

# 糖尿病教育入院における心肺運動負荷試験の導入についての考察

リハビリテーション科 佃 陽一, 平山 善康, 出見世真人  
 太田垣あゆみ, 松井 萌恵, 田中 宇大  
 小池 初慧  
 糖尿病内科 中野 忠澄  
 内科 木村 史子  
 看護部 砂川友紀子\*<sup>1)</sup>

当院では2型糖尿病患者の教育入院において安全性を考慮して心肺運動負荷試験(CPX)を実施しており,パスの中に組み込んでいる。CPXによって特定されたAT時の心拍数(HR)とカルボーネン式による各運動強度での目標心拍数との違いを比較した。50%強度でのHRはAT時より有意に高かった。カルボーネン式での50%強度は実際のAT時の強度に比べ強すぎることが示唆された。CPXの導入により,患者に適した運動強度の設定で安全かつ効果的な介入が可能となったと思われる。

keywords: 糖尿病教育入院, CPX, 運動強度

## 1. はじめに

当院では2型糖尿病患者の教育入院に対して理学療法士が介入を行っている。特徴的であるのは、安全性のスクリーニングや適切かつ効果的な運動強度を提供できるように入院当日に心肺運動負荷試験(CPX)を実施し、嫌気性代謝閾値(AT)を参考に運動処方を行っていることであろう(図1)。

	当日	2日目	7日目	12日目(退院前)
午前		DVDによる運動療法の指導・説明	運動療法の振り返り	
午後	CPX	運動療法介入開始	➡	運動処方と目標設定

図1. 当院の教育入院パス

ATでの運動強度がわかることでさまざまなリスク管理が可能である。糖尿病におけるリスクとは例えば、中等度以上の運動では交感神経の亢進によって心負荷が大きくなり不整脈や心

筋虚血が誘発されやすいこと、AT以上の運動では長時間の運動が不可となり換気亢進による呼吸困難感が起こり、運動の継続性にも悪い影響を与えること、高強度の運動による合併症の悪化や運動中の低血糖や運動終了後に血糖値が上昇するといった現象などである。ATが特定できることでリスクを回避できると考える。CPXがなければATや最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )を特定できず、従来の糖尿病の介入において運動強度の設定はカルボーネン式による目標心拍数かborg指数を利用していた。運動強度について『糖尿病治療ガイド2012-2013』<sup>1)</sup>には有酸素運動を $\dot{V}O_{2max}$ の50%前後の強度で、1回15分~30分、一日2回行うことが望ましいとあるが、簡易的な運動強度設定法による50%強度が強すぎて運動を継続できないケースが多いと思われる。

そこで本研究の目的は、従来のカルボーネン式による目標心拍と実際のAT時の心拍数(HR)を比べ、適切に運動を処方できていたかを調べ、

\*<sup>1)</sup> チームDM

CPX を行っていることの意義を問うことにある。先行研究<sup>2)</sup>をもとに CPX で検出された実際の AT 時の HR とカルボーネン式での各運動強度の HR を比較した。また運動習慣という要因の影響も調べ、その結果の報告とともに今後の理学療法士の介入の在り方を検討していく。

## 2. 対 象

対象は、2012年4月～2013年9月までの2型糖尿病の教育入院患者で CPX を行った37人、そのうち AT が特定できた25人とした。25人の年齢は58.16±12.25歳（31～79歳）、性別は男性16人、女性9人であった（表1）。BMIは25.56±3.68kg/m<sup>2</sup>であり、やや肥満傾向の集団であった。AT 時と peak 時の HR, METS,  $\dot{V}O_2$ は以下のとおりであった（表2）。

表1. 対 象

年齢		58.16±12.25 歳
性別	男:女	16人:9人
BMI		25.56±3.68kg/m <sup>2</sup>
HbA1c		10.13±2%
合併症	有:無	16人:9人
	(腎症:網膜症:神経症)	5人:4人:6人
運動習慣	有:無	9人:16人
入院回数	初回:2回目以上	22人:3人

表2. AT と peak 時の HR, METS,  $\dot{V}O_2$

AT 時 HR	106.72±15.33bpm
AT 時 METS	3.56±0.98METS
AT 時 $\dot{V}O_2$	12.46±3.45ml/kg/min
peak 時 HR	117.51±39.46bpm
peak 時 METS	4.86±1.45METS
peak 時 $\dot{V}O_2$	17.04±5.05ml/kg/min

