

クロストレーナーとトレッドミル —心臓疾患におけるリハビリテーション—

JEP オンライン

『ジャーナル・オブ・エクササイズ・フィジオロジー』オンライン

米国エクササイズ生理学者協会 (ASEP) 機関誌

ISSN 1097-9751

国際電子ジャーナル

巻5第4号 2002年11月

臨床エクササイズ生理学

冠動脈疾患 (CAD) 患者における心肺反応—クロストレーナー・エクササイズ対トレッドミル・エクササイズ

マリアンヌ・L・シュヴァイツァー、レン・クラヴィッツ、ハイジ・M・ワインガード、ランス・C・ダレック、リンダ・F・チットウッド、エリック・ダール

ミシシッピ大学エクササイズ科学・余暇管理学部

ニューメキシコ大学エクササイズ生理学研究所

要約

冠動脈疾患 (CAD) のある患者における心肺反応—クロストレーナー・エクササイズ対トレッドミル・エクササイズ

マリアンヌ・L・シュヴァイツァー、レン・クラヴィッツ、ハイジ・M・ワインガード、ランス・C・ダレック、リンダ・F・チットウッド、エリック・ダール JEP オンライン 2002年; 5(4): 11-15

本研究は、男性9人、女性3人のCAD患者においてクロストレーニングとトレッドミル・ウォーキングのそれぞれについて、心肺反応を比較することを目的として始められたものです。被験者はRPE10とRPE14の異なった主観的運動強度(RPE)に基づいて4回のサブマキシマル・エクササイズ・ランダム化試験を受けました(トレッドミル=2回、クロストレーナー=2回)。1回の試験ごとに酸素消費量(VO₂)、心拍数(HR)、血圧(BP)、呼気換気量(VE)の定常測定値を測りました。2モードのエクササイズ間でVO₂、HR、BP、VEの測定値にどのような差異が出るのかを測定するには、反復測定2元分散分析(repeated measures 2-way ANOVA)が用いられました。その結果、RPE10レベルのエクササイズを比較すると、VO₂、HR、VEの値がそれぞれ12.6±2.2対11.2±3.4 ml/kg/min、110±19対98±23 b/min、27.9±7.1対23.6±9.6 L/minと、クロストレーニングのほうがトレッドミル・ウォーキングよりもかなり高くなる(p<0.05)という結果が得られました。また、RPE14レベルのエクササイズ間でも、HR、VE、心臓収縮期BP、拡張期BPがそれぞれ127±13対115±19 b/min、40.7±7.16対33.3±8.85 L/min、176±21対166±19 mmHg、75±10対69±7 mmHgと、クロストレーニングのほうがトレッドミル・ウォーキングよりも高くなる(p<0.05)ことが分かりました。結論として、今回サンプルとしたCAD患者については、RPEレベルが等しい場合、クロストレーニングのほうがトレッドミル・ウォーキングよりも大きな心肺反応をもたらすことが本研究によって明らかになりました。しかし、VO₂値が類似しているにもかかわらず、RPE14の条件下でより大きな負担が心血

管にかかったことから、クロストレーニングについてよく知らない CAD 患者に対しては、このモードのエクササイズを慎重に使用するべきであると判断されます。

キーワード： 心臓病リハビリテーション、酸素消費、心拍数、サブマキシマル・エクササイズ、主観的運動強度

序論

心臓病リハビリテーションは 1950 年代にハーマン・ヘラースタインが開発した概念と考えに基づいています。以来 50 年ほど経過していますが、現在では心臓病のリハビリは冠動脈疾患 (CAD) を持つ心臓病患者の健康状態を改善することと心臓発作再発の危険性を減らすことという 2 つの基本目標を持つプログラムへと発展しています。大半の心臓病リハビリプログラムは、この目的を達成するためにフィジカル・フィットネスや社会参加、栄養カウンセリング、精神的なサポートなど多領域の専門分野にわたって患者を支援する目的を持った、それぞれの患者に特化したカリキュラムを含んでいます (2)。かつては心臓リハビリに取り組む人たちの大多数は、冠動脈バイパス移植 (CABG) を受けた男性患者でしたが、現在は糖尿病、高血圧症、高脂血症など、慢性の内科的合併疾患の若者および年輩者、男性および女性、また、血管形成など他の手術を受けた人たちも含まれるようになっていきます (1, 3)。

