

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K13203

研究課題名(和文) アスリートの時計遺伝子発現リズムの違いが運動・認知パフォーマンスに及ぼす影響

研究課題名(英文) Relationships between clock genes and performance in athletes

研究代表者

安藤 加里菜 (Ando, Karina)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員

研究者番号：80781260

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：運動パフォーマンスが最も良く発揮される時刻(ピークパフォーマンス時刻)は、深部体温の高い夜だと知られている。しかし、深部体温のリズムは生体リズム(朝型・夜型)で異なるため、個人の生体リズムの違いによってピークパフォーマンス時刻は異なる可能性がある。本研究では、時計遺伝子発現リズムによってアスリートの個人の生体リズムの違いを客観的に評価できること、その違いと朝夕でのパフォーマンス変動との関連を評価することができた。さらに、個人の生体リズムの調節について光を用いた手法の有効性を評価することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色は、アスリートの生体リズム特性と生体リズムを調節する対策を明らかにすることで、試合の時間帯に、パフォーマンスを最大限発揮する手法を明らかにすることである。アスリートの生体リズムを客観的に評価・調節できる対策を考案することで国際競技力の向上を目指すことができる。生体リズム特性と持久性パフォーマンスの関連は示唆されているが、客観的な指標で評価した生体リズム特性とパフォーマンスとの関連は明らかでなかった。本研究は、トップアスリートのコンディショニングに向けて意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：It is known that the best time for performance (peak performance time) is the night when the core body temperature is high. However, since the circadian rhythm of core body temperature differs depending on the biological rhythm (morning type / night type), the peak performance time may differ depending on the individual biological rhythm. In this study, we evaluated the difference in the individual biological rhythm of athletes by the clock genes expression rhythm, and evaluated the relationship between clock genes expression and performance fluctuation in the morning and evening. Furthermore, we evaluated the effect of the light treatment for individual biological rhythm regulations.

研究分野：時間運動学

キーワード：体内時計 時間運動学 アスリート 時計遺伝子 パフォーマンス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳で制御される生物の生体リズムは、肝臓や筋といった末梢組織の時計遺伝子発現リズムで評価できる。時計遺伝子発現リズムは遺伝子発現量の日内変動で定義され、動かすことができる。末梢組織の採取は侵襲性が高いため、これまでヒトの生体リズム評価には質問紙が用いられてきた。近年、髭の毛根細胞からより簡易にヒトで時計遺伝子発現リズムの測定が可能となった(文献、Akashi et al. PNAS, 2010)。本研究は、アスリートの生体リズムを現場に活用可能な髭の時計遺伝子発現リズムで客観的に評価し、生体リズムの調節から国際競技力の向上を目指すことができると考えた。

ヒトの生体リズムは標準化された質問紙(文献、Horn et al. Int J Chronobiol, 1976)から朝型・中間型・夜型に分けられる。2015年に、朝型と夜型で持久性パフォーマンスの最も良く発揮される時刻は異なることが報告され、夜型アスリートでは朝にパフォーマンス低下が認められた(文献、Facer et al. Current Biology, 2015)。チーム競技では、選手の朝型夜型分布の違いでチームパフォーマンスの最も良く発揮される時刻は異なることが報告された(文献、Facer et al. Frontiers in Neurology, 2015)。朝と夜で運動に対する基質応答は異なることから、朝と夜でパフォーマンスは変わる可能性がある。また、持久性パフォーマンスに関連のある骨格筋ミトコンドリアの代謝機能(酸化能力)に日内変動があることが報告され(文献、Moorsel et al. Molecular Metabolism, 2016)、生体リズムと持久性パフォーマンスとの関連が目まぐるしく注目されている。生体リズムを動かす手段として光やシャワー、カフェインの有効性が示されている(文献、Burke et al. Science translational Medicine, 2015)。また、パフォーマンスに関連する認知機能には日内変動があることが報告されている(文献、Muto et al. Science, 2016)。

質問紙で評価した個人やチームの生体リズムの違いでピークパフォーマンス時刻は異なるという先行研究をもとに、アスリートの生体リズムを時計遺伝子発現リズムで客観的に評価し、生体リズムの違いと運動・認知パフォーマンスとの関連を明らかにし、国際競技力向上のために、試合の時間帯に合わせて個人の生体リズムやピークパフォーマンス時刻を調節する手法を検討することができるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、アスリートを対象に、以下の課題に取り組んだ。

