

レジスタンス運動に対する循環応答の日内変動の解明 ー安全な筋力トレーニング実施タイミングの探索ー

堀 天^{1,2,3)}, 堀田典生²⁾

¹⁾ Department of Applied Clinical Research, University of Texas Southwestern Medical Center,

²⁾ 中部大学生命健康科学部 ³⁾ 日本学術振興会

1. 緒言

健康の維持・増進のために、有酸素運動だけでなく、筋力向上や筋肥大などの好ましい影響を与えるレジスタンス運動を取り入れることが推奨されている(Bull et al., 2020; Garber et al., 2011). 一方で、レジスタンス運動は、全身の血管抵抗の増大や息止めによる運動時の一過性の血圧上昇(昇圧応答)が大きくなりやすいという安全面の懸念点がある(Baum et al., 2003; Gjøvaag et al., 2016; MacDougall et al., 1985; Weippert et al., 2013). 運動時の過剰な昇圧応答は、急性心筋梗塞などの心血管イベント発生のリスクであることが報告されている(Hoberg et al., 1990; Mittleman et al., 1993). そのため、安全性の観点から、レジスタンス運動に対する過剰な昇圧応答を引き起こさないことが望まれる。

ヒトは、日内変動(サーカディアンリズム)と呼ばれる、約24時間周期で身体的、精神的、行動的な変化をもたらす生体リズムを有している。安静時の血圧には日内変動が存在することが知られており、基本的に朝の起床時に上昇し、夜間睡眠時に下降する傾向を有する(Kawano, 2011). 運動に対する昇圧応答に関して、自転車運動による有酸素運動に対する収縮期血圧(systolic blood pressure, SBP)には、日内変動が見られ、午前10時に最も低く、午前3時において昇圧応答が最も高くなることが報告されている(Scheer et al., 2010). また、等速性収縮および等尺性収縮運動直後の血圧は、およそ午前0時30分から2時の間が最も高いことが示されている(Cabri et al., 1988). 一方で、日常生活における身体活動に対する血圧応答を評価した先行研究では、午前8時から10時の間が最も昇圧応答が大きくなることを報告している(Jones et al., 2006). 以上より、朝、もしくは深夜の時間帯に運動時循環応答が最も増大する可能性が予想されるものの、一致した見解が得られていない。さらに、我々が知る限り、一般的に用いられる動的収縮を用いたレジスタンス運動中の循環動態に対する日内変動はいまだ検討されていない。

そこで、本研究は、動的収縮を用いたレジスタンス運動に対する昇圧応答における日内変動を検討することを本研究の目的とした。我々は、先行研究を踏まえ、朝または深夜にレジスタンス運動に対する昇圧応答が増大すると仮説を立て、朝と深夜そして、対照の時間帯として、夕方にプリチャーカールを実施し、その運動に対する昇圧応答を評価することにした。

2. 方法

2-1. 被検者

本研究は、中部大学倫理委員会の承認の下で行われ(承認番号: 20210029)、測定開始前に本研究の目的、方法を説明した後に、被検者全員から本研究への参加の同意を得た。

競技スポーツ選手でなく、喫煙習慣や慢性疾患を有さない健康な男子学生10名(身長: 170 ± 6 cm, 体重: 68 ± 9 kg, 年齢: 21 ± 1 歳)が本研究に参加した。

本研究では、クロノタイプがレジスタンス運動に対する昇圧応答に影響を及ぼす可能性を考慮

し、Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) 質問紙 (Horne and Ostberg, 1976) を用いてクロノタイプを評価した。MEQ は、19 の質問からなり、16 点から 86 点の範囲の点数が与えられ、点数が高いほど朝型であることを示す。本研究では、個人の極端なクロノタイプの影響を排除するために、非極性なクロノタイプ (31-69 点) と評価された者を本研究の対象とした。

