

報 告

等尺性体幹回旋運動時の循環動態変動*

白土 瑞穂** 田中正一
 檜原 貴雄 明日 徹

要旨

健康成人男性6名(平均年齢27.3±3.2歳)を対象に、等尺性体幹回旋運動時の循環動態変動の運動時間の影響を調査するため、3種類の運動時間(5, 10, 20秒)での運動を行った。また同時に、運動部位の異なった等尺性運動(肘屈曲, 膝伸展)との比較を行った。運動時の心拍数, 血圧を1拍毎に求め最高値と回復時間を比較した。5秒収縮運動では10秒, 20秒収縮と比較し, 有意に低値を示した。回復時間は運動時間が長いほど延長した。運動部位の比較では体幹回旋, 肘屈曲, 膝伸展の順で心拍数, 血圧が高く, 回復時間も延長したが有意差はなかった。よって, 等尺性体幹回旋運動を臨床で用いるには運動時間の考慮が必要だと考えられた。

キーワード 体幹回旋運動, 等尺性運動, 循環動態変動

はじめに

近年評価機器の発達により体幹回旋運動も定量的評価および訓練が可能となった。

体幹筋力強化は腰痛の予防, 治療に有効であり, 臨床での重要性が示唆されている¹⁾。その中でも等尺性運動は関節運動がないため, 骨粗鬆症患者などに対し処方されることが多い²⁾。しかし等尺性運動は等張性運動と比較して血圧上昇が大きく, 特に拡張期血圧の上昇が著明であると報告されている³⁾。また等尺性運動においては活動筋の筋肉量が多いほど循環動態変動は大きく³⁻⁶⁾、体幹回旋運動では多くの筋が活動すると予測されるため, 循環動態への影響は大きいと考えられる。

等尺性体幹回旋運動を処方される患者の中には循環器疾患や高血圧症などを合併している者も多く, リスク管

理の立場からも運動中の循環動態を知ることは必要不可欠なことであるが, 体幹回旋運動における循環動態についての報告は少なく⁷⁾⁸⁾、等尺性運動時のものはない。

そこで今回我々は訓練, 評価のプロトコール作成の基礎データとするため, 等尺性体幹回旋運動時の心拍数, 血圧変動を調査し, 運動時間の違いによる比較を行った。また同時に, 日常よく用いられる他の部位での運動(肘関節屈曲, 膝関節伸展)との比較を行ったので報告する。

対象と方法

循環器疾患, 腰痛症のない健康成人男性6名(平均年齢27.3±3.2歳)を対象とした。被験者には十分な説明を行い, 各運動最低1回は練習を行った。

予備実験として安静腰掛け坐位での心拍数, 血圧測定を行った結果, 20分間で安定した値をとったため実験前には最低20分間の安静腰掛け坐位をとった。

被験者を20分間の安静腰掛け坐位ののち運動機器上に固定し, 20分間の安静腰掛け坐位時の心拍数, 血圧測定を行い, 安静時の値とした。

運動時間の違いによる比較を行うため, 等尺性体幹回旋運動を5秒, 10秒, 20秒の3種類の運動時間で施行

* Cardiovascular Responses to Isometric Trunk Rotatory Exercise

** 門司労災病院リハビリテーション診療科
 (〒801 福岡県北九州市門司区東港町3-1)
 Mizuho Shiratsuchi, RPT, Shoichi Tanaka, MD,
 Takao Narahara, RPT, Tohru Akebi, RPT: Dept. of
 Rehabilitation Medicine, Moji Rosai Hospital
 (受付日 1993年7月29日/受理日 1994年8月5日)

した。

他の部位での運動との比較を行なうため、等尺性の肘関節屈曲運動、膝関節伸展運動をそれぞれ5秒間施行した。

またそれぞれの運動における筋出力を比較するため、ピークトルク (peak torque) とアベレージパワー (average power) の測定を行った。

1. 運動機器

体幹回旋運動の運動負荷には Lumex 社製 Cybex Torso Rotation Unit (TR) を用いた。被験者は腰掛け坐位にて股関節屈曲 90°, 外転 22.5° ずつの 45° 開排位、膝関節屈曲 90° とし、足部、大腿部、骨盤帯、肩甲骨、胸郭部をベルトで固定した。胸郭部の肩甲骨パッドはパッド上縁が肩甲骨上縁にあたるよう取り付けられた。

