

急性心筋梗塞患者における嫌気性代謝閾値に影響を及ぼす骨格筋指標の検討

～筋力低下群と筋力維持群での比較～

内海 裕也¹⁾高瀬 広詩¹⁾村上 直也¹⁾中川登紀子¹⁾小倉 理代²⁾細川 忍²⁾

1) 徳島赤十字病院 リハビリテーション科

2) 徳島赤十字病院 循環器内科

要 旨

【目的】心不全患者において、筋力および骨格筋量が運動耐容能と関連することは従来知られており、それらの骨格筋指標は運動療法のアウトカムとして用いられている。一方で、初発の心筋梗塞患者においては、筋力および骨格筋量といった従来の骨格筋指標の低下を認めずとも運動耐容能が低下している症例を多く経験する。本研究では、筋力が維持された急性心筋梗塞（AMI）患者に着目し、多種の骨格筋指標と運動耐容能の関連を調査した。【方法】対象は、当院で2021年7月から2022年3月にAMIの診断により経皮的冠動脈形成術が施行され、退院前に心肺運動負荷試験（CPX）を実施した連続49例とした。握力が28kg未満である症例を筋力低下群（11名）、28kg以上である症例を筋力維持群（38名）とし、CPXで測定した嫌気性代謝閾値（AT）と各骨格筋指標の関連を、それぞれの群で相関分析を行い調査した。【結果】筋力維持群において、CPXより得られる呼気終末酸素濃度の変化量（ ΔETO_2 , $r=0.47$, $p<0.05$ ）のみATと有意な関連を認めた。【結論】筋力が維持されているAMI患者において、筋力および骨格筋量ではなく、酸素利用能を表す ΔETO_2 がATと関連を認めた。この結果より、同症例では、従来の骨格筋指標でATを推測することは難しい可能性があり、CPXによる運動耐容能の評価が必要である。

キーワード：呼気終末酸素濃度、骨格筋指標、急性心筋梗塞

はじめに

心肺運動負荷試験（cardiopulmonary exercise testing：以下、CPX）により測定される最高酸素摂取量および嫌気性代謝閾値（anaerobic threshold：以下、AT）は運動耐容能の指標であり、それらは心疾患患者の予後規定因子のひとつとされている^{1)・2)}。しかし、CPXの実施には、運動負荷心電図測定装置、運動負荷試験用運動装置、呼気ガス代謝モニターといった専用の機器が必要であり、CPXを実施可能な施設は多くない。また、自転車エルゴメータもしくはトレッドミルエルゴメータを用いるため、高齢者および運動器疾患を有する対象者は実施できないことがある。そのため、CPXによる運動耐容能評価は限られた施設において、限られた対象者にの

み実施されているのが現状である。

その運動耐容能と関連する因子として、左室駆出率³⁾、左室拡張能⁴⁾などの心臓機能に加えて、握力⁵⁾、膝伸展筋力^{5)・6)}、骨格筋量⁷⁾などの骨格筋機能が報告されている。しかし、運動療法により左室駆出率が改善することは稀である上に⁸⁾、ドブタミン投与下のエルゴメータ運動は、運動中の心拍出量は増加するものの酸素摂取量は不変であったことや⁹⁾、僧帽弁狭窄症に対する経皮的僧帽弁交連切開術は、血行動態は改善したが即時的な運動耐容能の改善は認めなかったと報告されている¹⁰⁾。これらの報告から、運動耐容能の改善に寄与する主たる要因は心臓機能ではない可能性が示唆される。

一方で、心疾患患者に対する運動療法により運動耐容能が改善したという報告の多くは、筋力の改善

および筋肉量を反映する下肢周径の改善を伴っている^{11)・12)}。したがって、骨格筋機能は運動療法により改善しやすく、それらの改善が運動耐容能の向上に寄与していると示唆される。さらに、筋力および骨格筋量は短時間かつ容易に何度でも繰り返し測定可能であることから、前述のような理由でCPXが実施困難な症例の運動耐容能の予測および運動療法の効果判定の一助となっている。したがって、運動耐容能を予測可能な骨格筋指標を明らかにすることは、CPXが実施できない症例における運動耐容能の予測、運動療法の効果判定に有用であると言える。実際に、上肢筋力^{13)・14)}、下肢筋力^{14)・15)}、四肢周径^{16)・17)}などの身体測定により評価される骨格筋指標のみならず、体組成計による骨格筋量¹⁸⁾、位相角 (phase angle: 以下, PhA)^{19)・20)}といった多種多様な骨格筋指標が従来、運動療法のアウトカムおよび予後予測指標として用いられている。

