

安静時正常血圧者における 運動負荷時過剰血圧上昇の意義

—仮面高血圧との関係—

伊藤 正洋¹⁾、齋藤麻里子²⁾、田中 典子²⁾、荒川 正昭²⁾

1) 新潟大学医学部総合医学教育センター

2) 新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター

はじめに

平成27年国民健康・栄養調査では、20歳以上の日本人男性の34.1%、女性の25.1%が収縮期血圧140mmHg以上と報告されている¹⁾。血圧が高くなるほど、全心血管病、脳卒中、心筋梗塞、慢性腎臓病などの罹患リスクおよび死亡リスクは上昇する^{2) 3)}。血圧と心血管病リスクとの関連を検討した研究の多くは診察室血圧、あるいは健診時血圧を診断に用いている(表1)。一方、家庭で測定された家庭血圧、24時間自由行動下血圧(Ambulatory Blood Pressure Monitoring: ABPM)は、診察室血圧値よりも生命予後の優れた予知因子であると報告されている^{4) 5)}。高血圧治療ガイドライン2014においても、診察室血圧および家庭血圧の両者に較差

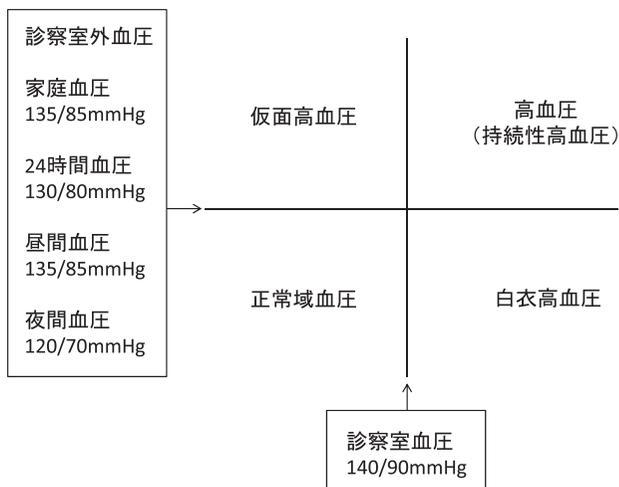
がある場合は、家庭血圧による高血圧診断を優先することが記載されている⁶⁾。診察室では正常域血圧ながら、診察室外血圧が高い仮面高血圧群は、臓器障害、心血管イベントのリスクが持続的高血圧患者と同程度に高く、降圧治療の対象となる⁷⁾(図1)。

新潟県健康づくり・スポーツ医科学センターでは2002年の開設時より、新潟市民、県民のための健康づくり支援として〈健康づくりコース〉を開講している。生活習慣病・メタボリックシンドロームの患者、予備軍、さらに一層の健康を願う人達を対象に、適正な食事と運動の学習、その実践を通して生活習慣の改善を図るプログラムを、当センターおよび自宅で行う3ヶ月のコースである⁸⁾。コースでは、安静時血

表1. 異なる測定法における高血圧基準

| | 収縮期血圧(mmHg) | | 拡張期血圧(mmHg) |
|---------|-------------|--------|-------------|
| 診察室血圧 | ≥140 | かつ/または | ≥90 |
| 家庭血圧 | ≥135 | かつ/または | ≥85 |
| 自由行動下血圧 | | | |
| 24時間 | ≥130 | かつ/または | ≥80 |
| 昼間 | ≥135 | かつ/または | ≥85 |
| 夜間 | ≥120 | かつ/または | ≥70 |

高血圧治療ガイドライン(JSH2014)



高血圧治療ガイドライン2014を改変

図1. 診察室血圧と診察室外血圧

圧は正常範囲ながら、運動によって過剰な昇圧反応を示す症例（Hypertensive response to exercise: HRE）に遭遇することがある。HRE症例は、将来の高血圧発症が有意に高いことが報告されている⁹⁾。しかし、HREの明確な診断基準はなく、治療介入についても統一した見解は無い。運動時の過度な血圧上昇の意義、定義を検討して、治療介入の必要性、最適な治療法を見出すことは重要な命題と考える。

