

健康づくりのための身体活動・運動の実践に影響を及ぼす原因の解明と科学的根拠 に基づく対策の推進のためのエビデンス創出(22FA1004)

分担研究課題:日本人中高齢者の最高心拍数の加齢に伴う縦断的变化

研究分担者 宮地元彦（早稲田大学・教授）、研究協力者 渡邊大輝（早稲田大学・助教）

研究要旨

目的：本研究は同一個人の反復測定による縦断解析を用い、加齢による HRpeak の変化を明らかにするとともに、これまでの横断研究と比較することを目的とした。

方法：首都圏在住の 26—72 歳の健康な日本人成人 366 名（計 1,554 測定）が、最大 12 年間追跡調査された。運動負荷試験中の双極誘導心電図から 30 秒毎に測定された HR の最高値を HRpeak とした。個人の加齢に伴う HR peak の単一の平均軌道と回帰式は、latent growth curve models を用いて推定した。latent class growth model は、最尤法によって HR peak によって各個人を複数の軌道グループに分類した。

結果：平均 5.3 年間の追跡期間中に、HR peak は平均して一人当たり 4.2 回評価した。366 名の対象者の平均（標準偏差）年齢、安静時 HR および HR peak はそれぞれ 52.0(9.7)歳、60(8)bpm および 172(13)bpm だった。暦年齢の上昇に伴い、男女ともに HR peak が直線的に低下し、男性は女性よりも加齢に伴う HR peak の減少量が高い傾向がみられた。

結論：加齢に伴い最高心拍数は直線的に減少した。年齢と HRpeak の関係は男性で $HRpeak = 222.6 - 0.92 \text{ 年齢}$ 、女性で $HRpeak = 210.4 - 0.79 \text{ 年齢}$ であった。

A. 研究目的

2024 年に公表された健康づくりのための身体活動・運動ガイド 2023 では、その奨励事項の全体的な方向性として、「個人差等を踏まえ、強度や量を調整し、可能なものから取り組む」が第一に挙げられている。身体活動や運動の強度や量の指標として、心拍数が広く用いられており、1989 年に公表された「健康づくりのための運動所要量」においても年齢別の目標心拍数が定められている。目標心拍数の定めるためにはその上限値である最高心拍数のエビデンスが必要である。これまで運動処方現場では $HRpeak = 220 - \text{年齢}$ という式が広く用いられてきたが、近年では Tanaka らの推定式が用いられる機会が多くなっている。(男性: $y = 209.6 - 0.72 \text{ 年齢}$; 女性: $y = 207.2 - 0.65 \text{ 年齢}$)¹⁾

年齢からの HRpeak の推定や加齢に伴う HRpeak の減少は、これまでの研究では横断研究による集団レベルの変化の議論に限定されており、個人の加齢

に伴う HR peak の変化を反映していない可能性がある。人の生態指標の加齢に伴う変化を評価するには、横断分析だけでなく個人の縦断解析により、その経過を把握することが重要である。²⁾ そこで、本研究は同一個人の反復測定による縦断解析を用いた HR peak 経年的変化を年齢から予測する式を作成し、横断研究から作成された既存の式と比較することを目的とした。

B. 研究方法

本研究は 2007 年から 2018 年までに国立健康・栄養研究所で実施された食事と身体活動の大規模介入研究（NEXIS）に参加し、少なくとも 2 回の疲労困憊に至る漸増強度運動負荷試験を受け、最高心拍数（HR peak）データが使用可能な 26—72 歳の健康な日本人成人 366 名（計 1,554 測定）を含めた。これらの参加者は、首都圏に在住で、最大 12 年間追跡調査された。運動負荷試験中の双極誘導心電図から 30

秒毎に測定された HR の最高値を HRpeak とした。統計解析は以下の方法を使用した：個人の加齢に伴う HR peak の単一の平均軌道と回帰式は、latent growth curve models を用いて推定した。latent class growth model は、最尤法によって HR peak によって各個人を複数の軌道グループに分類できるかどうかを評価した。

C. 研究結果

平均 5.3 年間の追跡期間中に、HR peak は平均して一人当たり 4.2 回評価した。366 名の対象者の平均(標準偏差)年齢、安静時 HR および HR peak はそれぞれ 52.0(9.7)歳、60(8)bpm および 172(13)bpm だった。暦年齢の上昇に伴い、男女ともに HR peak が線形の関係で低下し、男性は女性よりも加齢に伴う HR peak の減少量が高い傾向がみられた (Figure 1a)。個人の縦断的な HRpeak の変化から算出した、年齢による HRpeak の推定式

- 全対象者：HRpeak = 215.4 - 0.85 年齢 ($r=0.432$)
- 男性のみ：HRpeak = 222.6 - 0.92 年齢 ($r=0.430$)
- 女性のみ：HRpeak = 210.4 - 0.79 年齢 ($r=0.432$)。