一方で、初発の急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction: 以下, AMI) 患者および若年心不全患者においては、握力、下肢筋力、骨格筋量の低下を認めずとも、CPXにより評価された運動耐容能は基準値より低下している症例を多く経験する。そのような症例においては、従来の筋力測定方法では骨格筋機能の是非を判断できず、運動制限因子の特定および運動療法の効果判定に難渋することがある。

そこで、本研究では、筋力が維持されたAMI患者に着目し、多種の骨格筋指標と運動耐容能の関連を調査した。

対象および方法

1. 対象

対象は、当院に2021年7月から2022年3月にAMIの診断により来院した男性患者とした (図1)。そのうち、リハビリテーションを実施する機会がなかった者およびCPXを実施できなかった者は除外した。対象者に、退院前の3日間を目安に以下の骨格筋指標を測定した。

2. 評価項目

a) 握力

スメドレー式デジタル握力計 (竹井機器, デジタル握力計グリップ-D) を用いた。測定肢位は立位とし、利き手で1回測定した。

b) 等尺性膝伸展筋力体重比

ハンドヘルドダイナモメーター (アニマ株式会社, μ TasF-100) を用いて測定した。測定肢位と測定方法は先行研究を一部参考にした²¹⁾。端座位にて両上肢を軽度外転位で検査台に接地し、下腿が下垂する位置で測定した。約5秒間の最大努力による等尺性膝伸展運動を利き手と同側の下肢で1回のみ実施した。体重で除した値を等尺性膝伸展筋力体重比の結果とした。

c) 上腕周径および下腿周径

栄養アセスメント指標のひとつであるMini nutritional assessment[®]により規定されている測定方法に準じた。上腕周径は上腕中央部、下腿周径は下腿最大膨隆部でメジャーを用いて測定した。

d) 骨格筋指数, 下肢骨格筋指数, PhA, 下肢PhA

マルチ周波数体組成計 (株式会社タニタ, MC-780A-N) を用いて測定した。骨格筋指数 (skeletal muscle mass index: 以下, SMI) は, Asian Working group for sarcopenia (以下, AWGS) が推奨している算出方法に準じて、四肢骨格筋量を身長²で除した値とした²²⁾。また、下肢SMIは両下肢の骨格筋量を身長²で除した値とした。さらに、50kHz時における細胞の外液と内液の抵抗 (レジスタンス) および細胞膜が起因となって発生する抵抗 (リアクタンス) の比を角度で表したPhAも解析対象とした。左半身の平均のPhAおよび下肢のPhAを用いた。

e) 呼気終末酸素濃度の変化量

運動負荷心電図測定装置 (日本光電, STS-2100), 運動負荷試験用エルゴメータ (フクダ電子, ストレングスエルゴ8 BK-ERG121), 呼気ガス代謝モニター (Inter Reha, CPEX-1) を用いて実施した。CPXのプロトコールは、3分間の安静座位の後、10wで3分間のウォーミングアップ、10wランブ負荷とし、ATが確認できた時点で試験終了とした。安静時の呼気終末酸素濃度 (end-tidal oxygen: 以下, ETO₂) とAT時のETO₂の差を呼気終末酸素濃度の変化量 (以下, Δ ETO₂) とした。

3. リハビリテーション内容

入院中のリハビリテーションは、担当医から指示されたAMIパスに沿って実施した。循環補助装置が留置されているなどの理由により、パス通り実施できない場合は、適宜、医師と相談しながら運動療法

を行った。リハビリテーション内容は、パンフレットを用いた疾病管理指導、基本動作練習、低負荷レジスタンストレーニング、歩行練習などを行い、リハビリテーション室でトレッドミルエルゴメータもしくは自転車エルゴメータを用いた有酸素運動へ順次進めた。