本研究では、健康づくりコースを受講した安静時正常血圧症例を対象とし、運動負荷時の血圧とABPMの関連を検討することで、運動負荷時過剰血圧上昇の意義、治療介入の可能性について検討を行った。

対象と方法

2014年-2016年に新潟県健康づくり・スポーツ医科学センターで健康づくりコースを受講した女性133名を対象とした。高血圧と診断されている受講者、センター診察室での血圧、運動負荷（自転車エルゴメーター）時の安静時血圧が収縮期血圧140mmHg以上、あるいは拡張期血圧90mmHg以上であった受講者は分析対象より外した。診察室血圧、運動負荷時の安静時血圧が共に正常域で、ABPMの施行に同意をえた30名を最終的な分析対象者とした。コース

開始時に身体計測、血液、心電図検査、自転車エルゴメーター運動負荷試験、ABPM測定を行い、データを後ろ向きに分析した。健康づくりコース開始時ABPMの結果をもとに、正常域血圧群（ $n=20$ ）と仮面高血圧群（ $n=10$ ）に分け、自転車エルゴメーター運動負荷に対する血圧変動のデータ解析を行った。

自転車エルゴメーター運動負荷試験はフクダ電子のマルチエクササイズテストシステムML-1800を用い、自覚症状や目標心拍数などの中止基準で負荷をやめる症状制約型（symptom-limited）試験を行った。負荷は25ワットより開始し、3分ごとに25ワットずつ漸増した。1分毎に主観的負担度をボルグ・スケール（表2）で確認した。

ABPMはホルター自動連続血圧計FB-270（フクダ電子）を用い、測定間隔は日中（6:00-23:00）30分、夜間（23:00-6:00）1時間とし、脈拍数も併せて測定した。

動脈硬化指標として心臓足首血管指数（Cardio-Ankle Vascular Index: CAVI）をVaSera VS-1500（フクダ電子）を用いて測定した。

統計学的解析に関して、すべての測定データは、平均値±標準偏差で表記した。運動時異常血圧の有無による症例背景の違いをMann-

表2. ボルグ・スケール

| 等級 | 主観的運動強度 |
|----|---------|
| 6 | |
| 7 | 非常に楽である |
| 8 | |
| 9 | かなり楽である |
| 10 | |
| 11 | 楽である |
| 12 | |
| 13 | ややきつい |
| 14 | |
| 15 | きつい |
| 16 | |
| 17 | かなりきつい |
| 18 | |
| 19 | 非常にきつい |
| 20 | |

表3. 24時間自由行動下血圧

| | 正常域血圧群 (n=20) | 仮面高血圧群 (n=10) | P値 |
|--------------|------------------|------------------|-------|
| 24時間 | | | |
| 収縮期血圧 (mmHg) | 115.9±8.8 | 147.2±8.9 | <0.01 |
| 拡張期血圧 (mmHg) | 74.8±7.5 | 93.3±5.4 | <0.01 |
| 心拍数 (/分) | 71.4±6.3 | 76.9±9.6 | 0.14 |
| 昼間 | | | |
| 収縮期血圧 (mmHg) | 119.5±8.4 | 150.2±9.3 | <0.01 |
| 拡張期血圧 (mmHg) | 77.0±6.8 | 95.9±5.1 | <0.01 |
| 心拍数 (/分) | 76.2±9.5 | 81.8±8.5 | 0.13 |
| 夜間 | | | |
| 収縮期血圧 (mmHg) | 113.5±11.2 | 145.4±9.9 | <0.01 |
| 拡張期血圧 (mmHg) | 73.9±9.1 | 92.0±6.5 | <0.01 |
| 心拍数 (/分) | 67.9±6.3 | 76.2±14.7 | 0.13 |

Whitney検定を行った。負荷開始3分後の収縮期血圧と正常血圧群、仮面高血圧群の関係は χ^2 乗検定を行った。いずれも $p < 0.05$ の場合に有意差ありと判定した。

倫理的配慮として、研究者が研究の主旨とデータの公開方法、個人情報保護について十分説明し、調査対象者の同意を得た。研究計画については、新潟県医科学スポーツセンター倫理委員会で承認を得た。

