下させたと推察した。この現象を引き起こす物質を同定するため、淡水性腔腸動物であるヒドラを用いたバイオアッセイを行った。その結果、疲労した動物の脳脊髄液中で増大している物質がサイトカインの一種 transforming growth factor-beta (TGF- β)である事が示唆された。そこで精製された TGF- β をマウスの脳室内に投与すると用量依存的にその自発行動を抑制すること、および疲労した動物の脳脊髄液を抗 TGF- β 抗体で処理したものは動物の自発行動を抑制する活性が消失することから、脳内の TGF- β が、おそらく疲労感を生成する事により動物の自発行動を抑制する活性を持つことを明らかにした(1)。

[TGF- β と脂肪酸代謝亢進]

運動により疲労感が生じる時には、生体とすれば可能であればその運動を止めたい状態である。しかしながら運動を止める事ができない状況である場合、貴重な糖質エネルギー源を温存し、できるだけ消耗を避けるため持久的な運動に適した状態に変更することが有効だと考えられる。疲労感を引き起こす物質が、同時に持久的な運動に適したエネルギー代謝状態を引き起こす作用を持つならば合理的だと考えられた。そこで、エネルギー代謝の状態を非侵襲的に測定する呼吸ガス測定装置により TGF- β の脳内投与が呼吸交換比と酸素消費量に及ぼす影響を検討した。その結果、酸素消費量に変化はないが、脂肪酸化の亢進が引き起こされることが明らかとなった。このように脳内の TGF- β は自発行動の抑制だけでなく、全身での脂肪酸代謝の亢進を引き起こすこともわかった(2)。TGF- β の脳内投与は脂肪組織からの脂肪酸放出による基質供給の増大(3)、骨格筋でのリポプロテインリパーゼ活性の増大とそれによる脂肪酸取込の増大(2)、肝臓・骨格筋でのマロニル CoA 濃度の低下による脂肪酸酸化能の増大などを引き起こすため、これらの作用が総合して全身での脂肪酸化亢進につながっているものと考えられた。

[運動時エネルギー代謝の中枢性調節]

TGF- β は運動時に活性化されるため、持久運動時の脂肪酸化亢進に関与していることが予想された。そこで、脳内に抗 TGF- β 抗体を予め投与し、走行運動を負荷して呼吸ガス測定を行なった。その結果、走行運動による脂肪酸酸化の亢進が部分的に抑制されることがわかった。また TGF- β 受容体の信号伝達を阻害するアンタゴニスト(SB431542)の投与でも同様の抑制が引き起こされることが明らかとなった。このように脳内 TGF- β の作用を阻害する

と運動時の脂肪酸酸化が一部抑制されるため、このサイトカインが運動時エネルギー代謝の中樞性調節に関与していることが明らかとなった(4)。

引用文献

1. **Inoue K, Yamazaki H, Manabe Y, Fukuda C, Hanai K, and Fushiki T.** Transforming growth factor-beta activated during exercise in brain depresses spontaneous motor activity of animals. Relevance to central fatigue. *Brain Research* 846: 145-153, 1999.
2. **Yamazaki H, Arai M, Matsumura S, Inoue K, and Fushiki T.** Intracranial administration of transforming growth factor-beta 3 (TGF-b3) increases fat oxidation in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 283: E536-544, 2002.
3. **Shibakusa T, Mizunoya W, Okabe Y, Matsumura S, Iwaki Y, Okuno A, Shibata K, Inoue K, and Fushiki T.** Transforming growth factor-beta in the brain is activated by exercise and increases mobilization of fat-related energy substrates in rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 292: R1851-1861, 2007.
4. **Ishikawa T, Mizunoya W, Shibakusa T, Inoue K, and Fushiki T.** Transforming growth factor-b in the brain regulates fat metabolism during endurance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* in press, 2006.