## 3. 方 法

後方観察研究、先行研究<sup>2)</sup>に倣って、対象となった25人の CPX を用いて算出された AT 時の HR とカルボーネン式 $[(220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍数}] \times \text{運動強度}(\%) + \text{安静時心拍数}$ で強度50%、40%、30%として求めた目標心拍数を比較した。統計手法は t 検定を用い5%未満

を有意差ありとした。統計ソフトには、SPSS と R version 2.8.1を使用した。

## 4. 結 果

カルボーネン式50%強度のHRは40%・30%・AT 時の HR と有意な差があった。AT 時のHRは40%・30%強度のHRは有意に差がなかった（表3, 4, 図2）。

表3. AT 時の HR とカルボーネン式による強度ごとの目標心拍数

AT 時 HR	106.72±15.33 拍/分
カルボーネン式.30%HR	102.42±12.4 拍/分
カルボーネン式.40%HR	110.91±11.9 拍/分
カルボーネン式.50%HR	119.4±11.54 拍/分

表4. カルボーネン式の各強度と AT 時 HR の比較

比較対象	P 値
カルボーネン式. 50%HR と AT 時 HR	<b>0.00 *</b>
カルボーネン式. 40%HR と AT 時 HR	0.121
カルボーネン式. 30%HR と AT 時 HR	0.108
カルボーネン式. 50%HR と 40%HR	<b>0.00 *</b>
カルボーネン式. 40%HR と 30%HR	<b>0.00 *</b>

**\* p<0.01**

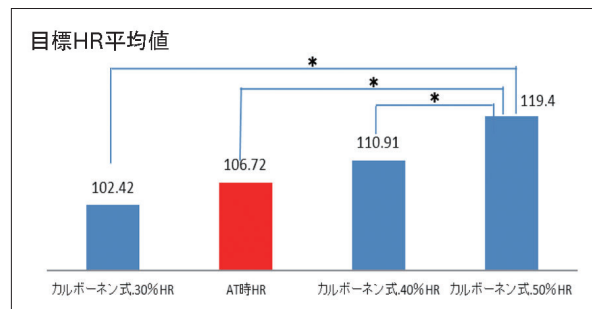


図2. カルボーネン式の各強度でのHRとAT時のHR

## 5. 考 察

カルボーネン式で算出した50%運動強度でのHRはAT時のHRに比べ有意に高いことから、カルボーネン式で設定した50%運動強度はAT時の強度に比べ高負荷であることが示唆された。40%、30%強度でのHRはAT時のHRと比べ有意な差がなく、40%と30%の強度ではHRに有意な差があったことから、AT時のHRは

カルボネン式での30%と40%の目標心拍数の間にあると推定される。

先行研究<sup>2)</sup>では50%、40%、30%強度時の目標心拍数はAT時のHRより有意に高く、20%強度でのHRが実際のAT時のHRに近いと推定している。先行研究との違いは年齢、性別、運動習慣などのほかの因子が関与していると考ええる。

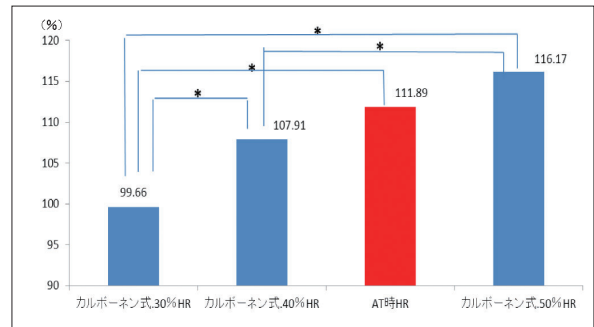
25人を運動習慣の有無（有：無=9人：16人）で群分けし、同様にAT時のHRと50%、40%、30%強度時の目標心拍数を比較してみると、運動習慣がある群ではAT時のHRはカルボネン式での50%と40%の間にあり、運動習慣のない群ではAT時のHRは20%と30%の間に位置した。年齢や性別という因子は、AT時の $\dot{V}O_2$ とpeak $\dot{V}O_2$ を規定するもので、男性が女性より、また若年が高齢者より $\dot{V}O_2$ が高くなり、高いものほどAT時のHRがカルボネン式の50%強度時の目標心拍数に近づくと考えられる。運動習慣の有無という因子でも年齢や性別と同様に $\dot{V}O_2$ の平均に有意な差があり（表5）、運動習慣がある群ほどAT時のHRはカルボネン式での50%強度時の目標心拍数に近づくと傾向にあると思われる（図3、4）。先行研究はn=106であるが、年齢、性別、運動習慣といった特性値の詳細がなく、当院のものと結果に違いがでたのは、それらの因子の違いがあったためではないかと推測する。