運動は回旋 0° の位置での右方向への等尺性体幹回旋運動を最大随意収縮にて行った。最大努力の判定は検者がモニターをみながら判断した。運動を行う際にはバルサルバの影響を避けるため呼吸は止めないように指示した。頭部は正中位に保持し、上肢は胸郭部の肩甲骨パッドを軽く抑えて体幹に引きつけ上肢の力を使わず体幹を回旋するよう指導した。

肘関節屈曲、膝関節伸展の運動負荷には Lumex 社製 Cybex 340 を用い、腰掛け坐位にて運動を行った。肘関節屈曲は肩関節屈曲 90° 肘関節屈曲 70° の位置にて上腕部を固定し、アーム先端のグリップを把握して行った。膝関節伸展は膝関節屈曲 60° の位置で大腿部を固定し、アーム先端のパッド下端を足関節内果上端の位置に取り付けて行った。

2. 心拍数、血圧測定

心拍数、血圧の測定には Ohmeda 社製非観血的連続自動血圧計 (Finapres) を用い、1拍毎に R-R 間隔にて測定した。カフは右中指近位指節間関節に装着した。測定値は Finapres からのデジタルデータを RS-232C

を介して NEC 社製パーソナルコンピュータ PC 9801 に転送した。

予備実験の結果より本実験前には 20 分以上の腰掛け坐位での安静をとった。その後 TR 上にて 5 分間の安静時心拍数、血圧を測定し、さらに運動中、運動終了後 5 分間が経過するまで連続して測定をおこなった。自律神経の影響を最小限にするため測定時間は被験者毎に一定とした。

3. データ解析

ピークトルクとアベレージパワーは対応のある t 検定にて比較した (有意水準 5%)。

運動中の心拍数 (HR)、収縮期血圧 (SBP)、平均血圧 (MBP)、拡張期血圧 (DBP) の最高値と回復時間を求め、運動時間による比較、運動部位による比較を行った。最高値の比較には対応のある t 検定を用いた (有意水準 5%)。

回復時間は運動前、運動中、運動終了後 5 分間の HR、SBP、MBP、DBP の値 (1 拍毎の値を 1 秒毎に変換) と安静時の値とを二元配置分散分析 (実験条件、回復時間) にて比較し、Fisher の LSD (Least Significant Difference) test を用い対照実験と有意差のなくなる時間とした (有意水準 5%)。

結 果

1. 運動時間による比較

3 種類の運動時間においてピークトルクとアベレージパワーに有意差は認められなかった (表 1)。

運動時における最高 HR、SBP、MBP、DBP は安静時の値と比較して有意に高値を示した。

運動時間毎の比較では、最高 HR は 5 秒収縮で 98.5 ± 3.7 拍/分、10 秒収縮で 111.2 ± 9.0 拍/分、20 秒収縮で 126.3 ± 8.2 拍/分であり運動時間が長いほど有意に高値を示した。最高 SBP は 5 秒収縮で 140.3 ± 11.8 mmHg、10 秒収縮で 169.5 ± 23.3 mmHg、20 秒収縮で

表 1 各運動におけるピークトルクとアベレージパワー (Nm)

	体 幹 回 旋 運 動			肘屈曲運動	膝伸展運動
	5 秒	10 秒	20 秒	5 秒	5 秒
ピークトルク	97.5 ± 17.6*	102.8 ± 21.2*	98.8 ± 21.2*	44.1 ± 29.0	142.0 ± 108.3*
アベレージパワー	57.8 ± 10.5*	59.2 ± 9.0*	60.5 ± 13.8*	25.8 ± 15.8	82.0 ± 64.3*