結果

1. 患者背景

健康づくりコース開始時のABPMの結果に基づき、正常域血圧群 (n=20) と仮面高血圧群 (n=10) の2群に分けた (表3)。両群の背景を表4に示す。年齢、HDLコレステロール、ヘモグロビンA1c、CAVIの値で仮面高血圧群が高い傾向であった。

表4. 被験者背景

| | 正常域血圧群 (n=20) | 仮面高血圧群 (n=10) | P値 |
|--------------------------|------------------|------------------|------|
| 年齢(歳) | 53±11 | 62±9 | 0.12 |
| 肥満指数(kg/m ²) | 23.5±3.4 | 26.1±2.9 | 0.14 |
| 収縮期血圧(mmHg) | 125.8±14.1 | 131.2±6.9 | 0.30 |
| 拡張期血圧(mmHg) | 77.6±9.1 | 83.8±6.6 | 0.16 |
| 心拍数(/分) | 71.0±10.9 | 71.6±4.3 | 0.85 |
| 総コレステロール(mg/dL) | 236.8±37.2 | 236.0±26.3 | 0.95 |
| HDLコレステロール(mg/dL) | 71.8±14.9 | 60.0±10.3 | 0.07 |
| LDLコレステロール(mg/dL) | 141.9±36.0 | 150.5±22.1 | 0.53 |
| 中性脂肪(mg/dL) | 115.2±69.3 | 155.0±60.5 | 0.24 |
| ヘモグロビンA1c(%) | 5.5±0.2 | 5.9±0.4 | 0.09 |
| CAVI | 7.2±1.5 | 8.3±1.0 | 0.10 |

CAVI: Cardio Ankle Vascular Index

表5 a. 運動負荷所見

| | 正常域血圧群 (n=20) | 仮面高血圧群 (n=10) | P値 |
|-------------|------------------|------------------|-------|
| 安静時 | | | |
| 収縮期血圧(mmHg) | 120.1±14.4 | 131.7±6.9 | 0.01 |
| 拡張期血圧(mmHg) | 74.2±8.2 | 81.1±8.2 | 0.10 |
| 心拍数(/分) | 80.7±10.8 | 78.4±9.6 | 0.63 |
| 25ワット | | | |
| 収縮期血圧(mmHg) | 143.1±19.9 | 168.1±15.2 | <0.01 |
| 拡張期血圧(mmHg) | 76.2±10.6 | 87.8±9.4 | 0.02 |
| 心拍数(/分) | 93.0±13.4 | 91.4±13.2 | 0.80 |
| 50ワット | | | |
| 収縮期血圧(mmHg) | 161.6±22.0 | 194.4±20.1 | <0.01 |
| 拡張期血圧(mmHg) | 78.4±11.8 | 96.8±9.3 | <0.01 |
| 心拍数(/分) | 111.5±16.6 | 109.1±10.0 | 0.67 |
| 運動終了時 | | | |
| 収縮期血圧(mmHg) | 197.2±19.3 | 220.5±14.5 | <0.01 |
| 拡張期血圧(mmHg) | 88.8±12.3 | 107.2±11.3 | <0.01 |
| 心拍数(/分) | 140.3±17.4 | 129.4±14.7 | 0.15 |

2. 運動負荷による変化

正常域血圧群と仮面高血圧群とも、安静時の収縮期血圧、拡張期血圧は高血圧診断基準以下であるが、仮面高血圧群は正常域血圧群に比し、安静時収縮期血圧が有意に高値であった(表5 a)。正常域血圧群と仮面高血圧群の平均

血圧は、25ワット3分後143/76mmHg、168/88mmHg、50ワット6分後161/78mmHg、194/97mmHgであり、いずれのステージでも、仮面高血圧群の収縮期血圧は正常域血圧群に比し、有意に高かった。心拍数は、いずれのステージでも両群間に有意差は認めなかった。ガイドラ

表5 b. ボルグ・スケールで「ややきつい」と自覚した際の運動負荷所見

| | 正常域血圧群 (n=20) | 仮面高血圧群 (n=10) | P値 |
|--------------|------------------|------------------|-------|
| 収縮期血圧 (mmHg) | 165.0±22.9 | 199.1±19.4 | 0.01 |
| 拡張期血圧 (mmHg) | 78.4±10.3 | 100.0±9.9 | <0.01 |
| 心拍数 (/分) | 105.4±12.1 | 109.3±16.1 | 0.64 |

