

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26750318

研究課題名(和文)女性アスリートにおける運動後低血圧応答

研究課題名(英文)Post exercise hypotension in female athletes

研究代表者

中村 真理子(Nakamura, Mariko)

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・スポーツ科学部・研究員

研究者番号：30343677

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：持久性アスリートでは、運動後の過度な血圧低下により立ちくらみなどを引き起こされやすい可能性が指摘されている。持久性競技に比較的多く見られる運動性無月経は3カ月以上月経が来せず、無月経者は慢性的な低エストロゲン状態に曝されている。血圧規定因子である血管抵抗はエストロゲンの影響を受けることから、女性アスリートの運動後低血圧応答は月経周期により異なると考えられる。本研究では、無月経を含む月経異常アスリートと正常月経アスリートの運動後の低血圧応答の違いについて検討した。その結果、無月経を含む月経異常アスリートにおける運動後の血圧低下の程度は正常月経アスリートに比べ大きいことが示された。

研究成果の概要(英文)：In endurance athletes, it is reported that it is likely to cause orthostatic tolerance due to post exercise hypotension (PEH). Exercise-associated amenorrhea and oligomenorrhea are in a state of estrogen deficiency compared with eumenorrhea. Estrogen mediated variability in peripheral vasodilation throughout the menstrual cycle may have an impact upon the temporal pattern and magnitude of PEH. The purpose of study was that we investigated the temporal pattern of cardiovascular recovery from an acute bout of exercise in female endurance athletes, in two groups of eumenorrhea and non-eumenorrhea. PEH was observed after exercise in both of eumenorrheic and non-eumenorrheic athletes. However, the degree of PEH was greater in non-eumenorrheic athletes than eumenorrheic athletes.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：amenorrhea estrogen athletes hypotension

1. 研究開始当初の背景

運動後低血圧 (Postexercise Hypotension; PEH) は一過性の動的運動を行うとその後数時間にわたり血圧が運動前の値より低下する現象である¹⁾。この運動による降圧作用は高血圧の改善予防といった運動処方への応用が期待されているが、一方で、持久性競技者においては起立耐性が悪く、運動後の過剰な低血圧が起り起立不耐性を引き起こしやすいといったマイナス面が生じる可能性も指摘されている²⁾。

これまで PEH のメカニズムや生理学的意義を明らかにするための研究がおこなわれているが、女性アスリートを対象とする研究は少ない。Esformes et al は、一般健常女性の月経周期に伴う PEH について検討し、エストロゲンが高値を示す卵胞期後期と黄体期において PEH 緩衝能が促進されたと報告しているが³⁾、女性アスリートにおける PEH 応答についてはまだ十分な知見は得られていない。女性アスリートが抱える健康上の問題の一つに「運動性無月経」があり、骨粗鬆症・エネルギー不足とらんで「女性アスリートの三主徴」の一つとして知られている⁴⁾。無月経は、少なくとも3カ月以上月経が来しない状態と定義され、無月経者は慢性的な低エストロゲン状態に曝されている。

血圧は主に心拍出量と血管抵抗によって規定され、血管抵抗の調節因子はエストロゲンの影響を受けることが報告されている⁵⁾。Esformes らの報告と併せて考えると、運動性無月経アスリートは、正常月経アスリートに比べ、一過性の運動終了後により大きな血圧低下応答が起き、運動終了後に起立不耐性などが起りやすい状態となり、運動後のコンディションが悪化することが予想される。しかし、女性アスリートの月経状態の違いに着目した PEH 応答の検討は、我々の知る限りこれまで行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、女性アスリートにおける月経周期の違い (正常月経、無月経) が一過性運動負荷に対する PEH 応答に与える影響について検証することを目的とした。検証仮説は以下の通りとした。

運動性無月経を含む月経異常アスリートは、正常月経アスリートに比べ、一過性の運動終了後により大きな血圧低下応答が起きる。

その血圧低下応答の違いには、安静時の血管拡張機能や全身血管抵抗の違いが関与している。

3. 研究の方法

女性陸上長距離選手 18 名を対象とし、正常月経群 (Eumenorrheic group, EA) 10 名、月経異常群 (Oligo/Amenorrheic group, OA) 8 名 (うち希発月経 2 名、無月経 6 名) にわけ、検討した。

自転車エルゴメーターを用い漸増負荷最大運動を行わせ、運動前ならびに運動終了後 15、30、60 分に各循環応答を測定した。

心電図を用いて心拍数を測定し、トノメトリ法により連続血圧を測定した。また、超音波 M モード法を用いて心拍出量を求めた。総末梢血管抵抗は平均動脈圧を心拍出量で除して得た。さらに、心電図より得られた R-R 感覚と連続血圧から自発性血圧反射感受性 (Spontaneous Baroreflex Sensitivity) を測定した。運動前のみ血流依存性血管拡張反応 (Flow-mediated dilation; FMD) を測定した。FMD は前腕を 200mmHg で 5 分間阻血し、解放した後の血管径を測定し、血管径最大値を最大血管径として安静時血管径から最大血管径への拡張率を %FMD として求めた。各群の測定時期は、EA 群は卵胞期、OA 群は任意の日とした。