4. 統計解析

AWGSが提唱する一般の診療所におけるサルコペニアの判断基準に基づき²²⁾、握力が28kg未満である症例を筋力低下群（11名）、28kg以上である症例を筋力維持群（38名）に割付けた。統計解析は、CPXで測定したATおよび骨格筋指標である握力、膝伸展筋力体重比、SMI、下肢SMI、PhA、下肢PhA、上腕周径、下腿周径、 ΔETO_2 をそれぞれの群でpearsonの積率相関係数もしくは、spearmanの順位相関係数を用いた。また、分時換気量および二酸化炭素排泄量に規定される $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeは換気効率を示すCPXにおける重要指標であり、 ETO_2 に影響を及ぼすため解析の対象とした。なお、統計解析には、R version 4.0.2 (Mac OS版)を使用し、有意水準は5%未満とした。

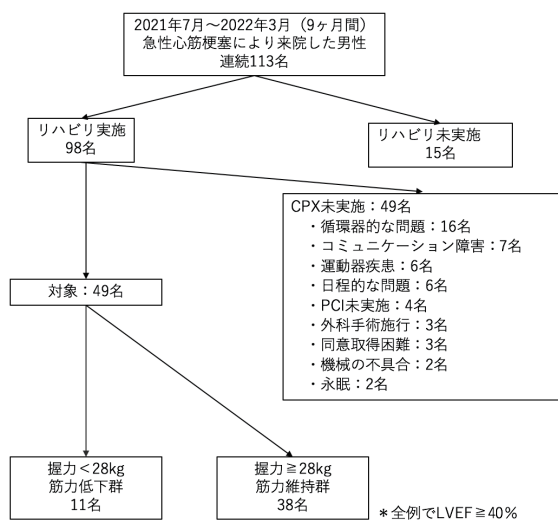


図1 フローチャート

CPX: cardiopulmonary exercise testing.
PCI: percutaneous coronary intervention.
LVEF: left ventricular ejection fraction.

5. 倫理的配慮

当院の倫理委員会で承認を得て進行中である前向きコホート研究（承認番号：第758号）に登録されたデータを使用した。対象者には、倫理委員会で承認された説明書兼同意書に沿って書面および口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。

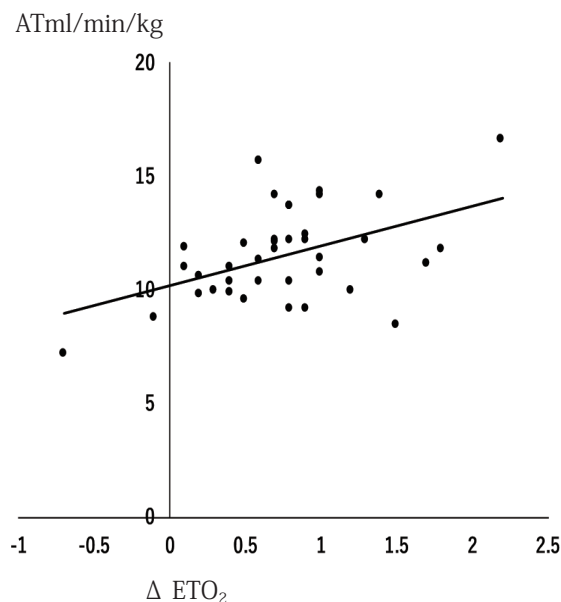


図2 筋力維持群におけるATと ΔETO_2 の散布図
AT: anaerobic threshold, ETO_2 : end-tidal oxygen.

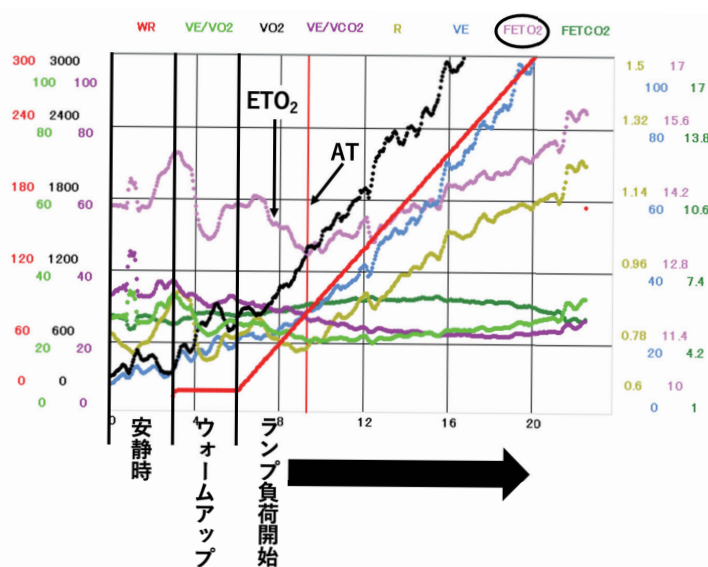


図3 CPXにおける呼気ガス分析結果と ETO_2 （被験者：30歳の男性健康者） ETO_2 : end-tidal oxygen, AT: anaerobic threshold.