* ; 肘屈曲 5 秒との比較 (p < 0.05)
値は平均 ± 標準偏差

表2 安静時と等尺性運動時の心拍数、血圧の最高値

	安静時	体幹回旋運動			肘屈曲運動	膝伸展運動
		5秒	10秒	20秒	5秒	5秒
心拍数 (拍/分)	76.6±7.3	98.5±3.7	111.2±9.0*	126.3±8.2*#	89.8±11.7	87.5±8.5
収縮期血圧 (mmHg)	119.4±12.0	140.3±11.8	169.5±23.3*	186.0±30.4*	139.8±10.0	135.2±10.1
拡張期血圧 (mmHg)	69.0±9.0	95.8±15.9	104.2±10.9	119.7±21.5	89.8±13.0	83.8±12.3
平均血圧 (mmHg)	84.8±9.0	109.1±14.4	117.8±11.4	134.3±21.6*	107.5±11.9	99.2±10.7

* ; 体幹回旋運動5秒との比較 (p<0.05) # ; 体幹回旋運動10秒との比較 (p<0.05)
値は平均±標準偏差

表3 等尺性運動時の回復時間 (秒)

	体幹回旋運動			肘屈曲運動	膝伸展運動
	5秒	10秒	20秒	5秒	5秒
心拍数	18	14	36	5	5
収縮期血圧	14	25	53	12	9
拡張期血圧	15	16	24	14	13
平均血圧	16	23	39	12	10

186.0 ± 30.4 mmHg であり5秒より10秒, 5秒より20秒の方が有意に高値であった。最高MBPは5秒収縮で109.1 ± 14.4 mmHg, 10秒収縮で117.8 ± 11.4 mmHg, 20秒収縮で134.3 ± 21.6 mmHg であり, 5秒より20秒の方が有意に高値であった。最高DBPは運動時間による有意差は認められなかった。(表2)。

回復時間は, HRにおいて5秒より10秒の方がわずかに回復時間の減少が認められたが, その他の比較では運動時間が長くなるにしたがって回復時間が長くなった(表3)。

心拍数, 平均血圧の運動時間毎の変動を図1, 2に示す。

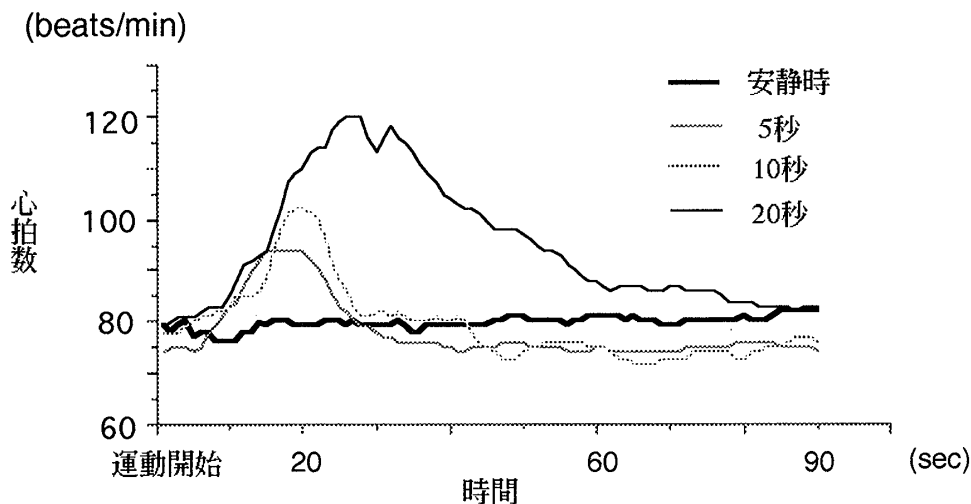


図1 運動時間毎の心拍数変動

2. 運動部位による比較

各運動のピークトルクとアベレージパワーは膝関節伸展, 体幹回旋, 肘関節屈曲の順で増加し, 肘関節屈曲より, 体幹回旋, 膝関節伸展が有意に大きい値を示した(表1)。