運動による脳機能低下の予防
加藤守匡
(米沢女子短期大学)



1、はじめに

脳機能低下は中枢神経系の傷害及び変性を起因として発症し、運動や感覚機能、認知機能をも低下させる。中でも認知機能低下は、高齢化社会の進展に伴う認知症患者の増大もあり、その予防及び治療法に向けて様々な研究が進められている。しかし現時点で決定的治療法は確立されていない。よって、その早期発見、早期予防に期待が持たれている。認知症の発症要因には、遺伝的問題も含め個人の加齢プロセスや生活習慣の変容（ストレス増大、運動不足、栄養過多など）が関与する。そのため運動が認知症予防に貢献できる可能性はあると推察される。この検証のためにも、認知症予防という視点から運動トレーニングの影響を介入調査から検討する必要がある。運動が認知症予防になりうる要因を疫学的、実験的報告も含めて紹介し、認知症予防を目指して運動介入を行った茨城県利根町での自験例を紹介する。

2、脳機能低下と運動

脳機能低下要因には、加齢、頭部外傷、全身性疾患及び中毒などによる神経系の機能変性及び萎縮、脳血管障害、アルツハイマー病（AD）に代表される進行性の神経変性疾患がある。これらの中でも認知症の一つであるADは、有病率が年々増大しており、その有効な治療法は確立されていない現在では早期発見、早期予防が重視されている。疫学的研究から運動によるAD発症の予防効果を検討した報告では、身体活動レベルの高い者は、低い者に比較して加齢に伴う認知機能低下の危険性が減少すると示されている。Abbottら¹⁾のHonolulu-Asia Aging Studyでは、一日の歩行距離が少ないグループは、歩行距離が多いグループに比較して将来の認知症発症率が高くなることを高齢男性を対象とした研究から報告している。また、Larsonら²⁾は、運動頻度との関係から検討し6.2年間の評価から週3回以上の運動を実施している者はそうでない者に比較してAD発症が減少することを報告している。以上のように定期的な身体活動は認知機能低下に対して予防的役割を果たす可能性が示唆されている。さらにヒト及び動物を対象とした実験からも運動の効果を期待させる結果が示されており、動物実験からはランニング及び歩行運動がノルアドレナリン、ドーパミン、セロトニン等の脳内アミン作動性神経からの神経伝達物質の放出増大³⁾、ヒトを対象とした研究では6ヶ月間の有酸素トレーニングにより前帯状回の神経伝達効率の改善⁴⁾が報告されている。90年代以降になると、運動が脳内神経細胞の機能・生存維持、再生、修復、成長・分化促進に関与する脳由来神経栄養因子を増大⁵⁾させること、さらに海馬歯状回における神経新生の促進⁶⁾、血管新生の促進⁷⁾、脳損傷に対する抵抗性増加⁸⁾、学習記憶能向上⁹⁾など運動による脳機能改善を促すと考えられる要因が次々と示されてきている。特に認知症との関連では、運動や豊かな環境刺激がADの原因として有力視されているアミロイドβの増加を抑制させることがADモデルマウスを用いた研究から報告され¹⁰⁾、運動による認知症予防の可能性が支持されている。今後は、どのような運動が脳機能へ効果をもたらすのか運動の様式、頻度、強度、期間も考慮に加えさらに検討する必要がある。

3、認知症予防介入研究-利根町研究-

茨城県利根町では、厚生労働省の研究事業として認知症予防介入事業（主任研究者＝朝田隆・筑波大教授）が進められ1次予防に中心を置いた運動介入を実施した。運動介入には約350名が参加し、認知機能の変化と各種体力要素（筋力、持久力、反応時間、身体活動量、ストレスホルモン）との関連が検討された。運動介入は、町の集会場で月6回の運動講座と家庭での運動プログラムを実施し、各参加者に配布したログタイアリーには家庭での運動実施量を記載してもらった。ログダイアリーは、一ヶ月毎に回収し、その記録をもとに介入期間中の身体活動量を算出した。運動介入1年後では脚筋力、持久力及び反応時間の改善、ストレスホルモンであるコルチゾール濃度の低下、さらには認知症に最も関連深いとされる記憶力改善が確認された。特にこの記憶力改善は、日々の軽運動の実施量と相関があることを確認している。また、本運動介入には認知症の前駆状態とされる軽度認知障害（MCI: Mild Cognitive Impairment）も20名程参加している。MCIは4年間で約半数がADへ移行するとされている¹¹⁾。運動介入の効果は、MCIにも見られ、介入2年後には介入時から記憶能力に有意な改善が示され（図1）、身体活動量及び尿中コルチゾールにも有意な改善が認められた。そして、この記憶スコアの変化は身体活動量と正の相関が認められた。これらの結果は、運動介入はMCIの記憶能力をも改善しうる可能性を示唆しており、この記憶能力の変化は、身体活動量と関係が認められたことから日常の身体活動を高めることがMCIの記憶能力改善に貢献することが推察された。以上のように、利根町研究からも運動介入が認知症予防に有効と成り得る結果が得られている。しかし、本運動介入の介入手法は参加希望者に実施する方法となっており運動に対する参加者の個人的影響も結果に混入すると考えられる。今後は、ランダム化比較試験（RCT: Randomized Controlled Trial）を実施するなど、各種要因も制御しAD予防に対する運動効果を検討する必要がある。