CAD 患者の治療においては、エアロビクス・エクササイズ・トレーニングが長らく使用されてきました (4)。シューラーほか (5) は、低脂肪の食餌療法と規則的なエクササイズ・プログラムに参加している患者が、CAD の進行のスピードが抑えられる可能性がある点に注目しています。エクササイズ・トレーニングは心拍数 (HR) と血圧 (BP) を低下させ、高比重および低比重リポたんぱくコレステロールのバランスを向上させ、インシュリンの抵抗性を減少させ、更に、体重の減少に有効であることが示されました (6)。こうした利点は、教育やカウンセリング、監督下でのエクササイズ、栄養評価を含む多専門分野にわたる心臓病リハビリプログラムによって強化されます (1)。

心臓病のリハビリには複合的な要素があるので、様々なモードのエクササイズを取り入れることが重要です。しかし、エクササイズによって誘発される心臓血管系に対するストレスがエクササイズの種類によって異なるため、リスクもトレーニング効果も様々なものとなりえます (7, 8)。心臓病リハビリに使用される最も一般的なエクササイズ機器としては、トレッドミル、サイクル・エルゴメーター、シーティッド・ローイング・マシンなどがあります。

無症候性の患者への以前の調査から、トレッドミルは他のエクササイズと比較して酸素消費量 (V02) と HR 値をより高め、また、主観的運動強度 (RPE) もより低くさせることが確かめられています (5, 9, 10)。しかし、トレッドミルによるウォーキングやランニングは比較的インパクトが高いという特性を持っているため、このモードのエクササイズを利用できない患者が多数います。このように心臓リハビリ用の機器としてクロストレーナーが新たに注目されてきているのは、エクササイズでの衝撃が小さいと考えられるからです。このエクササイズに関する調査は、心臓病リハビリテーションの分野においては現在のところなされていません。したがって、本研究は CAD 患者におけるクロストレーニング対トレッドミル・ウォーキングの心肺への影響を測定することを目的とすることになりました。

方法

被験者

地元の心臓リハビリテーション・センターから被験者 12 人（男性 9 人、女性 3 人、年齢 47～79 歳）を募集しました。被験者は全員、以前に心臓病治療や手術、あるいは心臓病事象のいずれかまたは両方を経験したことがあります（CABG9 名、血管形成 2 名、心筋梗塞 1 名）、ニューヨーク心臓病協会心臓病機能別分類の機能レベルクラス I として分類されている人たちでした(11)。

被験者の特徴は表 1 に詳しく示しました。被験者は各々心臓専門医または心臓外科医からこの研究に参加する承認を得ており、インフォームド・コンセントがなされています。研究およびコンセントは学内倫理委員会の承認を得ています。

被験者はトレッドミルのエクササイズやウォーキングには慣れており、全員試験前に下半身のみクロストレーナー（プリコー社、ワシントン州ウッディンビル）に慣れるための予備セッションを受けました。被験者は毎回のテストセッション後に、エクササイズの試験手順とボルグの主観的運動強度段階について詳細な説明を受けました(12)。試験エクササイズは、4 回のサブマキシマル・エクササイズ・ランダム化試験（トレッドミル=2 回の試験、クロストレーナー=2 回の試験）から成ります。RPE10 と RPE14 の 2 つの異なる RPE 強度で 5 分間継続実行します。試験の順序はラテン方格配置を用いて、バランスよく割り当てました(13)。エクササイズ試験は全て医師の立ち会いのもとに行われました。

表 1

被験者の特徴（12 名）

パラメータ値（Parameter Measurement）

年齢 63.6±9.6（歳）

身長 174.0±9.3（cm）

体重 82.4±13.9（kg）

休息時 HR 72.5±10.2（b/min）

休息時 SBP 129.6±19.4（mmHg） 休息時 DBP 69.0±10.2（mmHg）

値は中間値±SD

被験者はトレッドミルで、5 分間 1.0mi/hr でウォーミングアップしてから座った姿勢で 5 分間休み、それから最初の試験に臨んで再び 5 分間休憩、というように 5 分間の休憩をはさんでエクササイズを行いました。被験者はそれぞれ全トライアルを同じ日のうちに行いました。エクササイズのそれぞれのモードに対して、被験者は RPE10 と RPE14 で運動しました。V_{O2} と呼気換気量（VE）は、センサーメディクス V_{max} シリーズ 29 メタボリックカート（センサーメディクス社、カリフォルニア州ヨーバリンダ）を使用し、開回路肺活量測定にて 20 秒ごとに分析されました。統計分析用には、各試験データのうち最後の 2 分間のデータの平均値をとり、使用しました。HR および心臓周期は、12 誘導心電図で連続的にモニターされました。心拍数はエクササイズ開始後 2 分 30 秒ごとに、また、試験後の休憩 5 分経過後に記録されました。BP もエクササイズ開始後 2 分 30 秒ごとに、また、試験後の休憩 5 分経過後に記録されました。BP は聴診器と血圧計を使用して聴診によってモニターされたものです。定常状態 V_{O2}、HR、BP、VE のデータは反復測定 2 元分散分析を用いて分析された結果です。有意なインタラクションが認められた場合には、Tukey の HSD 試験を用いて特定中間値比較を行いました。統計的有意性は有意水準 p0.05 でした（