表1 対象者特性

	全体 n = 49	筋力低下群 n = 11	筋力維持群 n = 38	p
基本情報				
年齢 (歳)	64.4 ± 10.9	71.2 ± 9.5	62.4 ± 10.6	<0.05
体重 (kg, 退院時)	69.0 ± 11.1	63.3 ± 12.6	70.7 ± 10.2	0.05
BMI (kg/m ²)	25.5 ± 3.7	23.7 ± 4.0	25.3 ± 3.5	0.20
緊急 PCI	緊急 48 (%)	緊急 11 (95%)	緊急 38 (%)	1.00
準緊急 PCI	準緊急 1 (%)	準緊急 0 (5%)	準緊急 1 (%)	
在院日数 (日)	8 (7-10)	9.5 ± 3.0	8 (7-9)	0.27
IABP 使用	9 (18%)	1 (9.1%)	8 (21.1%)	0.37
既往歴				
高血圧	36 (73%)	8 (73%)	28 (74%)	1.00
糖尿病	16 (33%)	3 (27%)	13 (34%)	0.67
高脂血症	36 (73%)	6 (55%)	30 (79%)	1.00
喫煙歴	34 (69%)	7 (64%)	27 (71%)	0.72
各種検査結果				
LVEF (%)	56.7 ± 8.0	55.3 ± 7.2	57.1 ± 8.3	0.51
Peak CK (U/L)	2023 (1115-3173)	2320.5 ± 1314.4	2007 (1197.3-3098.8)	0.82
STEMI	48 (98%)	11 (100%)	37 (97%)	1.00
病変枝	RCA : 16 (33%)	RCA : 2 (18%)	RCA : 14 (37%)	0.63
	LMT : 2 (4%)	LMT : 0 (0%)	LMT : 2 (5%)	
	LAD : 20 (41%)	LAD : 6 (55%)	LAD : 14 (37%)	
	LCX : 10 (20%)	LCX : 3 (27%)	LCX : 7 (18%)	
	HL : 1 (2%)	HL : 0 (0%)	HL : 1 (3%)	
残存枝あり	25 (51%)	6 (55%)	19 (50%)	0.79

平均±標準偏差, 中央値 (25%-75%)

BMI : body mass index, PCI : percutaneous coronary intervention, IABP : intra-aortic balloon pumping, LVEF : left ventricular ejection fraction, Peak CK : peak creatine kinase, STEMI : ST elevation myocardial infarction, RCA : right coronary artery, LMT : left main coronary trunk artery, LAD : left anterior descending artery, LCX : left circumflex artery, HL : high lateral branch.

表2 対象者の身体機能

身体機能	全体 n = 49	筋力低下群 n = 11	筋力維持群 n = 38	p
筋力指標評価日	6 (5-7)	7.0 ± 2.4	6 (5-7)	0.48
CPX 実施日	7 (6-8)	8.1 ± 2.5	7 (6-8)	0.26
握力 (kg)	33.8 ± 7.1	25.4 ± 1.8	34.5 (31.6-41.0)	<0.05
膝伸展筋力体重比 (%)	43.5 ± 11.0	42.1 ± 10.9	43.9 ± 11.2	0.65
上腕周径 (cm)	27.8 ± 2.5	26.1 ± 1.8	28.3 ± 2.5	<0.05
下腿周径 (cm)	35.7 ± 3.3	34.1 ± 3.3	36.1 ± 3.2	0.07
骨格筋指数 (kg/m ²)	8.0 ± 1.0	7.4 ± 1.2	8.2 ± 1.0	<0.05
下肢骨格筋指数 (kg/m ²)	6.1 ± 0.9	5.7 ± 0.9	6.3 ± 0.8	<0.05
位相角 (°)	6.0 ± 0.9	5.6 ± 0.8	6.1 ± 0.9	0.09
下肢位相角 (°)	5.2 ± 1.0	4.8 ± 0.9	5.3 ± 1.1	0.12
AT (ml/min/kg)	11.4 ± 1.9	10.9 ± 1.3	11.5 ± 2.0	0.32
Δ ETO ₂	0.4 ± 0.9	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.5	0.05
$\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slope	27.5 (23.8-33.8)	35.1 ± 6.4	26.7 (23.1-31.1)	<0.05