(1) 生体リズムを時計遺伝子発現リズムで客観的に評価し、質問紙による既存の評価法との関連を検討する。

(2) 生体リズムの違いと運動・認知パフォーマンスとの関連を検討する。

(3) 介入によって生体リズムやピークパフォーマンス時刻を調節する手法を検討する。

3. 研究の方法

(1) アスリートにおける時計遺伝子発現リズムと質問紙による個人の生体リズム評価の関連の検討

成人男性 15 名を対象として、時計遺伝子および質問紙を用いて生体リズムを評価した。

・ 顎鬚による時計遺伝子 *PER3*, *NR1D1*, *NR1D2* 発現リズムの同定

1 日 6 ポイント (6, 10, 14, 18, 22, 2 時) において顎鬚のサンプル採取を行った。サンプル採取は通常の生活を行う 1 日に実施された。採取した顎鬚の毛根細胞より mRNA を抽出し、時計遺伝子 *PER3*, *NR1D1*, *NR1D2* の発現リズムを測定し、生体リズムを評価した。

・ 朝型夜型質問紙による生体リズムの評価

19 の質問によって構成されている国際的に標準化された朝型夜型質問紙 (Morning-Evening Questionnaire; MEQ) を用いて、生体リズムを評価した。

(2) 生理学的指標から生体リズムの違いと運動・認知パフォーマンスの日内変動に関連した因子検討

成人男性 15 名を対象として、(1) に加えて、体温や心拍数、朝夕の運動・認知パフォーマンス (20m シャトルラン、PVT) を実施した。運動・認知パフォーマンスは朝 10 時および夕 6 時に実施した。

(3) 個人の生体リズム調節がパフォーマンスの日内変動に及ぼす影響の検討

成人男女 2 名を対象として、連続した 6 日間の起床時の光照射 (1 万ルクス) が生体リズムを調整するか否かを 24 時間の体温リズムを用いて検討した。

4. 研究成果

(1) アスリートにおける時計遺伝子発現リズムと質問紙による個人の生体リズム評価の関連の検討

時計遺伝子発現リズムは個人間で異なり、時計遺伝子発現リズムからアスリートの個人の生体リズムの違いを客観的に評価することができた (図 1, 2)。時計遺伝子発現リズムと質問紙の間に有意な相関は認められなかった。

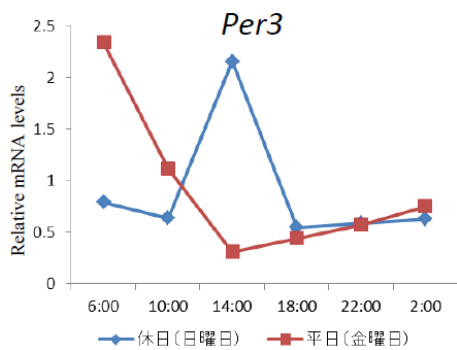


図 1: 夜型の時計遺伝子発現リズム

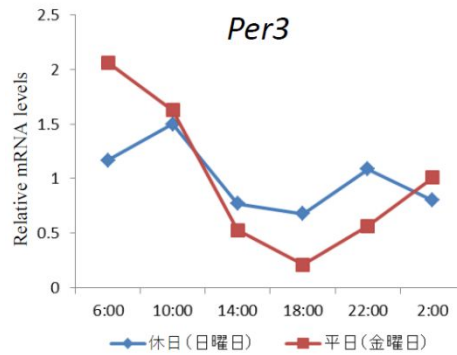


図 2: 朝型の時計遺伝子発現リズム

(2)生理学的指標から生体リズムの違いと運動・認知パフォーマンスの日内変動に関連した因子検討

朝夕の運動パフォーマンスの変動と体温との間に有意な正の相関が認められた(図3)。また、朝夕の運動パフォーマンスの変動と時計遺伝子発現リズムとの間に有意傾向が認められた(図4)。一方で、朝夕の運動パフォーマンスとMEQスコアとの間に有意な相関は認められなかった。アスリートの個人の生体リズムの違いと朝夕でのパフォーマンス変動との関連を評価することができた。