参考文献

1. Abbott RD et al. JAMA, 22:1447-1453, 2004
2. Larson EB et al. Ann Intern Med. 144:73-81, 2006
3. Meeusen R et al. Sports Med. 20:160-188, 1995
4. Colcombe SJ et al. Proc Natl Acad Sci. 101:3316-3321, 2004
5. Neeper SA et al. Nature, 12:109, 1995
6. van Praag H et al. Proc Natl Acad Sci, 96:13427-13431, 1999
7. Swain RA et al. Neurosci. 117:1037-1046, 2003
8. Carro E et al. J Neurosci. 21: 5678-5784, 2001
9. Anderson BJ et al. Physiol Behav. 70: 425-429, 2000
10. Lazarov O et al. Cell. 120: 701-713, 2005
11. Petersen RC et al. Arch Neurol. 56:303-308, 1999

「スポーツパフォーマンスを向上させる生体リズム調節」

内田 直

(早稲田大学スポーツ科学学術院)



1. はじめに

ヒトは地球の自転に同期して、24時間の周期で生活している。これは、進化のプロセスの中で、地球の自転に生体が適応して出来たものである。このような、生体リズムは脳の視交叉上核(SCN)で制御されていると考えられているが、生体リズムは睡眠覚醒などの行動上のリズムだけではなく、体温、ホルモンなどさまざまな生体現象のリズムも制御している。更には、スポーツを行ううえでのさまざまな能力も、こういった生体リズムの影響を受けている。我々は、生体リズムを調節して、試合の行われる時間帯により良いパフォーマンスが行えるようなコンディショニングの試みを行っている。これらには、時差のある地域へ早期に適応できる工夫や、比較的良いパフォーマンスが出にくい時間帯にパフォーマンスを向上させる工夫などがある。まだ、試みの段階ではあるが、これらの試みの基礎と応用について概説する。

2. 概日リズム (サーカディアンリズム)

生体リズムにはさまざまなものがあるが、その周期によって名前がつけられている。表にその代表的なものを示した。

さまざまな生体リズム (好きになる睡眠医学 内田 直著 講談社1) より)

周期	名称	例
一分以下	ultradian rhythm	心拍 呼吸 腸の蠕動運動
約1時間		睡眠周期 (ノンレム-レム周期) Rest-Activity Cycle
約24時間	circadian rhythm	睡眠覚醒リズム ホルモンリズム (メラトニン、成長ホルモン、コルチゾールなど) 循環系の変化 (心拍数、血圧)
約1ヶ月	circalunar rhythm	月経周期
約1年	circannual rhythm	季節性気分障害 冬眠

この中で、今回スポーツパフォーマンスと関連付けて調節を行うのは、約 24 時間のサーカディアンリズムである。ヒトの体内時計は、毎日のリズムを刻んでいるが、体内時計自身も持っている固有の周期は、24 時間よりも長いことが知られている。これは、ヒトを全く時間が分からなくなるような空間（洞窟の中や人工的に作った隔離室など）に入ると 24 時間よりも長い生活時間ですごすことから分かる。ヒトが 24 時間で生活できている理由は、同調因子があるためであると考えられている。同調因子の中で、もっとも生体に対して生理学的な効果を持っているものの一つが光である。光によって、毎日リズムが同調され、結果として 24 時間の睡眠覚醒リズムを初めとするリズムの同調がなされていると考えられる。