2-2. 測定手順

全ての被検者は、4 回の測定に参加した。1 回目の測定では、本実験の説明、MEQ を用いたアンケート調査、そしてレジスタンス運動の強度の決定のために、片腕プリチャーカールの 1 回最大挙上重量 (One repetition maximum, 1RM) を、先行研究の方法に従って測定した (Baechle and Earle, 2008)。2, 3, 4 回目では、レジスタンス運動の測定を、午前 8 時 (朝試行)、午後 4 時 (夕方試行)、および午前 0 時 (深夜試行) に実施した。これら 3 試行は試行間で 5 日以上あけ、ランダムオーダーにて実施した。測定の 24 時間前からカフェインとアルコール摂取および激しい運動の実施を禁止し、6 時間前から水以外の飲食を禁止した。また、実験直前の睡眠の影響を除去するために、実験直前の就寝時間と起床時間を 3 試行全てで統一した。なお、全ての被検者は朝試行の 2 時間前である 6 時までに起床した。

2-3. レジスタンス運動と運動後虚血

本研究では、異なる 2 種類の強度の片腕プリチャーカールをレジスタンス運動として採用した。なお、全被検者は、片腕プリチャーカールを左腕で実施した。運動前に十分な座位安静をとった後に、低強度のレジスタンス運動として、20%1RM 強度にて、肘関節の完全屈強 3 秒に続き、完全伸展を 3 秒かけて行うプリチャーカールを 1 セットにつき 10 rep, 1 分間の安静をはさんで 2 セット行った。その後、2 分間の安静の後に、高強度のレジスタンス運動として、70%1RM 強度にて、20%1RM の時と同様の方法で、プリチャーカールを 2 セット行った。屈曲・伸展のスピードはメトロノームと測定者の口頭によるフィードバックにて一定になるようにした。また、測定中は呼吸を自然に行うように、適宜測定者が声を掛けた。

70%1RM 強度の 2 セット目の 10 rep 目の完全伸展の直前 (運動終了 3 秒前) に、rapid cuff inflator (E20, Hokanson, USA) を用いて、左上腕に巻いたカフ (SC5, Hokanson, USA) を 250 mmHg に加圧することで活動筋に対する運動後虚血 (post-exercise muscle ischemia, PEMI) を実施した。これは、循環応答における活動筋からのフィードバック調節機構である運動昇圧反射の内の代謝性成分である筋代謝受容器反射を評価するために実施した。PEMI は 2 分間行い、その間、被検者は安静を維持した。

2-4. 測定項目

2-4-1. 血圧および心拍数

循環指標として、SBP, 拡張期血圧 (diastolic blood pressure, DBP) をオシロメトリック法による血圧測定計 (Tango +, Sun Tech Medical Instruments, USA) を用いて測定し、心拍数は、心電図 (Tango +) を用いて測定した。SBP, DBP, 心拍数は、運動前の安静時に 1 回、レジスタンス運動の各セット中に 1 回ずつ、運動後虚血の 1 分ごとに 1 回、計 7 回測定した。

2-4-2. 血中乳酸および自覚的運動強度

20%1RM および 70%1RM のレジスタンス運動の 2 セット目終了直後、および PEMI 終了直後に、左手の人差し指から指尖による採血にて、簡易血中乳酸測定器 (Lactate Pro2, アークレイ, 日本) を用いて、血中乳酸濃度を評価した。

20%1RM および 70%1RM のレジスタンス運動の各セット終了直後に、ボルグスケール (Borg et al., 1982) を用いて、自覚的運動強度 (rating of perceived exertion, RPE) を評価した。

2-5. データの解析および統計分析

レジスタンス運動および PEMI に対する SBP, DBP, 心拍数応答は、安静時の値からの差分 (Δ) にて評価した。また血中乳酸においても安静時からの Δ 値を求め、応答を評価した。

最初に Shapiro-Wilk 検定を行い、データの正規性を評価した。安静時 SBP, DBP, 心拍数、および血中乳酸の試行間の比較には、対応のある一要因分散分析またはフリードマン検定を行い、有意であった場合は、Fisher's test または Dunn's test による多重比較を行った。