表6 a. 25ワット3分負荷時の収取期血圧による違い

| | 正常域血圧群(n=20) | 仮面高血圧群(n=10) | |
|-------------|--------------|--------------|--------|
| 血圧170mmHg以上 | 1名 | 8名 | P<0.01 |
| 血圧170mmHg未満 | 19名 | 2名 | |

表6 b. 25ワット3分負荷時の自覚症状

| | 正常域血圧群 (n=20) | 仮面高血圧群 (n=10) | P value |
|----------|---------------|---------------|---------|
| ボルグ・スケール | 10.0±1.1 | 10.1±1.5 | 0.89 |

インで推奨されている、生活習慣修正のため運動強度（自覚的所見から推定するボルグ・スケールで「ややきつい」程度）に到達した際の血圧は、両群でそれぞれ165/78mmHg、199/100mmHgであり、仮面高血圧群で高値であった（収縮期血圧p=0.01、拡張期血圧p<0.01）（表5 b）。また、負荷開始3分後（25ワット3分後）の収縮期血圧が170mmHg以上であった症例は、正常域血圧群では20名中1名のみであったが、仮面高血圧群では10名中8名であった（p<0.01）（表6 a）。その際（負荷開始3分後）の自覚症状は、ボルグ・スケールで両群それぞれ10.0±1.1、10.1±1.5（p=0.89）であり、有意差は無かった（表6 b）。

考察

本検討により、以下のことが示された。1. 仮面高血圧群は正常域血圧群に比し、運動負荷開始前の安静時血圧が高値であった。2. 仮面高血圧群は運動負荷早期より、収縮期血圧が上昇した。3. 仮面高血圧群では、ボルグ・スケール「ややきつい」程度で平均収縮期血圧は200mmHg近くまで上昇した。4. 負荷開始後3分（25ワット3分間）の収縮期血圧170mmHgが、正常域血圧群、仮面高血圧群を分ける良い目安であった。

高血圧基準値は診察室血圧、24時間自由行動下血圧、家庭血圧で異なる。診察室血圧値140/90mmHg以上、家庭血圧値135/85mmHg以

上、24時間自由行動下血圧値130/80mmHg以上の場合に、高血圧として対処する⁶⁾。診察室血圧と家庭血圧の間に差がある場合は、家庭血圧を含む診察室外血圧による診断を優先する⁶⁾。これは家庭血圧の予後予測能が診察室血圧よりも高く、白衣高血圧や仮面高血圧の診断に、診察室外血圧測定値による判定が優先されるからである。

安静時血圧は正常範囲であるが、運動によって過剰な昇圧反応を示すHRE症例は、健常者の9-26%に存在すると報告されている¹⁰⁾。HREは将来の新規高血圧発症のみならず、虚血性心疾患や心臓突然死、脳血管障害、左室肥大、心不全発症の予測因子になりうるとの報告もある^{11) 12)}。一方でHREの明確な診断基準はなく、治療介入についても統一した見解は得られていない。本検討より、HREとABPMの関連が明らかになった。女性において、診察室血圧が140/90mmHg未満であっても、自転車エルゴメーター25ワット開始後3分の軽い負荷により、収縮期血圧が170mmHg以上を示す群では仮面高血圧を呈する症例が有意に高かった。注意すべき点は、この際の自覚症状が、正常域血圧群、仮面高血圧群ともボルグ・スコアで10(スコア9:かなり楽に感じる、スコア11:楽に感じる)であり、違いを認めなかったことである。日常生活において、軽労作で収縮期血圧が170mmHgを超える場合は、仮面高血圧の存在を念頭に置く必要があると考える。