3. スポーツと概日リズム

スポーツのさまざまなパフォーマンスも、概日リズムをもっていることが古くから知られている。PubMed にて (sports circadian rhythm) を検索すると、410 の文献が出てくる。古いものでは 1975 年に Br. J. Sports Med. に掲載された “The effects of the changes of the circadian body rhythm on the sportshooter. (概日体内リズムの変化が射撃競技者に及ぼす影響について)”²⁾ などがある。しかしながら、一般に過去の研究は、繰り返し試行の回数、覚醒からの経過時間などについての検討は十分になされていなかった。言い換えると、日内変動の要因として、繰り返し試行による疲れや、覚醒してからの時間経過の問題などが必ずしも明確に除外されていない研究が多くあった。この問題について、明確な結論を出したのは Youngstedt らのグループによる Klein らの研究³⁾ である。彼らは、時間生物学で用いられる Ultra-short Sleep Wake Cycle という手法を用いて、上記の問題を除外した実験を行った。これは、1 時間の睡眠と 2 時間の覚醒からなる 3 時間一単位のパターンを一日 8 回繰り返すものである。そして、覚醒時間の真ん中（起床してから 1 時間後の時点）で、スポーツパフォーマンス（彼らの研究では 200m 競泳）を行いタイムを測定した。8 グループをつくり、3 時間ずつ開始時刻をずらして行わせるため、一日のどの時刻でも、繰り返し試行の影響も等しくなり、繰り返し試行による疲れや、覚醒してからの時間経過の問題は取り除かれる。結果として、彼らは午前 11 時から午後 11 時の時間帯に、非常に高いパフォーマンスが得られることを明らかにした。また、このようなパフォーマンスの変化は、体温の概日リズム変化と非常に良い相関があることが分かった。すなわち、体温は午前 11 時前くらいから上昇し、午後 11 時ころより下降をはじめますが、全体として体温の比較的高い時間帯に良いパフォーマンスがみられた。

4. 概日リズムの調整

概日リズムの位相を人工的に変化させることが可能であることが知られている。先に述べた同調因子の光は、照射の時刻によって生体リズムの位相を前進（早寝早起き）あるいは後退（夜更かし朝寝坊）させることができる。照射の時刻と、その影響の方向（前進か後退）および大きさ（何時間ずれるか）によって、位相反応曲線（Phase Response Curve）を描くことが出来る。これまで知られている結果では、明け方の光は位相を前進させ、夕刻から早い夜間の光は位相を後退さ

せる4)。

5. スポーツパフォーマンスを向上させる生体リズム調節

先に示した Klein らの研究では、午前中の時間帯に競泳の成績は悪いということになる。同じデザインの研究がすべてのスポーツに使われる要素になされているわけではないので、現状では彼らの結果をすべてのスポーツ競技に当てはめることには注意が必要である。また、一般に午後の時間帯にスポーツ競技のパフォーマンスが良いということは、これまでの研究においてもある程度明らかになっている。一方で、スポーツ競技によっては午前中に試合が行われる競技は多くある。これらの競技で、スポーツパフォーマンスを向上させるためのひとつの手段として、生体リズムを前進させ、午前時間帯に午後の時間帯のリズムをずれ込ませることがある。スポーツパフォーマンスは体温の上昇と良い相関があるので、早い時間帯に体温を上昇させるわけである。我々は、光を用いてこのような変化を起こさせる試みを行った。すなわち午前9時半に競技が行われる水泳競技者に、早朝高照度光を浴びさせ、体温の早い時間帯の上昇を期待した。この試みでは、詳細な体温の変化を記録はできなかったが、光による操作の結果、この競技者は競技会でこれまで最も良い競技成績を残した。さらに、タイムを比較すると午前中のタイムが午後のタイムに勝っていた。

6. おわりに

本稿では、主にはこれまでの文献による考察を行った。このような試みが実際にスポーツ競技に自身をもって応用されるためには、今後データの蓄積が非常に重要である。競技にはさまざまな要素が関与している。まずは一般正常若年者を用いて研究を行い、十分な蓄積の元に競技者にもケースとして応用を行う必要がある。また、競技に用いられるさまざまなコンポーネントについても、詳細に概日リズムの影響を検討する必要がある。

現在、競技は国際化し時差のある地域での競技も頻繁に行われるようになった。このような状況においては、時差に対応した生体リズムの調整も競技パフォーマンスを向上させるために必要となってくる。今後、この方面の研究者が増加し、スポーツと生体リズムに関連した研究が推進されることを期待する。

文献

1. 内田 直 好きになる睡眠医学 2006 講談社サイエンティフィク 東京
2. Antal LC. The effects of the changes of the circadian body rhythm on the sportshooter. Br J Sports Med. 1975 Apr;9(1):9-12.
3. Kline CE, Durstine JL, Davis JM, Moore TA, Devlin TM, Zielinski MR, Youngstedt SD. Circadian variation in swim performance. J Appl Physiol. 2007 102(2):641-9.
4. Minors DS, Waterhouse JM, Wirz-Justice A. A human phase-response curve to light. Neurosci Lett. 1991 133(1):36-40.