血圧および心拍数応答に関して、各強度の 1 セット目と 2 セット目の平均値と、PEMI の 1 分目と 2 分目の平均値を求め、試行間の比較を一要因分散分析またはフリードマン検定にて行い、有意であった場合は、Fisher's test または Dunn's test による多重比較を行った。

RPE は運動強度ごとに対応のある二要因分散分析を行った (試行 [朝試行, 夕試行, 深夜試行] \times セット [1 セット目, 2 セット目])。交互作用または主効果が有意であった場合、Fisher's test による多重比較を行った。血中乳酸応答においも、対応のある二要因分散分析を行った (試行 [朝試行, 夕試行, 深夜試行] \times 刺激 [安静, 20%1RM, 70%1RM, PEMI])。交互作用または主効果が有意であった場合、Fisher's test または、Benjamini-Hochberg 法による多重比較を行った。

統計解析には、SPSS 28.0 ソフトウェア (IBM, Armonk, NY, USA) を用いた。値は平均値 \pm 標準偏差で示し、有意水準は 5%未満とした。

3. 結果

表 1 には、安静時の血圧、心拍数、および血中乳酸の値を示している。これらの値は試行間に有意差はみられなかった。

レジスタンス運動および PEMI に対する血圧および心拍数応答について、 Δ SBP は、20%1RM において、深夜試行が朝試行および夕方試行に対して有意に高値を示した (図 1)。70%1RM においても、深夜試行が朝試行および夕方試行に対して有意に高値を示した (図 1)。一方で、PEMI に対する Δ SBP は、試行間に有意差は見られなかった (図 1)。 Δ DBP と Δ HR は、20%1RM および 70%1RM において、試行間で有意差は見られなかった (表 2)。また、PEMI に対する Δ DBP と Δ HR においても、試行間に有意差は見られなかった (表 2)。

RPE について、20%1RM では、有意な交互作用および試行の主効果は見られなかったが、有意なセットの主効果が見られ、試行に関係なく、2 セット目は 1 セット目に比べて有意に高値を示した (朝試行: 1 セット目, 8.8 ± 2.0 , 2 セット目, 9.7 ± 1.8 ; 夕試行: 1 セット目, 8.9 ± 1.7 , 2 セット目, 9.9 ± 1.7 ; 深夜試行: 1 セット目, 9.2 ± 1.9 , 2 セット目, 10.0 ± 1.9 , 試行の主効果: $P=0.81$, セットの主効果: $P<0.05$, 交互作用: $P=0.68$)。70%1RM においても、有意な交互作用および試行の主効果は見られない一方で、有意なセットの主効果が見られ、試行に関係なく、2 セット目は 1 セット目に比べて有意に高値を示した (朝試行: 1 セット目, 14.2 ± 0.9 , 2 セット目, 16.2 ± 1.0 ; 夕試行: 1 セット目, 13.8 ± 0.9 , 2 セット目, 16.7 ± 1.6 ; 深夜試行: 1 セット目, 14.7 ± 1.1 , 2 セッ

ト目, 16.9 ± 1.9 , 試行の主効果: $P = 0.11$, セットの主効果: $P < 0.05$, 交互作用: $P = 0.18$).

血中乳酸応答において, 有意な交互作用および, 試行の主効果は見られなかったが, 有意な刺激の主効果が見られた (朝試行: 20%1RM, 0.2 ± 0.5 mM, 70%1RM, 1.4 ± 1.0 mM; PEMI, 2.4 ± 3.3 mM; 夕試行: 20%1RM, 0.3 ± 0.3 mM, 70%1RM, 1.3 ± 0.7 mM; PEMI, 0.9 ± 0.6 mM, 深夜試行: 20%1RM, 0.1 ± 0.3 mM, 70%1RM, 1.2 ± 0.4 mM; PEMI, 1.5 ± 2.2 mM, 試行の主効果: $P = 0.28$, 刺激の主効果: $P < 0.05$, 交互作用: $P = 0.23$). 試行に関係なく, 安静時と比して, 20%1RM, 70%1RM, PEMI で有意な高値を示し ($P < 0.05$), 70%1RM と PEMI は, 20%1RM と比して有意な高値を示した ($P < 0.05$).