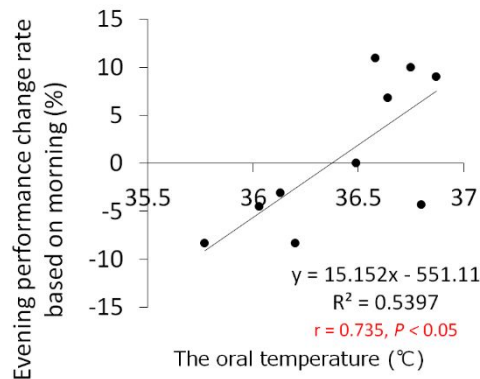


図 3: 朝夕の運動パフォーマンスの変動と体温

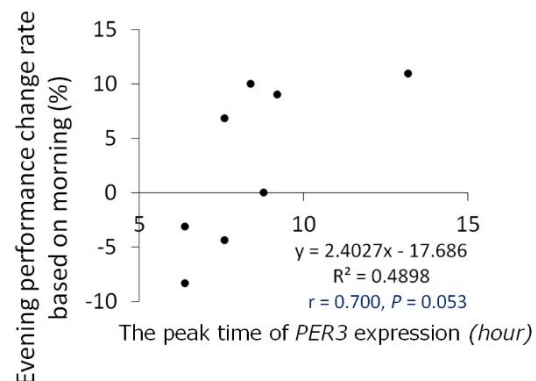


図 4: 朝夕の運動パフォーマンスと時計遺伝子

(3)個人の生体リズム調節がパフォーマンスの日内変動に及ぼす影響の検討

通常よりも2時間の早寝早起きに加え、起床後に30分間にわたって1万ルクスの光を浴びること、それを連続した6日間繰り返すことで、体温リズムは5時間程度前進することを確認した。しかし、前進しにくい人もおり、光の効果には大きな個人差がみられた。生体リズム調整手法として、スポーツ現場で活用するには更なる検討が必要であるが、アスリートの個人の生体リズムの調節について光を用いた手法の有効性を評価することができた。

< 引用文献 >

Akashi M, Soma H, Yamamoto T, Tsugitomi A, Yamashita S, Yamamoto T, Nishida E, Yasuda A, Liao JK, Node K. Noninvasive method for assessing the human circadian clock using hair follicle cells. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Aug 31;107(35):15643-8. doi: 10.1073/pnas.1003878107. Epub 2010 Aug 23. PMID: 20798039; PMCID: PMC2932591.

Horne JA, Ostberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. Int J Chronobiol. 1976;4(2):97-110. PMID: 1027738.

Facer-Childs E, Brandstaetter R. The impact of circadian phenotype and time since awakening on diurnal performance in athletes. *Curr Biol*. 2015 Feb 16;25(4):518-22. doi: 10.1016/j.cub.2014.12.036. Epub 2015 Jan 29. PMID: 25639241.

Facer-Childs E, Brandstaetter R. Circadian Phenotype Composition is a Major Predictor of Diurnal Physical Performance in Teams. *Front Neurol*. 2015 Oct 1;6:208. doi: 10.3389/fneur.2015.00208. PMID: 26483754; PMCID: PMC4589674.

van Moorsel D, Hansen J, Havekes B, Scheer FAJL, Jörgensen JA, Hoeks J, Schrauwen-Hinderling VB, Duez H, Lefebvre P, Schaper NC, Hesselink MKC, Staels B, Schrauwen P. Demonstration of a day-night rhythm in human skeletal muscle oxidative capacity. *Mol Metab*. 2016 Jul 1;5(8):635-645. doi: 10.1016/j.molmet.2016.06.012. PMID: 27656401; PMCID: PMC5021670.

Burke TM, Markwald RR, McHill AW, Chinoy ED, Snider JA, Bessman SC, Jung CM, O'Neill JS, Wright KP Jr. Effects of caffeine on the human circadian clock in vivo and in vitro. *Sci Transl Med*. 2015 Sep 16;7(305):305ra146. doi: 10.1126/scitranslmed.aac5125. PMID: 26378246; PMCID: PMC4657156.

Muto V, Jaspar M, Meyer C, Kussé C, Chellappa SL, Degueldre C, Balteau E, Shaffii-Le Bourdieu A, Luxen A, Middleton B, Archer SN, Phillips C, Collette F, Vandewalle G, Dijk DJ, Maquet P. Local modulation of human brain responses by circadian rhythmicity and sleep debt. *Science*. 2016 Aug 12;353(6300):687-90. doi: 10.1126/science.aad2993. Erratum in: *Science*. 2016 Dec 23;354(6319):null. PMID: 27516598.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ando, K., Takahashi, M., Shibata, S., Hoshikawa, M., Takahashi, H.
2. 発表標題 Relationships between Clock Gene Expression, MEQ score, and Exercise Performance
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 's 65th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤加里菜
2. 発表標題 時計遺伝子を用いた生体リズムの評価と運動パフォーマンスとの関係
3. 学会等名 第72回体力医学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------