いずれにせよカルボネン式での50%運動強度の目標心拍数はCPXで検出された実際のAT時のHRに比べ有意に高いという結果となっていることから、カルボネン式を使った50%

表5. 運動習慣有無によるVO2とHR

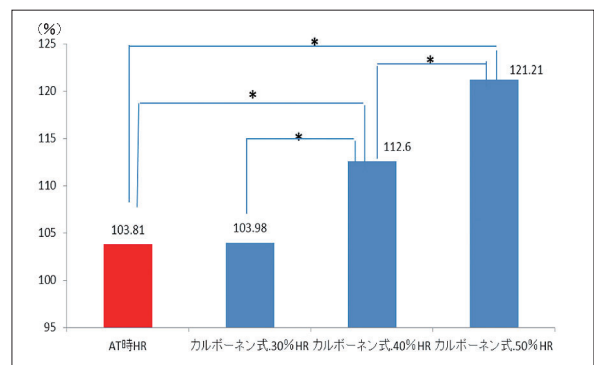
	運動習慣有	運動習慣無	p 値
AT 時 VO2	14.68±3.82	11.21±2.57	0.012*
peak 時 VO2	19.77±6.63	15.51±3.23	0.04*
AT 時 HR	111.89±14.67	103.81±15.27	0.21
カルボネン式.50%HR	116.17±7.08	121.22±13.72	0.3
カルボネン式.40%HR	107.91±7.44	112.6±13.72	0.35
カルボネン式.30%HR	99.66±8.07	103.98±14.27	0.41

\*:p<0.05



\*:p<0.05

図3. 運動習慣有り群のカルボネン式の各強度でのHRとAT時のHR



\*:p<0.05

図4. 運動習慣無し群のカルボネン式の各強度でのHRとAT時のHR

運動強度は高すぎる傾向にあると思われる。井垣や木村<sup>3~5)</sup>らは、50%ATや $\dot{V}O_{2max}$ の20~30%という極低強度運動でも血糖調整効果や体脂肪減量効果があると報告しており、カルボネン式で処方するなら年齢・性別・運動習慣を考慮して20~40%運動強度で目標心拍を決定していくことが妥当であると思われる。

『科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン2013』では中等度の運動を推奨しているが、簡易的なHRでの運動強度設定は、神経症の合併症例や高齢者の場合は、不正確であり危険を伴うことを指摘している<sup>6)</sup>。先行研究や本研究から簡易的なHRを指標とする運動強度の決定は、さまざまな要因から実際のATと誤差が大きく生じ、運動後の低血糖や運動後の高血糖といった現象が生じる要因となったり<sup>7)</sup>、過度な強度で設定された運動は患者にとって運動療法は過酷であるという負のイメージを植え付け、

糖尿病の運動療法が退院後も持続しない一因となりうる。

従来、当院で行っていたカルボーネン式による目標心拍数での運動強度の設定は、患者にとって過負荷だったケースも多々あり運動を継続できない例も多かったことが想像できる。CPXを行うようになった現在では、個々の患者のATがわかることによって適切な運動強度を処方することが可能となり、上記のような弊害が減少していると思われる。また診療報酬には直結しないが、理学療法士が個別介入することで、運動強度のみならず個々の患者に合った運動形態・頻度・時間を調整して提供する現状は、以前の介入に比べ、きめの細かい介入といえよう。

## 6. 今後の課題

CPXを加えた介入のoutcomeをHbA1cの推移として見てみると以下の通りとなる(図5)。

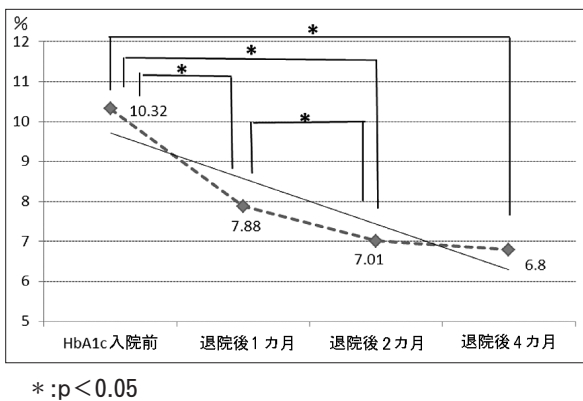


図5. 介入後のHbA1cの推移

HbA1cは介入後良好な低下をたどり、退院後4カ月で糖尿病合併症予防のための目標値7%を下回る結果となっていた。入院前と退院後1カ月の間の有意な低下は、教育入院による薬物・運動・食事療法の複合効果であると考えられる。退院後1カ月以降は、薬物療法のみが継続され、運動や食事は指導した内容を患者が継続しているかどうかは未知数である。外来診察時に、運動・食事継続ができていないかどうか問診を行ってもらい、運動や食事療法の継続率を知ることによって介入が意味をなすものであるのか調