4. 考察

我々が知る限り, 本研究により, 深夜に実施する動的なレジスタンス運動に対する昇圧応答は, 朝および夕方におけるそれと比べて高くなることを新たに明らかにした.

4-1. 深夜にレジスタンス運動に対する昇圧応答が増大する機序

本研究では, 深夜中の 20%1RM および 70%1RM の片腕プリチャーカールに対する昇圧応答は朝や夕方中の同様のレジスタンス運動に対する昇圧応答よりも有意に増大した. 従って, 深夜は運動に対する昇圧応答が亢進することが示唆された.

深夜運動時の循環応答は, 主にセントラルコマンド, 運動昇圧反射, および動脈圧受容器反射の3つの神経性循環調節機構によって制御されている(Hori et al., 2023).

セントラルコマンドとは, 上位脳からの運動を行うための信号が, 循環中枢の延髄を刺激することで交感神経活動を増大させて昇圧応答を引き起こすフィードフォワード機構である(Williamson et al., 2006). これまでに, セントラルコマンドは運動に対する努力感覚に依存して昇圧応答を引き起こすことが示唆されている(Gandevia et al., 1993; Williamson et al., 2001). 本研究では, 自覚的運動強度の指標とした RPE は, 試行間で有意差は見られなかった. 加えて, セントラルコマンドは心拍数の増大に大きく寄与することが報告されているが(Querry et al., 2001), レジスタンス運動に対する心拍数応答にも試行間に有意な差は見られなかった. これらの結果から, 深夜にセントラルコマンドの変容が起こったとは考えにくい. しかし, 直接的にセントラルコマンドを評価していないため, 今後より詳細に検討する必要がある.

運動昇圧反射とは, 活動筋の伸長や短縮などの機械刺激や, 代謝産物などによる化学刺激を, 細径求心神経を介して延髄に伝え, 交感神経活動を増大させて昇圧応答を引き起こすフィードバック性の循環調節機構である(Hori et al., 2023). このうち, 機械刺激に伴う昇圧反射は筋機械受容器反射と呼ばれ, 活動筋への化学刺激に伴う昇圧反射を, 筋代謝受容器反射と呼ぶ. 本研究では, 筋代謝受容器反射を評価するために, PEMI を実施したところ, PEMI に対する昇圧応答は, 試行間に有意差は見られなかった. また, 乳酸応答は, 試行間に有意差は見られなかったことから, 深夜に活動筋における代謝産物の産生量の変化が起こったとは考えにくい. 以上のことから, 深夜に筋代謝受容器反射の変容は起こらなかったと推察される. 一方で, 本研究では, 20%1RM のレジスタンス運動に対する昇圧応答が深夜に亢進した. 筋機械受容器反射は, 主に低強度の動的運動や運動開始直後の昇圧応答を担うとされている(Fadel, 2015; Teixeira and Vianna, 2022). また, 乳酸応答に関して, 20%1RM に対する乳酸応答は, 70%1RM や PEMI に対する乳酸応答よりも有意に低値であったことから, 20%1RM に対する昇圧応答への筋代謝受容器反射の寄与は, 70%1RM

やPEMIと比して小さかったと推察できる。従って、深夜による昇圧応答の増大に、筋機械受容器反射の亢進が関与していた可能性がある。今後、深夜に筋機械受容器反射が増大する機序を検討する必要がある。