4. 研究成果

各群の身体組成、酸素摂取量、ならびに卵巣ホルモン濃度を表 1 に示す。両群において身体特性、持久性能力、ならびに卵巣ホルモン濃度について、群間差は認められなかった (表 1)。

表 1. 身体組成、酸素摂取量ならびに卵巣ホルモン濃度

		EA group	OA group
年齢	yrs	18.2 ± 0.4	18.9 ± 0.6
身長	cm	158.8 ± 3.7	161.2 ± 4.2
体重	kg	49.4 ± 3.3	52.4 ± 7.7
BMI	kg/m	19.6 ± 1.1	20.1 ± 2.7
最大酸素摂取量	ml/kg/min	59.4 ± 5.7	56.8 ± 6.7
最大換気量	ml/min	95.1 ± 11.9	93.8 ± 14.9
黄体化ホルモン	mIU/mL	6.2 ± 3.8	4.3 ± 2.3
卵胞刺激ホルモン	mIU/mL	4.3 ± 1.3	5.5 ± 3.0
エストロゲン	pg/mL	25.4 ± 11.1	26.1 ± 12.4
プロゲステロン	ng/mL	0.9 ± 0.3	0.8 ± 0.1

平均値 ± 標準偏差

収縮期血圧 (SBP)、拡張期血圧 (DBP)、ならびに平均血圧 (MBP) の変化量の結果を図 1 に示す。一過性高強度運動後における収縮期血圧は両群ともに低下し、その程度は EA 群に比べ OA 群の低下率が大きかった (図 1A)。

心拍出量は、運動終了後増加した後に回復する動態を示したが群間差は認められなかった。また、全身血管抵抗および SBRS においては安静時も差はなく (全身血管抵抗: EA 群, 26.2 ± 5.8; OA 群, 28.4 ± 8.2 unit, SBRS: 46.8 ± 7.2; OA 群, 40.9 ± 5.2 ms/mmHg)、運動終了後の経時変化についても経時的な低下の後に回復する動態を示したが群間差は認められなかった (図 2A, B)。

さらに、安静時の血管内皮機能 %FMD は EA 群に比べて OA 群が低値を示す傾向がみられたが (EA 群, 10.1 ± 3.0; OA 群, 8.0 ± 2.5%)、有意差は認められなかった (表 2)。また各群において運動後の最大血圧低下量を求めたところ、EA 群に比べ OA 群の血圧低下量が有

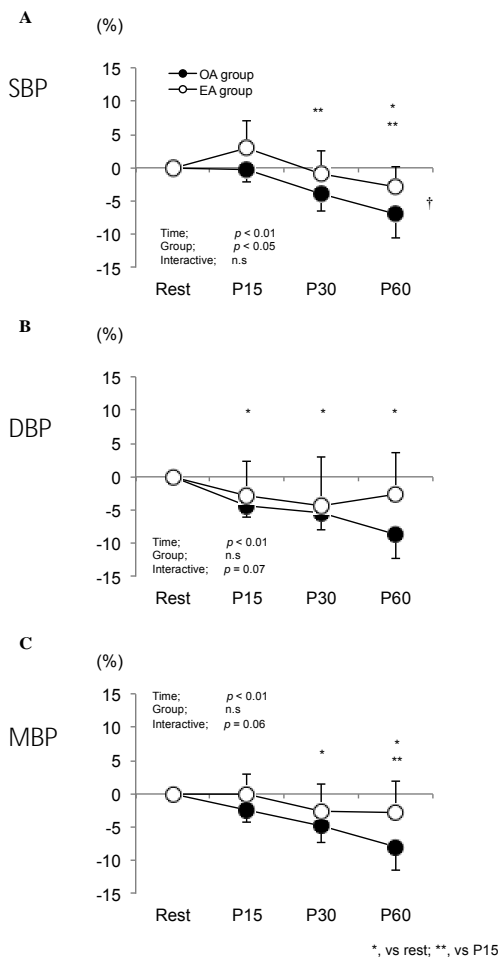


図1. 血圧応答 (変化率)