運動時における最高HR, SBP, MBP, DBP, は安静時の値と比較して有意に高値を示した。

運動部位別の比較では肘関節屈曲, 膝関節伸展, 体幹回旋のいずれでも最高HR, SBP, MBP, DBPの値に有意差は認められなかったが体幹回旋, 肘関節屈曲, 膝関節伸展の順で高い傾向がみられた(表2)。

回復時間は体幹回旋, 肘関節屈曲, 膝関節伸展の順で長くなる傾向がみられた(表3)。

考 察

一般に等尺性運動は等張性運動や等運動性運動と比較して循環器に与える影響は大きく, 高血圧症や循環器疾患を有する患者に処方する際には注意が必要である。等張性運動では活動筋の血管拡張作用により末梢循環抵抗が低下するため, 血流量が増加し, 心拍数, 収縮期血圧

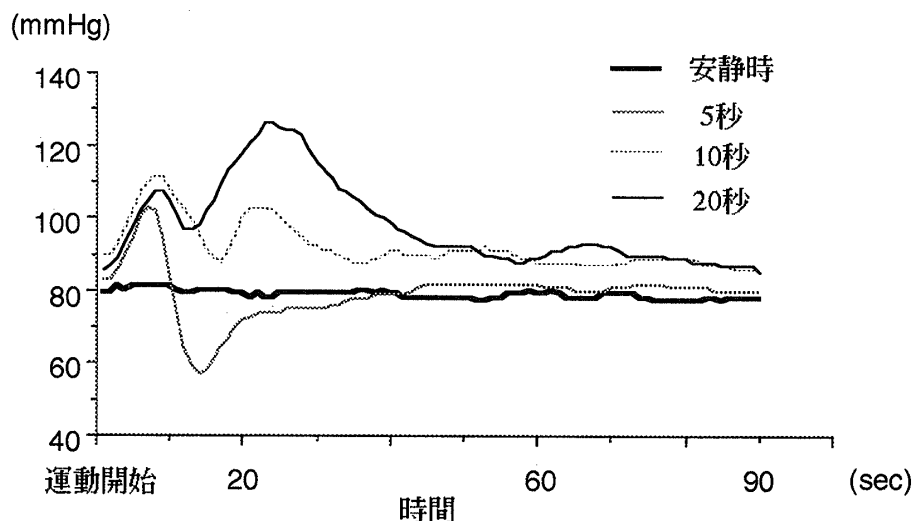


図2 運動時間毎の平均血圧変動

が増加する。しかし等尺性運動では筋内圧の上昇により末梢抵抗が増加し、活動筋への血流を妨げるため、収縮期血圧、拡張期血圧の上昇がおこる⁹⁾。Blomqvistらは等張性の肘関節屈伸運動と等尺性の握り運動とを比較し、等尺性運動時の拡張期血圧に有意な上昇があったと報告した³⁾。

等尺性運動の循環動態変動に影響を与える因子としては、運動時間、活動筋肉量、運動強度(%MVC; maximal voluntary contraction)等が考えられる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。本研究では運動負荷に最大随意収縮での等尺性体幹回旋運動を用いたため、循環動態変動は大きくなることが予想された。今回施行した3種類の運動時間のうちでは5秒収縮が有意に心拍数、血圧の変動が少なく、運動時間と循環動態変動は深い関係があることが明らかになった。回復時間もまた運動時間が長いほど延長する傾向がみられた。

運動部位の比較では、体幹回旋運動と日常よく用いられる運動として肘関節屈曲運動と膝関節伸展運動との比較を行なった結果、筋出力は膝関節伸展、体幹回旋、肘関節屈曲の順で大きい値を示し、循環動態変動は体幹回旋、肘関節屈曲、膝関節伸展の順で大きい傾向がみられた。

今回の結果より、等尺性体幹回旋運動は循環器に与える影響が大きく、循環動態変動は運動時間により大きな影響をうけるため、高血圧症患者や心疾患患者に用いる際には運動時間を十分考慮したプロトコルを作成する必要があると考えられた。