動脈圧受容器反射とは、頸動脈洞と大動脈弓に位置する圧受容器が血圧の変化を感知し、自律神経活動を介して安静時および運動時のBPと心拍数を調節するネガティブフィードバック調節機構である(Fadel and Raven, 2012)。本研究において、動脈圧受容器反射の機能を評価していないため、その日内変動は明らかにできないが、安静時のBPおよび心拍数に試行間で有意差は見られなかった。従って、少なくとも安静時において動脈圧受容器反射のオペレーティングポイントは時間帯によって変化しなかったと推察される。一方で、運動時には動脈圧受容器反射は、リセッティングが行われることにより、オペレーティングポイントが上方にシフトすることが知られている(Fadel and Raven, 2012; McIlveen et al., 2001)。重要なことに、運動時の動脈圧受容器反射のリセッティングには、セントラルコマンドや運動昇圧反射が関与するが(Komine et al., 2003; McIlveen et al., 2001)、筋機械受容器反射は、動脈圧受容器反射のオペレーティングポイントを上方にシフトさせることが報告されている(Yamamoto et al., 2004)。そのため、深夜には筋機械受容器反射を介した動脈圧受容器反射のリセッティングが変容した可能性があるため、今後詳細な検討が必要である。

4.2. スポーツ分野における本研究の意義

近年、24時間営業のフィットネスジムや、パーソナルトレーニングの普及が、運動実施の時間帯に多様性をもたらし、個人の都合にあった時間帯で運動が実施しやすくなった。一次予防やリハビリテーションの観点において、安全に運動を実施することが運動処方への価値を高める上で重要である。運動時の過剰な昇圧応答は、急性心筋梗塞などの心血管イベント発生のリスクであることが報告されている(Hoberg et al., 1990; Mittleman et al., 1993)。近年、健康増進やリハビリテーションを目的とした場合でもレジスタンス運動を行うことが推奨されているが(Bull et al., 2020; Garber et al., 2011)、レジスタンス運動は、全身の血管抵抗の増大や息止めによる運動時の昇圧応答が大きくなりやすいことが懸念されている(Baum et al., 2003; Gjøvaag et al., 2016; MacDougall et al., 1985; Weippert et al., 2013)。そのため、健康増進やリハビリテーションでレジスタンス運動を用いる際には、一過性の血圧上昇が亢進しないような運動プログラムを作成することが求められる。本研究結果は、そのような運動プログラムを作成する際に、循環応答の安全面から実施する時間帯も考慮しなければならないことを示唆するものである。

5. 結論

本研究では、深夜の動的なレジスタンス運動に対する昇圧応答は、朝や夕方に行う動的なレジスタンス運動に対する昇圧応答と比べて高くなることを明らかにした。この結果から、深夜には、運動に対する一過性の血圧上昇が亢進することが示唆される。