結果

本研究の結果は表 2 にまとめてあります。RPE14 の強度レベルでは、クロストレーナーとトレッドミルそれぞれの V_{O2} に有意な差異はありませんでした（F=0.006、p>0.05）。し

かし、RPE10の強度レベルでは、V02の相対値と絶対値に差異（それぞれ $F=12.85$ 、 $p<0.05$ と $F=10.17$ 、 $p<0.05$ ）が認められました。HR値については、RPE14とRPE10の双方において、有意な差異（それぞれ $F=35.88$ 、 $p<0.05$ と $F=39.26$ 、 $p<0.05$ ）が示されました。VE値もまた、RPE14とRPE10の双方において、有意な差異（それぞれ $F=38.92$ 、 $p<0.05$ と $F=12.86$ 、 $p<0.05$ ）が示されました。さらに、収縮期血圧と拡張期血圧においても、RPE14強度で有意な差異（ $F=5.74$ 、 $p<0.05$ と $F=37.37$ 、 $p<0.05$ ）が出ました。ただし、RPE10での収縮期血圧と拡張期血圧（ $F=1.29$ 、 $p>0.05$ と $F=2.63$ 、 $p>0.05$ ）には差異は認められませんでした。

表 2

エリプティカル・クロストレーナー（ET）とトレッドミル（TM）による心肺反応

パラメータ	RPE=14		RPE=10		
	ET	TM	ET	TM	
V02 (ml/kg/min)	15.79±2.94	15.76±3.39	12.62±2.22	11.16±3.44	
V02 (L/min)	1.30±0.33	1.30±0.37	1.05±0.27	0.94±0.37	
HR (b/min)	126.5±13.2*	114.6±18.6	109.9±19.4	97.4±23.2	
VE (L/min)	40.71±7.16*	33.27±8.85	27.86±7.11	23.59±9.61	
収縮期 BP (mmHg)		176±21*	166±19	154±18	149±19
拡張期 BP (mmHg)		75±10*	69±7	69±7	68±7

値は中間値±SD。*ET と TM では、それぞれ高い値と低い値に有意な差異が認められる。

考察

心臓病リハビリテーションはCAD患者にとって重要です。健康を増進し、食餌療法とエクササイズを行うライフスタイルを通して将来の心臓事象の危険性を予防する助けとなるからです(1)。あるメタ分析によると、心臓病リハビリによって、あらゆる死因による致死率が24%低下し、心血管系疾病による致死率が25%低下することが分かっています(14)。心臓病リハビリ・プログラムでは、エクササイズ強度の処方にはHR、RPE、METなどの種々のモニタリング法を通して達成されます(15)。こういったエクササイズ中の変数を慎重に調整すると、CAD患者において異常な症候が発生するリスクを制限しつつ、望ましいトレーニング効果を引き出すことができます。CAD患者の能力と制限は様々ですから、トレッドミルや固定サイクル・エルゴメーター、ロウイング・エルゴメーターがエクササイズのために利用されることが多々あります。健康な人たちを対象にした以前の調査によると、トレッドミルは他のエクササイズ機器と比較して最大の心肺反応を起します(10, 16, 17)。心臓病リハビリを実施している人たちがエクササイズ機器を交換して使用する場合に、どれが利用可能で、どの程度効果があるのかといった研究は、あまりなされていません。今回の再調査から言えるのは、CAD患者におけるエリプティカル・クロストレーニングとトレッドミル・エクササイズの心肺への影響を調査した研究は本研究が初めてであることです。結果は、RPEのレベルが等しい場合、トレッドミルよりもクロストレーナーを使用したほうが代謝、心血管系、換気において高い反応値が得られたことが示されました。

本研究の結果の解釈は心臓病患者用エクササイズの処方に密接に関連しています。任意に選んだRPEレベル両方で、クロストレーナーとトレッドミルとで類似した代謝負荷値(V02)が達成されました。同様に、自ら選んだ強度でエクササイズを行った健康な大学生においてトレッドミルと下半身みのクロストレーナーおよび上/下半身のクロストレーナーの使用を比較した研究では、V02に有意な差異は認められていません(18)。下半身クロストレーナーの平均V02値は31.2 ml/kg/minであり、それに対してトレッドミルは31.4 ml/kg/minでした。

本研究による知見も、クロストレーナーには酸素消費量とカロリー消費量に関してトレッドミルに類似したトレーニング効果を CAD 患者に与える力があることを示唆しています。