引用文献

- 1) 石田 肇：腰痛のリハビリテーション，産業リハビリテーション医学，「臨床産業医学全書8」赤津 隆，石田 肇，・他（編），医歯薬出版，1988，pp 116-134.
- 2) Aisenbrey JA：Exercise in the prevention and management of osteoporosis. *Phy Ther* 67 (7)：1100-1104, 1987.
- 3) Blomqvist CG, Lewis SF, *et al.*：Similarity of the hemodynamic responses to static and dynamic exercise of small muscle groups. *Supp I Circ Res* 48(6)：87-93, 1981.
- 4) Seals DR, Washburn RA, *et al.*：Increased cardiovascular response to static contraction of larger muscle groups. *J Appl Physiol* 54(2)：434-437, 1983.
- 5) Mitchell JH, Payne FC, *et al.*：The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. *J Physiol* 309：45-54, 1980.
- 6) Nagle FG, Seals DR, *et al.*：Time to fatigue during isometric exercise using different muscle masses. *Int J Sports Med* 9：313-315, 1988.
- 7) 檜原貴雄，田中正一・他：体幹等速回旋運動時の循環動態変動—運動時間一定下の異なる角速度の比較—。運動生理 7(4)：209-214, 1992.
- 8) 明日 徹，田中正一・他：軀幹等速度回旋運動時の循環動態—健康成人における運動角速度と運動回数の比較—。理学療法学 20(8)：499-503, 1993.
- 9) 大井淑雄：筋力増強の生理学。「リハビリテーション基礎医学」上田 敏，千野直一・他（編），医学書院，1983，pp 307-319.
- 10) Haennel RG, Snyder Miller GD, *et al.*：Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 73：150-155, 1992.
- 11) Chrysant SG：Hemodynamic effect of isometric exercises in normotensive hypertensive subjects hypertension. *Angiology* 29：379-385, 1978.
- 12) 岩倉博光：運動の呼吸・循環系に及ぼす影響。「リハビリテーション基礎医学」上田 敏，千野直一・他（編），医学

- 書院, 1983, pp 87-96.
- 13) Greer M, Dimick S, *et al.* : Heart rate and blood pressure response to several methods strength training. Phys Ther 64 : 179-183, 1984.
- 14) 蜂須賀研二 : 筋力強化と運動処方. 整・災外 31 : 903-908, 1988.

〈Abstract〉

Cardiovascular Responses to Isometric Trunk Rotatory Exercise

Mizuho SHIRATSUCHI, RPT, Shoichi TANAKA, MD, Takao NARAHARA, RPT,
Tohru AKEBI, RPT

Department of Rehabilitation Medicine, Moji Rosai Hospital

The purpose of this study was to investigate whether the cardiovascular responses to isometric trunk rotatory exercise are influenced by changes in the duration of exercises. In addition, differences in the cardiovascular responses to isometric exercise using different muscle groups (trunk rotation, elbow flexion, and knee extension) were studied. Six healthy men volunteered to participate in this study. Isometric trunk rotatory exercise was performed using Cybex Trunk Rotation Unit at three different exercise times (5, 10, and 20 sec). Two other isometric exercises (elbow flexion and knee extension) were performed with 5-sec contraction. Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), mean blood pressure (MBP), and diastolic pressure (DBP) were continuously measured non-invasively with a servo-plethysmomanometer (Finapres type 2300) every beat. Peak HR, SBP, MBP, and DBP values were compared between the different exercise conditions. During trunk rotatory exercise, peak HR significantly increased with the increase in exercise time, i.e., HR (20 sec) > HR (10 sec) > HR (5 sec). Peak SBP significantly increased with an increase in exercise time, i.e., SBP (20 sec) or SBP (10 sec) > 5 sec. Peak MBP significantly increased with an increase in exercise time, i.e., MBP (20 sec) > MBP (5 sec). However, Peak DBP was not significantly different at the three different exercise times. During 5-sec isometric muscle contraction, peak HR, SBP, MBP, and DBP progressively increased from knee extension to elbow flexion to trunk rotation, but there were no significant differences between the three muscle groups. These findings indicate the importance of exercise time during isometric trunk rotatory exercise.