平均±標準偏差, 中央値 (25%-75%)

CPX : cardiopulmonary exercise testing, AT : anaerobic threshold, ETO₂ : end-tidal oxygen, $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slope : minute ventilation versus carbon dioxide output slope.

表3 相関分析の結果

	筋力低下群 (n=11)		筋力維持群 (n=38)	
	p	r	p	r
握力 (kg)	0.58		0.48	
膝伸展筋力体重比 (%)	0.10		0.15	
上腕周径 (cm)	0.31		0.46	
下腿周径 (cm)	0.18		0.14	
骨格筋指数 (kg/m ²)	0.06		0.29	
下肢骨格筋指数 (kg/m ²)	0.06		0.21	
位相角 (°)	0.58		0.24	
下肢位相角 (°)	0.63		0.18	
Δ ETO ₂ (%)	0.79		<0.05	0.47
$\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slope	0.26		<0.05	-0.34

ETO₂ : end-tidal oxygen, $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slope : minute ventilation versus carbon dioxide output slope.

結 果

対象者の基本情報として、筋力低下群と筋力維持群を比較して年齢にのみ有意な差を認めた(表1)。体重、BMI、在院日数、既往歴、各種検査結果に有意な差を認めなかった。身体機能に関して、握力、上腕周径、SMI、下肢SMI、 $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeに有意な差を認めた(表2)。

ATと各骨格筋指標の相関分析の結果、筋力維持群において、 ΔETO_2 がATと中程度の相関関係を認めた($r=0.47$, $p<0.05$, 表3, 図2)。また、換気効率の指標である $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeに関して有意に関連する指標であった($r=-0.34$, $P<0.05$)。一方で、従来用いられている握力、膝伸展筋力体重比、SMIなどの骨格筋指標はATと関連を認めなかった(それぞれ $p=0.48$, $p=0.15$, $p=0.29$)。筋力低下群において、ATと有意に関連する骨格筋指標はなかった。

考 察

今回、筋力が維持された38名のAMI患者においては、従来用いられている骨格筋指標では相関を認めず、CPXにより測定される ΔETO_2 がATと中程度の相関を認めた。 ETO_2 は、CPX中の呼気ガス分析により測定される指標のひとつである(図3)。CPX中に運動負荷が漸増すると、それに伴い酸素摂取量も増加する。一方で、安静時からATにかけて運動により組織の酸素抽出も増加する結果、呼気終末に測定される酸素濃度は低下することが報告されている²³⁾。つまり、安静時からATまでの ETO_2 の変化量である ΔETO_2 は、末梢組織の酸素抽出の程度と言える。自転車エルゴメータを用いて実施する検査中において、酸素が消費される主たる末梢組織は下肢の骨格筋であると考えられることから、 ΔETO_2 は、下肢の骨格筋の酸素抽出の程度と考えることができる。実際に、骨格筋において酸素を利用したエネルギー産生が困難な先天性ミトコンドリアミオパチー症例では、安静時からATにかけて ETO_2 は低下しないことが示されている²⁴⁾。これらのことから、 ΔETO_2 は骨格筋における酸素抽出を反映する指標であり、運動耐容能と関連を認めたことが考えられた。