クロストレーナーはトレッドミルと比較して衝撃が小さいので、太りすぎの患者、または背中、ひざなどの下脚に問題を抱えた人々には、より良いエクササイズとなるかもしれません。しかし、本研究において発見された、自己選択した RPE レベル両方での、エクササイズ間の HR と BP の有意な差異（表 2 参照）からすると、当初のエクササイズとしてはクロストレーナーを処方するほうがよいと考えられます。一般に HR と RPE を組み合わせてエクササイズ強度を処方する場合、心拍数の適切な目標範囲と一致させます(15)。今回の調査結果からは、この関係は初めてクロストレーナーでエクササイズする個人に対しても同様に正確かつ適確であるとは認められません。HR と BP の反応が増加したのは、被験者がエクササイズに慣れていなくて、ハンドレールにしがみついたり、クロストレーナーの動きに神経過敏になったのが理由かもしれません。地元の心臓病リハビリテーション施設での観察によると、このような違いは一時的なものであり、クロストレーナーに慣れるうちに消失していくものであることが示唆されています（個人的なコミュニケーションによる）。しかしながら、心血管系に過度の負担がかかると危険な不整脈または心筋虚血を引き起こす可能性がありますから、クロストレーナーのエクササイズ強度についての当初の処方には、保守的で慎重な姿勢で臨む必要があります(15)。したがって、今回の調査の範囲内では、CAD 患者に対してクロストレーニング・エクササイズを導入する場合には準備期間を設け、エクササイズの強度と継続時間を段階的に増やすようなプログラムを採用するべきです。

連絡先 : Len Kravitz, Ph.D., Exercise Science Program, Department of Physical Performance and Development, Johnson Center #1160, Albuquerque, NM 87111; Phone: (505) 277-4136; FAX: (505) 277-9742, Email: lkravitz@unm.edu

参考文献

1. Bethell HJ. Cardiac rehabilitation: from Hellerstein to the millennium. *Int J Clin Pract* 2000;54:92-7.
2. Hare DL, Bunker SJ. Cardiac rehabilitation and secondary prevention. *J Cardpulm Rehabil* 1999;171:433-9.
3. Richardson LA, Buckenmeyer PJ, Bauman BD, Rosneck JS, Newman I, Josephson RA. Contemporary cardiac rehabilitation: patient characteristics and temporal trends over the past decade. *J Cardpulm Rehabil* 2000;20:57-64.
4. Fletcher G, Froelicher VF, Hartley LH. AHA medical scientific statement. Exercise standards: a statement for health professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1990;82:2286-2322.
5. Schuler G, Hambrecht R, Senlief G, et al. Regular physical exercise and low-fat diet effects on progression of coronary artery disease. *Circulation* 1992;86:1-11. Elliptical vs. Treadmill Exercise in Cardiac Rehabilitation 15
6. Perk J, Veress G. Cardiac rehabilitation: applying exercise physiology in clinical practice. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:457-62.
7. Miles DS, Critz JB, Knowlton RG. Cardiovascular, metabolic, and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:14-9.
8. Howley ET, Colacino DC, Swensen TC. Factors affecting the oxygen cost of stepping on an electronic stepping ergometer. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:1055-8.

9. Niebauer J, Hambrecht R, Marburg C, et al. Impact of intensive physical exercise and low-fat diet on collateral vessel formation in stable angina pectoris and angiographically confirmed coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1995;76:771-5.
10. Thomas TR, Ziogas G, Smith T, Zhang Q, Londeree BR. Physiological and perceived exertion responses to six modes of submaximal exercise. *Res Q Exerc Sport* 1995;66:239-46.
11. Criteria Committee, New York Heart Association, Inc. *Disease of the Heart and Blood Vessels, Nomenclature and Criteria for Diagnosis* (6th edition). Boston: Little and Brown, 1964.
12. Borg, G. Perceived exertion: a note on 'history and methods.' *Med Sci Sports Exerc* 1973;5:90-3.
13. Keppell, G. *Design and analysis: A researcher's handbook*. London: Prentice Hall, 1983.
14. Oldridge NB, Guyatt GH, Fisher ME, et al. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction: combined experience of randomized trials. *JAMA* 1998;260:945-50.
15. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (6th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins, 2000.
16. Buckley JP, Davis JA, Simpson T. Cardio-respiratory responses to rowing ergometry and treadmill exercise soon after myocardial infarction. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1721-6.
17. Kravitz L, Robergs RA, Heyward VA, Wagner DR, Powers K. Exercise mode and gender comparisons of energy expenditure at self-selected intensities. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:1028-35.
18. Crommett A, Kravitz L, Wonsathikun J, Kemerly T. Comparison of metabolic and subjective response of three modalities in college-age subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:S677.