Tanaka らの式で推定した HR peak と比較して、我々が作成した式で推定した HR peak は、男性では年齢が若いほど高い値を示したが、年齢とともに差が小さくなる傾向を示した。一方で女性では、男性のような差は見られなかった。また、本研究の個人の縦断解析は、同じデータでの横断分析と比較して加齢に伴う HR peak の減少量が高い傾向を示した。HR peak の年齢に伴う軌跡群は 4 つ抽出されたが、各群の加齢に伴う HR peak の低下の速度は同様であった (Figure 1b)。

D. 考察

本研究の結果から、HR peak が年齢とともに直線的に低下することから生物学的老化の指標として有用である可能性が示唆された。また、横断研究を用いて作成された年齢による HRpeak の推定式と、縦断研究を用いて作成された推定式が異なることも示唆された。

本研究の限界を以下に示す。この研究の参加者は

ランダムサンプリングにより抽出できなかったため、一般集団の人々よりも健康意識が高い可能性がある。従って、我々の研究よりもよくデザインされたランダムサンプリングした集団をより長期的に追跡した縦断研究により、我々の結果を再評価する必要がある。また、生物学的老化指標としての HR peak の低下に対する効果的な予防介入への有用な手がかりを得るためには、個人の HR peak の変化に関連する要因を探索するさらなる研究が必要である。

E. 結論

個人を複数年追跡した縦断研究の結果、加齢に伴い最高心拍数は直線的に減少した。年齢と HRpeak の関係は男性で HRpeak = 222.6 - 0.92 年齢、女性で HRpeak = 210.4 - 0.79 年齢であった。

引用文献

- 1) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol. 2001 Jan;37(1):153-6.
- 2) Ingram DK, Nakamura E, Smucny D, Roth GS, Lane MA. Strategy for identifying biomarkers of aging in long-lived species. Exp Gerontol 2001;36:1025-34.

F. 健康危険情報

なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Akiyama H, Watanabe D, Miyachi M. Estimated standard values of aerobic capacity according to sex and age in a Japanese population: A scoping review. PLoS One. 2023 Sep 15;18(9):e0286936.

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

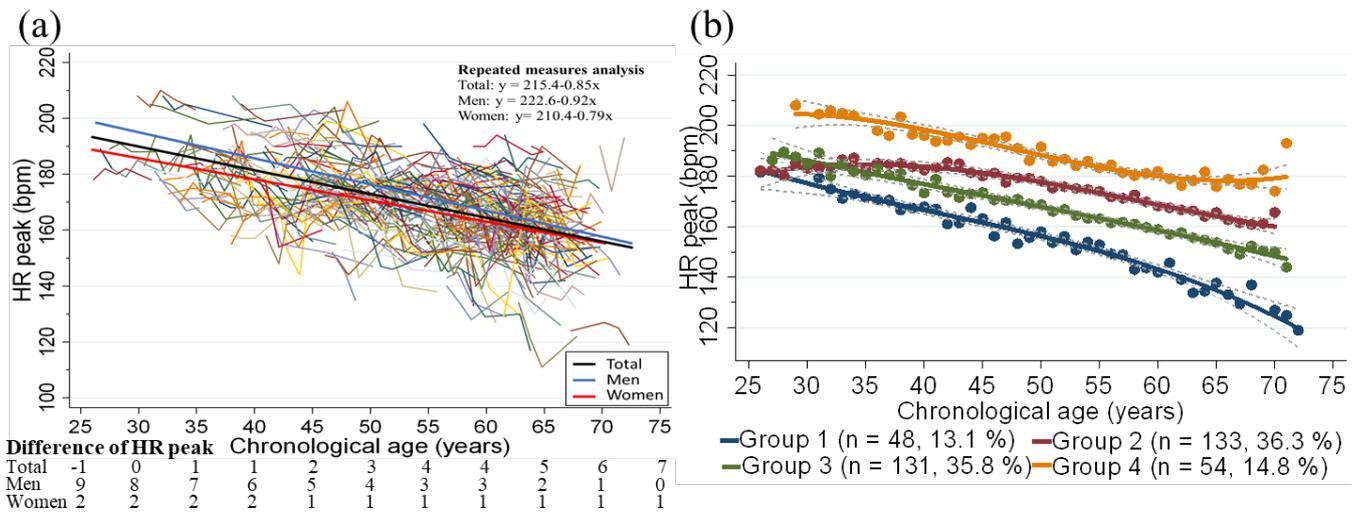


図 1.心拍数(HR)の経年変化の軌跡を、26～72 歳の 366 人(延べ 1,554 人)で観察した。この分析には、274 人の女性と 92 人の男性が含まれていた。

図 1 の(a) : Latent growth curve models (潜在成長曲線モデル) を用いて、男女別と全員の HRpeak の平均軌跡を推定した。一個人の複数回の HRpeak の測定値は同じ色の線で接続されている。加齢に伴う HRpeak の平均変化は、直線(合計は黒、男性は青、女性は赤)で示されている。

図 1 の (b) : 潜在クラス成長モデルは、最尤法を使用して、26～72 歳の参加者の HRpeak に基づき 4 つの異なる軌跡グループに分類された。これらのモデルは、trajectory shape with a cubic specification (立方仕様軌道形状) によって構築した。