一方で、ATと関連する骨格筋指標として、従来検討されている膝伸展筋力やSMIは、本研究では筋力維

持群においてATと有意な関連は認めなかった。その理由として、以下の2点が考えられる。まず1点目として、CPXにより測定されるATと従来用いられている骨格筋指標は生理学的に異なる運動能力指標である点が挙げられる。本来、ATは持続的に酸素を利用可能な好気性代謝能力を示す指標である一方で、握力および膝伸展筋力など最大筋力の評価は好気性代謝とは無関係な瞬発的な骨格筋指標であるため、両者は異なる運動能力の指標と言える。ところが、心疾患発症後においては、入院による安静、その後の不活動による運動耐容能低下に伴って、筋力低下も来すことから、握力および膝伸展筋力のような最大筋力とATのような好気性代謝能力が関連してくると考えられる。また、心疾患患者における骨格筋障害の病態生理として、心拍出量の低下によるデコンディショニング、異化亢進、全身性炎症、自律神経障害などが相互に悪影響を及ぼし、骨格筋のミオパチーを引き起こすことが明らかにされている²⁵⁾。したがって、握力、膝伸展筋力、骨格筋量と運動耐容能の関連を報告した先行研究は、罹患期間の長い心不全患者もしくは、筋力が低下しているサルコペニア症例が少なからず含まれていた可能性が示唆される。2点目は筋力低下のメカニズムが関与している可能性が考えられる。骨格筋では、筋力および骨格筋量の低下に先行して、まずミトコンドリアの機能障害が起こると報告されている²⁶⁾。つまり、骨格筋機能低下の初期においては、筋力が維持されているもののミトコンドリア機能が低下している症例が存在すると解釈できる。本研究では、最大筋力の指標である握力を基準に筋力が維持されていると判断したが、そのような症例であっても、既にミトコンドリア機能が低下している場合は運動耐容能の低下を来していたと考えられる。

以上より、筋力が維持された心疾患患者では、従来の骨格筋指標でATを推測することは難しい可能性があり、運動耐容能の評価にはCPXを実施することが望ましいと考えられた。

本研究の限界として、以下の2点が挙げられる。まず1点目は、対象者の割付けにおいて、握力のみで筋力低下を判断した点である。本研究では、AWGSにおけるサルコペニア診断アルゴリズムに基づき、一般の診療所や地域予防事業において使用される判断基準を用いた²²⁾。一方で、設備の整った医

文 献

療施設や研究施設においては、握力に加えて骨格筋量を考慮して骨格筋障害を判断すべきであると示されている²²⁾。したがって、臨床研究において骨格筋障害を判断するには、両者の基準を満たした者を筋力低下群とすべきであった可能性がある。しかしながら、肥満はAMIのリスク因子のひとつであり²⁷⁾、本研究の対象者特性でもBMIは低いとは言えない(全体: $25.5 \pm 3.7 \text{kg/m}^2$, 筋力低下群: $23.7 \pm 4.0 \text{kg/m}^2$, 筋力維持群: $25.3 \pm 3.5 \text{kg/m}^2$)。したがって、骨格筋量を踏まえて割付けると、筋力低下と判断される者が著しく少なく、AMIのような肥満者における骨格筋障害の判断基準は今後の検討課題である。実際に、サルコペニアと肥満を併発しているサルコペニア肥満に関する最新のステートメントにおいても、明確なカットオフ値は示されていない²⁸⁾。2点目は、 $\dot{V}E$ は換気機能に影響を受けることである²⁹⁾。先行研究においても、安静時の換気効率を示す指標が、AT時点における $\dot{V}E$ に独立して影響を及ぼすことが報告されている³⁰⁾。本研究においても、筋力維持群は、筋力低下群と比較して換気効率を示す $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeが優れており(全体: 27.5 (23.8-33.8), 筋力低下群: 35.1 ± 6.4 , 筋力維持群: 26.7 (23.1-31.1))、筋力維持群の相関分析結果においても $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeはATと有意な関連を認めた。さらに、腎機能とミトコンドリア機能の関連も報告されていることから³¹⁾、換気効率および腎機能で調整した場合においても、筋力が維持された心血管疾患患者の $\Delta \dot{V}E$ はATに影響を及ぼすか否か、今後検討する必要がある。

おわりに

筋力が維持されている心疾患患者において、筋力や骨格筋量ではなく、酸素利用能を表す $\Delta \dot{V}E$ がATと関連を認めた。したがって、そのような症例では、従来の骨格筋指標でATを推測することは難しい可能性があり、CPXを実施し運動耐容能を評価する必要性が示唆された。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反なし。