生活習慣の修正は高血圧予防や治療に重要であり、低リスクの高血圧症例では修正項目の1つとして、有酸素運動が推奨されている¹³⁾。運動強度尺度に関しては、最大酸素摂取量の50%とする指針が多く、簡易的な指標として、自覚的所見から推定するボルグ・スケールの「ややきつい」程度であることがガイドラインに示されている⁶⁾。米国スポーツ医学協会/アメリカ心臓協会の勧告では、強い運動を中等度の運動に交えて行うことが、心血管病リスク減少にはより有用であると記載されている¹⁴⁾。本検討より、仮面高血圧群では、自覚的所見から推定するボルグ・スケール「ややきつい」の運動負荷時の平均収縮期血圧は200mmHg、拡張期血圧は100mmHg近くになり、正常域血圧群との間

に大きな反応の違いを認めた。さらに、3ヶ月の健康づくりコース終了時に行ったABPMでは、持続性高血圧群は血圧値の改善を認めたが、仮面高血圧群は有意な改善を認めなかった(データ未提示)。HRE症例への対応として、運動療法は有益であるのか、負荷はどの程度が最適であるのか、機序の解明と併せ、今後の検討が必要と考える。

結語

安静時正常血圧であっても、軽労作で著明な血圧上昇を認める症例(25ワット3分の自転車エルゴメーター負荷で収縮期血圧170mmHg以上)は、仮面高血圧の可能性が高く、注意が必要と考えられた。

謝辞

本研究は新潟市医師会地域医療研究助成(GC00120143)のご支援を受けて施行された。心より御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 厚生労働省. 平成27年国民健康・栄養調査報告. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000142359.html> (accessed on September 25, 2017)
- 2) Ikeda A, Iso H, Yamagishi K, Inoue M, Tsugane S.: Blood pressure and the risk of stroke, cardiovascular disease, and all-cause mortality among Japanese: the JPHC Study. *Am J Hypertens*, 22: 273-280, 2009
- 3) Nippon Data 80 Research Group. Impact of elevated blood pressure on mortality from all causes, cardiovascular diseases, heart disease and stroke among Japanese: 14 year follow-up of randomly selected population from Japanese-Nippon data 80. *J Hum Hypertens*, 17: 851-857, 2003.
- 4) Ohkubo T, Imai Y, Tsuji I, Nagai K, Kato J, Kikuchi N, Nishiyama A, Aihara A, Sekino M, Kikuya M, Ito S, Satoh H, Hisamichi S.: Home blood pressure measurement has a stronger predictive power for mortality than does screening

- blood pressure measurement: a population-based observation in Ohasama, Japan. *J Hypertens*, 16: 971–975, 1998
- 5) Segal R, Facchetti R, Bombelli M, Cesana G, Corrao G, Grassi G, Mancia G.: Prognostic value of ambulatory and home blood pressures compared with office blood pressure in the general population: follow-up results from the Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni (PAMELA) study. *Circulation*, 111: 1777–1783, 2005.
- 6) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会「高血圧治療ガイドライン2014」
https://www.jpnsh.jp/data/jsh2014/jsh2014v1_1.pdf (accessed on September 25, 2017)
- 7) Pickering TG, Eguchi K, Kario K.: Masked hypertension: a review. *Hypertens Res*, 30: 479–488, 2007.
- 8) 公益財団法人新潟県体育協会. 新潟県健康づくり・スポーツ医科学センター.
<http://www.ken-supo.jp/>. (accessed on September 25, 2017)
- 9) Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, Levy D.: Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study. *Circulation*, 99: 1831–1836, 1999.
- 10) Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF.: Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? The Framingham Heart Study. *Ann Intern Med*, 116: 203–210, 1992.
- 11) Sharabi Y, Ben-Cnaan R, Hanin A, Martonovitch G, Grossman E.: The significance of hypertensive response to exercise as a predictor of hypertension and cardiovascular disease. *J Hum Hypertens*, 15: 353–356, 2001.
- 12) Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT.: Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*, 32: 2036–2041, 2001.
- 13) Dickinson HO, Mason JM, Nicolson DJ, Campbell F, Beyer FR, Cook JV, Williams B, Ford GA.: Lifestyle interventions to reduce raised blood pressure: a systematic review of randomized controlled trials. *J Hypertens*, 24: 215–233, 2006.
- 14) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A.: American College of Sports Medicine, American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116: 1081–1093, 2007.