査する必要がある。退院後2カ月と4カ月の間には有意差がなくなるが、これは良好なコントロールができ、下げ幅が少なくなったことが大きな要因と考えられるが、薬物療法の効果が一定となるのがこの4カ月後ではないかとも思われる。退院後2カ月の後に運動や食事療法の介入を行えば、結果も違ったものになる可能性も考えうる。

また身体運動が糖尿病の発症予防や進展抑制に有効なことは知られているが、その生命予後延長効果や、具体的な運動内容について示すエビデンスが2つ、「Archives of Internal Medicine」オンライン版に2012年8月6日同時に掲載された。1つ目は自転車やガーデニング、家事といったレジャー的な運動も死亡リスクの低下に有意に関連していた<sup>8)</sup>。2つ目は筋肉トレーニングの効果であり、筋トレは有酸素運動とは独立した糖尿病予防因子となっていることだ<sup>9)</sup>。当院では有酸素運動のみを処方し、指導しているが、筋トレは血糖やHbA1cを低下させる効果と同時に、天候、気候、気温に左右されないで自宅内での運動を可能とするメリットがある。『科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン2013』<sup>6)</sup>でも有酸素運動と筋トレの併用を推奨している。上記のことから、患者の活動量を把握し増やしていくように介入すること、また運動の種類でも筋トレを含めた方法も指導し、体験させ、提供していく必要があると考える。

## 7. まとめ

- (1) カルボーネン式50%強度のHRは40%・30%・AT時のHRと有意な差があった。AT時のHRは40%・30%強度のHRと有意に差がなかった。
- (2) 従来の介入法では運動強度が強く、デメリットがあったことが推測された。CPXの導入によってその可能性は減少できたと思われる。
- (3) カルボーネン式での簡易的な運動強度の決定は性別・年齢・運動習慣などの要因によって、実際の強度との差異が生じる可能性がある。

- (4) 今後は外来での運動継続率の調査を行い、介入の outcome を知る必要がある。また介入内容も身体活動量を増やすような方法や筋トレなど組み入れて多様性のあるものにしていなければならない。

## 文 献

- 1) 日本糖尿病学会 編. 糖尿病治療ガイド2012-2013 血糖コントロール目標改訂版 (抜粋). [引用 2014-09-16]  
[http://www.jds.or.jp/modules/education/index.php?content\\_id=11](http://www.jds.or.jp/modules/education/index.php?content_id=11)
- 2) 田村拓也, 関貴子, 葛西伸彦 他: 2型糖尿病患者への呼気ガス分析(CPX)を用いた運動処方検討. 心臓リハビリテーション 14(1): 85-88, 2009.
- 3) 井垣誠, 木村朗, 神田満 他: 糖尿病患者における50%AT強度運動の効果 高インスリン群と低インスリン群での比較. 理学療法科学 13(2): 99-102, 1998.
- 4) 井垣誠, 木村朗, 神田満 他: 糖尿病患者における50%AT強度運動の carryover 効果の検討. 理学療法科学 13(2): 95-97, 1998.
- 5) 木村朗, 普天間弘: 耐糖能異常患者における運動生化学的指標を用いた極低強度運動域での運動療法の効果の検討. 理学療法学 19(4): 354-358, 1992.
- 6) 日本糖尿病学会 編. 科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン2013. 東京. 南江堂; 2013.
- 7) 久保田稔, 山崎義光, 河盛隆造: 糖尿病の運動療法の進歩 臨床的研究の面から. プラクティス (別冊糖尿病の運動療法'94): 14-21, 1994.
- 8) Sluik D, Buijsse B, Muckelbauer R et al.: Physical activity and mortality in individuals with diabetes mellitus: a prospective study and meta-analysis. Arch Intern Med 172(17): 1285-1295, 2012.
- 9) Grontved A, Rimm EB, Willett WC et al.: A prospective study of weight training and risk of type 2 diabetes mellitus in men. Arch Intern Med 172(17): 1306-1312, 2012.