- 1) Myers J, Prakash M, Froelicher V, et al : Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002 ; 346 : 793-801
- 2) Milani VR, Lavie JC, Mehra RM, et al : Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing. *Mayo Clin Proc* 2006 ; 81 : 1603-11
- 3) Hasselberg NE, Haugaa KH, Sarvari SI, et al : Left ventricular global longitudinal strain is associated with exercise capacity in failing hearts with preserved and reduced ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015 ; 16 : 217-24
- 4) Fontes-Carvalho R, Sampaio F, Teixeira M, et al : Left ventricular diastolic dysfunction and E/E' ratio as the strongest echocardiographic predictors of reduced exercise capacity after acute myocardial infarction. *Clin Cardiol* 2015 ; 38 : 222-9
- 5) Izawa PK, Watanabe S, Oka K, et al : Upper and lower extremity muscle strength levels associated with an exercise capacity of 5 metabolic equivalents in male patients with heart failure. *J Cardiopum Rehabil Prev* 2012 ; 32 : 85-91
- 6) Kamiya K, Mzzani A, Hotta K, et al : Quadriceps isometric strength as a predictor of exercise capacity in coronary artery disease patients. *Eur j Prev Cardiol* 2014 ; 21 : 1285-91
- 7) Bekfani T, Pellicori P, Morris AD, et al : Sarcopenia in patients with heart failure with preserved ejection fraction : Impact on muscle strength, exercise capacity and quality of life. *Int J Cardiol* 2016 ; 222 : 41-6
- 8) Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR : Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction. Hemodynamic and metabolic effects. *Circulation* 1988 ; 78 : 506-15
- 9) Wiener DH, Fink LI, Maris J, et al : Abnormal

- skeletal muscle bioenergetics during exercise in patients with heart failure : role of reduced muscle blood flow. *Circulation* 1986 ; 73 : 1127-36
- 10) Yasu K, Katsuki T, Ohmura N, et al : Delayed improvement in skeletal muscle metabolism and exercise capacity in patients with mitral stenosis following immediate hemodynamic amelioration by percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Am J Cardiol* 1996 ; 77 : 492-7
 - 11) Kida K, Osada N, Akashi YJ, et al : The exercise training effects of skeletal muscle strength and muscle volume to improve functional capacity in patients with myocardial infarction. *Int J Cardio* 2008 ; 129 : 180-6
 - 12) Sumide T, Shimada K, Ohmura H, et al : Relationship between exercise tolerance and muscle strength following cardiac rehabilitation : comparison of patients after cardiac surgery and patients with myocardial infarction. *J Cardiol* 2009 ; 54 : 273-81
 - 13) Keast LM, Slovynec ME, Nelson CRM, et al : Randomized trial of Nordic walking in patients with moderate to severe heart failure. *Can J Cardiol* 2013 ; 29 : 1470-6
 - 14) Yamamoto S, Hotta K, Ota E, et al : Effects of resistance training on muscle strength, exercise capacity, and mobility in middle-aged and elderly patients with coronary artery disease : A meta-analysis. *J Cardiol* 2016 ; 68 : 125-34
 - 15) Taya M, Amiya E, Hatano M, et al : High-intensity aerobic interval training can lead to improvement in skeletal muscle power among in-hospital patients with advanced heart failure. *Heart Vessels* 2018 ; 33 : 752-9
 - 16) Kamiya K, Masuda T, Matsue Y, et al : Complementary Role of Arm Circumference to Body Mass Index in Risk Stratification in Heart Failure. *JACC Heart Fail* 2016 ; 4 : 265-73
 - 17) Kamiya K, Masuda T, Matsue Y, et al : Prognostic Usefulness of Arm and Calf Circumference in Patients ≥ 65 Years of Age With Cardiovascular Disease. *Am J Cardiol* 2017 ; 119 : 186-91
 - 18) Lavie CJ, Schutter AD, Patel AD, et al : Body composition and survival in stable coronary heart disease : impact of lean mass index and body fat in the "obesity paradox". *J Am Coll Cardiol* 2012 ; 60 : 1374-80
 - 19) Eloisa CR, Lilia CM, Arturo OT, et al : Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure. *Nutrition* 2012 ; 28 : 901-5
 - 20) Alves FD, Souza GC, Clausell N, et al : Prognostic role of phase angle in hospitalized patients with acute decompensated heart failure. *Clin Nutr* 2016 ; 35 : 1530-4
 - 21) 平澤有里, 長谷川輝美, 松下和彦, 他 : 健常者の等尺性膝伸展筋力. *理療ジャーナル* 2004 ; 38 : 330-3
 - 22) Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al : Asian Working Group for Sarcopenia : 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc* 2020 ; 21 : 300-7
 - 23) Binder RK, Wonisch M, Corra U, et al : Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008 ; 15 : 726-34
 - 24) Sietsema EK, Stringer WW, Sue YD, et al : Wasserman & whipp's : Principles of Exercise Testing and Interpretation. 6th Edition. Wolters Kluwer Health 2020 : 502-4
 - 25) Josiak K, Jankowska AE, Piepoli FM, et al : Skeletal myopathy in patients with chronic heart failure : significance of anabolic-androgenic hormones. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2014 ; 5 : 287-96
 - 26) Arnold SA, Egger A, Handschin C : PGC-1 α and myokines in the aging muscle-a mini-review. *Gerontology* 2011 ; 57 : 37-43
 - 27) 一般社団法人日本循環器学会 : 「急性冠症候群ガイドライン (2018年改訂版)」 [internet] . https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2020/02/JCS2018_kimura.pdf [accessed 2022-11-18]
 - 28) Donini L M, Busetto L, Bischoff S C, et al : Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity : ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes Facts* 2022 ; 15 : 321-335