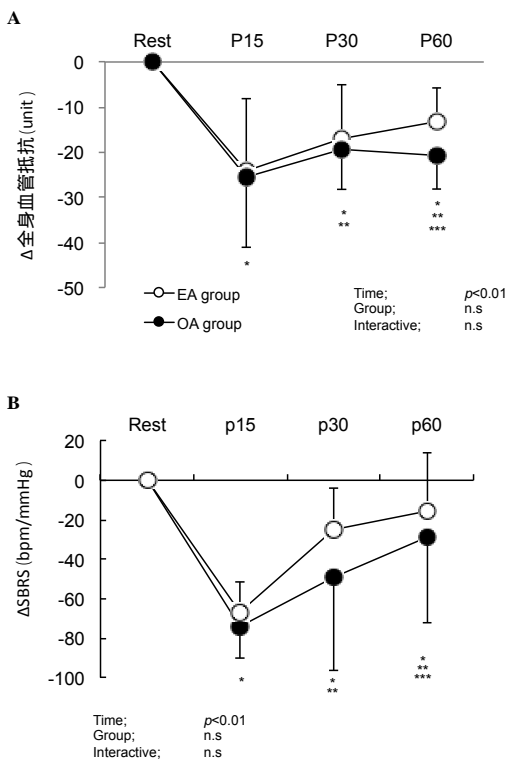


図2. 全身血管抵抗および SBRS の変化率

意に大きかった (表2)。しかしながら、安静時%FMD と最大血圧低下量の間には有意な関係は認められなかった (表2)。

表2. 血管内皮機能と血圧低下量の関係

	EA群		OA群		P値
%FMD	%	10.1 ± 3.0	8.0 ± 2.5	0.09	
最大SBP低下量	mmHg	-3.1 ± 2.79	-7.3 ± 3.2	< 0.05	
相関係数 r		0.43			0.08

Esformesらは、一般健常女性を対象に月経周期の卵胞期と黄体期において、PEH 応答を測定した結果、エストロゲン濃度が高い黄体期の運動後末梢血管抵抗が卵胞期に比べて高くなったために、PEH に対する緩衝能が高まる可能性を示している³⁾。本研究では、無月経を含む OA 群は慢性的な低エストロゲン状態に曝されていることから、周期的に高エストロゲンに暴露されている EA 群に比べて、PEH に対する緩衝能が低く、運動後血圧応答が大きくなるという仮説を立てた。実際に、一過性高強度運動後における収縮期血圧は両群ともに低下し、その程度は EA 群に比べ OA 群の低下率が大きかった。

また、O' Dannelらは、正常月経者に比べ運動性無月経アスリートにおいて末梢血管抵抗が高値を示す⁶⁾ことを報告していることから、全身血管抵抗の違いが、正常月経群と月経異常群で PEH 応答が異なるメカニズムの一つであると考えた。しかしながら、本研究結果において、全身血管抵抗に群間差は認められなかった (図2,A)。さらに、安静時の血管拡張能と運動後の血圧低下応答との関連を検証したが、有意な関係は認められなかった。

PEH 応答の違いには、血管内皮機能、血圧反射調節機能の他にも血液の粘性、大動脈の弾性、筋交感神経機能など様々な因子が関与している可能性があるがメカニズムは不明のままです。また、本研究で対象とした無月経者の平均無月経期間は 4.8 ヶ月であった。今後さらに無月経が長期化した場合には、さらに大きな PEH 応答が起き、運動後のコンディションに影響する可能性があることから、さらなる検討が必要である。

まとめ

正常月経アスリートおよび月経異常アスリートにおいて、一過性高強度運動終了後における血圧低下応答が認められた。また、その血圧の低下率は、正常月経者に比べて月経異常者のほうが大きく、月経周期の違いにより異なる応答が認められた。しかしながら、血圧低下応答の違いのメカニズムの一つとして、全身血管抵抗や自律神経機能、ならびに安静時の血管内皮機能の違いが関与していることは明らかにできなかった。

引用文献

- 1) Halliwill JR. Exerc Sport Sci Rev. 29(2):65-70, 2001.
- 2) Levine BD, et al., Circulation, 84: 1016-1023, 1993.
- 3) Esformes JI, et al., Med Sci Sports Exerc. 38(3): 484-491, 2006.
- 4) Nattiv A, et al., Med Sci Sports Exerc. 39(10): 1867-1882, 2007.
- 5) O'Donnell E, et al., Am J Physiol Endocrinol Metab. 292: E1401-E1409, 2007. Tamisier R, et al., J Appl Physiol. 98: 343-349, 2005.
- 6) O'Donnell E et al. Long-term estrogen deficiency lowers regional blood flow, resting systolic blood pressure, and heart rate in exercising premenopausal women. Am J Physiol Endocrinol Metab. 292(5): E1401-1409, 2007.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

中村真理子、斎藤陽子、江口和美、高橋英幸、月経異常アスリートにおける運動後の血圧低下応答と血管拡張能の関係、女性スポーツ医学会学術集会、12月、東京、2014年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村真理子 (NAKAMURA Mariko)

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・スポーツ科学部
研究員

研究者番号：30343677