6. 謝辞

本研究に対して多大な助成を賜りました公益財団法人ミズノスポーツ振興財団に深謝申し上げます。

参考文献

- Baechle, T.R., Earle, R.W., 2008. *Essentials of Strength Training and Conditioning*, Champaign.
- Baum, K., R  ther, T., Essfeld, D., 2003. Reduction of blood pressure response during strength training through intermittent muscle relaxations. *Int. J. Sports Med.* 24, 441–445.
- Bull, F.C., Al-Ansari, S.S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M.P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P.C., Dipietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C.M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P.T., Lambert, E., Leitzmann, M., Milton, K., Ortega, F.B., Ranasinghe, C., Stamatakis, E., Tiedemann, A., Troiano, R.P., Van Der Ploeg, H.P., Wari, V., Willumsen, J.F., 2020. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br. J. Sports Med.* 54, 1451–1462.
- Cabri, J., De Witte, B., Reilly, T., Strass, D., 1988. Circadian variation in blood pressure responses to muscular exercise. *Ergonomics* 31, 1559–1565.
- Fadel, P.J., 2015. Reflex control of the circulation during exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 25, 74–82.
- Fadel, P.J., Raven, P.B., 2012. Human investigations into the arterial and cardiopulmonary baroreflexes during exercise. *Exp. Physiol.* 97, 39–50.
- Gandevia, S.C., Killian, K., McKenzie, D.K., Crawford, M., Allen, G.M., Gorman, R.B., Hales, J.P., 1993. Respiratory sensations, cardiovascular control, kinaesthesia and transcranial stimulation during paralysis in humans. *J. Physiol.* 470, 85–107.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.-M., Nieman, D.C., Swain, D.P., 2011. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43, 1334–1359.
- Gj  vaag, T.F., Mirtaheri, P., Simon, K., Berdal, G., Tuchel, I., Westlie, T., Bruusgaard, K.A., Nilsson, B.B., Hisdal, J., 2016. Hemodynamic responses to resistance exercise in patients with coronary artery disease. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48, 581–588.
- Hoberg, E., Schuler, G., Kunze, B., Obermoser, A.-L., Hauer, K., Mautner, H.-P., Schlierf, G., K  bler, W., 1990. Silent myocardial ischemia as a potential link between lack of premonitoring symptoms and increased risk of cardiac arrest during physical stress. *Am. J. Cardiol.* 65, 583–589.
- Hori, A., Fukazawa, A., Katanosaka, K., Mizuno, M., Hotta, N., 2023. Mechanosensitive channels in the mechanical component of the exercise pressor reflex. *Auton. Neurosci. Basic Clin.* 250, 103128.
- Horne, J.A., Ostberg, O., 1976. A self assessment questionnaire to determine Morningness Eveningness in human circadian rhythms. *Int. J. Chronobiol.* 4, 97–110
- Jones, H., Atkinson, G., Leary, A., George, K., Murphy, M., Waterhouse, J., 2006. Reactivity of ambulatory blood pressure to physical activity varies with time of day. *Hypertension* 47, 778–784.
- Kawano, Y., 2011. Diurnal blood pressure variation and related behavioral factors. *Hypertens. Res.* 34, 281–285.
- Komine, H., Matsukawa, K., Tsuchimochi, H., Murata, J., 2003. Central command blunts the baroreflex bradycardia to aortic nerve stimulation at the onset of voluntary static exercise in cats. *Am. J. Physiol. - Hear. Circ. Physiol.* 285, 516–526.
- MacDougall, J.D., Tuxen, D., Sale, D.G., Moroz, J.R., Sutton, J.R., 1985. Arterial blood pressure response

- to heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 58, 785–790.
- McIlveen, S.A., Hayes, S.G., Kaufman, M.P., 2001. Both central command and exercise pressor reflex reset carotid sinus baroreflex. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 280, H1454–H1463.
- Mittleman, M.A., Maclure, M., Tofler, G.H., Sherwood, J.B., Goldberg, R.J., Muller, J.E., 1993. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion -- protection against triggering by regular exertion. *N. Engl. J. Med.* 329, 1677–1683.
- Querry, R.G., Smith, S.A., Strømstad, M., Ide, K., Raven, P.B., Secher, N.H., 2001. Neural blockade during exercise augments central command's contribution to carotid baroreflex resetting. *Am. J. Physiol. - Hear. Circ. Physiol.* 280, 1635–1644.
- Scheer, F.A.J.L., Hu, K., Evoniuk, H., Kelly, E.E., Malhotra, A., Hilton, M.F., Shea, S.A., 2010. Impact of the human circadian system, exercise, and their interaction on cardiovascular function. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 20541–20546.
- Teixeira, A.L., Vianna, L.C., 2022. The exercise pressor reflex: An update. *Clin. Auton. Res.* 32, 271–290.
- Weippert, M., Behrens, K., Rieger, A., Stoll, R., Kreuzfeld, S., 2013. Heart rate variability and blood pressure during dynamic and static exercise at similar heart rate levels. *PLoS One* 8, 1–8.
- Williamson, J.W., Fadel, P.J., Mitchell, J.H., 2006. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central command update. *Exp. Physiol.* 91, 51–58.
- Williamson, J.W., Mccoll, R., Mathews, D., Mitchell, J.H., Raven, P.B., Morgan, W.P., 2001. Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: Cardiovascular responses and brain activation. *J. Appl. Physiol.* 90, 1392–1399.
- Yamamoto, K., Kawada, T., Kamiya, A., Takaki, H., Miyamoto, T., Sugimachi, M., Sunagawa, K., 2004. Muscle mechanoreflex induces the pressor response by resetting the arterial baroreflex neural arc. *Am. J. Physiol. - Hear. Circ. Physiol.* 286, 1382–1388.