- 29) Sietsema EK, Stringer WW, Sue YD, et al :
Wasserman & Whipp's : Principles of Exercise
Testing and Interpretation. 6th Edition. Wolters
Kluwer Health 2020 : 113
- 30) Ogura A, Izawa KP, Sato S, et al : Relationship
of end-tidal oxygen partial pressure to the
determinants of anaerobic threshold in post-
myocardial infarction patients. Heart Vessels
2021 ; 36 : 1811-7
- 31) Adey D, Kumar R, McCarthy JT, et al :
Reduced synthesis of muscle proteins in chronic
renal failure. Am J Physiol Endocrinol Metab
2000 ; 278 : E219-25

Examination of Skeletal Muscle Indexes Influencing Anaerobic Metabolic Threshold in Patients with Acute Myocardial Infarction : Comparison between Decreased and Maintained Muscle Strength

Yuya UTSUMI¹⁾, Koji TAKASE¹⁾, Naoya MURAKAMI¹⁾, Tokiko NAKAGAWA¹⁾
Riyo OGURA²⁾, Shinobu HOSOKAWA²⁾

1) Department of Rehabilitation, Tokushima Red Cross Hospital

2) Department of Cardiology, Tokushima Red Cross Hospital

[objective]

Muscle strength and skeletal muscle mass have long been associated with exercise tolerance in heart failure patients, and these skeletal muscle indices have been used as outcomes of exercise therapy. On the other hand, many patients with first myocardial infarction have a decreased exercise tolerance without a decrease in conventional skeletal muscle indices such as muscle strength and skeletal muscle mass. In this study, we investigated the association between various skeletal muscle indices and exercise tolerance, focusing on patients with acute myocardial infarction (AMI) who had preserved muscle strength.

[Method]

The subjects were 49 consecutive patients who underwent percutaneous coronary angioplasty for AMI between July 2021 and March 2022 at our hospital and underwent cardiopulmonary exercise testing (CPX) before discharge. The patients with a grip strength of less than 28kg were classified as the muscle weakness group (11 patients), and those with a grip strength of 28kg or greater were classified as the muscle maintenance group (38 patients). The relationship between the anaerobic metabolic threshold (AT) measured by CPX and each skeletal muscle index was investigated in each group by performing correlation analysis.

[Result]

In the muscle maintenance group, only the change in end-tidal oxygen (ΔETO_2 , $r=0.47$, $p<0.05$) obtained from CPX was significantly associated with AT.

[Conclusion]

In AMI patients with preserved muscle strength, ΔETO_2 , a measure of oxygen utilization, was associated with AT, but not muscle strength or skeletal muscle mass. Based on these results, it may be difficult to infer AT by conventional skeletal muscle indices in those patients, and assessment of exercise tolerance by CPX is necessary.

Key words : end-tidal oxygen, skeletal muscle index, acute myocardial infarction (AMI)

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 28 : 1-10, 2023