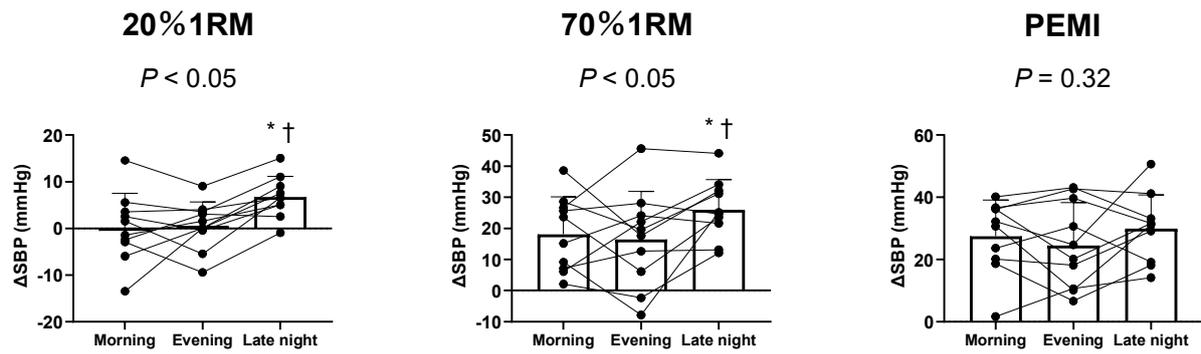


図 1. 20%1RM および 70%1RM のレジスタンス運動と運動後虚血 (PEMI) に対する収縮期血圧応答 (Δ SBP).

Morning, 朝試行; Evening, 夕試行; Late night, 深夜試行. 黒色の円は個別データを示す. *, $P < 0.05$ vs Morning; †, $P < 0.05$ vs Evening. 値は平均値 \pm 標準偏差.

表 1. 安静時の収縮期血圧 (SBP), 拡張期血圧 (DBP), 心拍数 (HR) および血中乳酸 (Blood lactate).

	Morning	Evening	Late night	<i>P</i> value
SBP (mmHg)	108 ± 11	111 ± 14	106 ± 9	0.24
DBP (mmHg)	62 ± 9	60 ± 6	61 ± 9	0.86
HR (bpm)	73 ± 13	76 ± 12	68 ± 11	0.28
Blood lactate (mM)	1.3 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.3 ± 0.2	0.67

Morning, 朝試行 ; Evening, 夕試行 ; Late night, 深夜試行. 値は平均値±標準偏差.

表 2. 20%1RM および 70%1RM のレジスタンス運動と運動後虚血 (PEMI) に対する拡張期血圧 (Δ DBP) および心拍数応答 (Δ HR).

<i>20%1RM</i>			
Δ DBP (mmHg)	Morning	3.8 \pm 6.5	<i>P</i> = 0.28
	Evening	4.9 \pm 9.8	
	Late night	4.2 \pm 9.1	
Δ HR (bpm)	Morning	3.3 \pm 8.4	<i>P</i> = 0.88
	Evening	3.3 \pm 6.4	
	Late night	4.7 \pm 9.4	
<i>70%1RM</i>			
Δ DBP (mmHg)	Morning	15.1 \pm 5.3	<i>P</i> = 0.71
	Evening	14.7 \pm 10.9	
	Late night	18.1 \pm 12.8	
Δ HR (bpm)	Morning	29.5 \pm 14.0	<i>P</i> = 0.76
	Evening	27.2 \pm 15.8	
	Late night	27.0 \pm 11.6	
<i>PEMI</i>			
Δ DBP (mmHg)	Morning	18.8 \pm 6.8	<i>P</i> = 0.66
	Evening	22.1 \pm 14.9	
	Late night	20.6 \pm 12.8	
Δ HR (bpm)	Morning	5.0 \pm 10.3	<i>P</i> = 0.60
	Evening	9.0 \pm 10.5	
	Late night	7.2 \pm 17.9	

Morning, 朝試行 ; Evening, 夕試行 ; Late night, 深夜試行. 値は平均値 \pm 標準偏差.