

## 等尺性運動, バルサルバが健常成人の 血圧・心拍に及ぼす影響

西本哲也 西本千奈美 渡邊 進 妹尾勝利 井上桂子

川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科

(平成9年11月19日受理)

### Effect of Isometric Exercise and Valsalva on Blood Pressure in Healthy Adults

**Tetsuya NISHIMOTO, Chinami NISHIMOTO, Susumu WATANABE,  
Katsutoshi SENO and Keiko INOUE**

*Department of Restorative Science  
Faculty of Medical Professions  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-01, Japan  
(Accepted Nov. 19, 1997)*

**Key words :** isometric exercise, valsalva, blood pressure

#### はじめに

理学療法の訓練場面では、筋力増強訓練に等尺性運動を用いることが多い。従来より等尺性運動は運動強度が強い程、血圧の上昇と心拍の増加が大きい<sup>1)2)</sup>と言われ、幾つかの報告でも実証されている<sup>3)4)</sup>。また我々の先行研究では、健康成人において上肢の等尺性運動時に、最大筋力の50%強度のときでも収縮期血圧(以下SBP)と拡張期血圧(以下DBP)の有意な上昇と低下が見られた<sup>5)</sup>。これらの原因として、等尺性運動においては持続的筋収縮による筋への血流量制限による筋疲労や、バルサルバ(いきみ)による呼吸循環系に対する特殊な影響が生ずる<sup>6)</sup>ことが考えられる。しかしながら、等尺性運動中の持続的な循環動態やバルサルバなど呼吸形態が循環動態に及ぼす影響に関する詳しい報告は少

なく、この有意な血圧変動のメカニズムは定かではない。

今回我々は、訓練中のリスク管理の参考にするため、その予備的研究として20歳代の健康成人を対象に、理学療法でよく行われている等尺性膝伸展運動時の循環動態の変化とバルサルバによる影響を検討した。

#### 対象と方法

年齢20~22歳(平均 $20.4 \pm 0.7$ 歳)の健康人9名(男性6名,女性3名)を対象とした。

対象者を背もたれのある椅子に座らせ体幹と大腿部をベルトで固定し、次に示すそれぞれの実験を行ない血圧と心拍を連続的に測定した。血圧と心拍の測定・解析には、右橈骨動脈にセンサーを装着する、非観血連続血圧測定装置 JENTOW-7700と解析システム EXA-700(日

本コーリン)を用いた。

(実験1)

対象者に左側の膝屈曲30°の位置で等尺性膝伸展運動を行わせた。筋力の測定にはGT-30(OG技研)を用いた。筋力の数値を運動強度の指標とし、対象者には運動中の筋力をモニターで確認させながら行った。

運動様式は、1)最大強度の運動を5秒間持続した時、2)75%強度の運動を5秒間持続した時の2種類を行った。

(実験2)

方法は実験1と同様で、運動様式は、1)5秒間の最大強度の運動を休息5秒をはさんで5回、2)5秒間の75%強度の運動を休息5秒をはさんで5回、3)5秒間の最大強度の運動を休息10秒をはさんで5回、4)5秒間の75%強度の運動を休息10秒をはさんで5回の4種類を行った。

(実験3)

安静吸気時と最大吸気時でそれぞれ5秒間と10秒間の息止めを行った。

血圧はSBPとDBPの最大・最小値で、心拍はR-R間隔の平均値で、安静時と運動・息止め時の比較、運動強度、時間(休息あるいは息止め)による比較を行った。比較にはt検定を用い、有意水準は5%とした。安静時値は各イベント前20拍の平均値とした。各実験とも開始前に十分な安静を保ち、この血圧・心拍を安静

時の目安とし、それぞれのイベントは血圧と心拍が安静時のレベルに回復したことを確認して開始した。

### 結果と考察

各実験の安静時とイベント時におけるSBP、DBPの最大・最小値とR-R間隔を表1~3に示す。

(血圧)

実験1ではほとんどの結果が安静時とくらべて有意差があった。運動強度による比較では、SBP最大、SBP最小、DBP最大において有意差があった。

最大運動時の血圧変動の一例を図1に示す。SBP、DBPとも5秒間の運動中に最大値に達し、運動中からすでに下降を始め運動後に最小値を示している。この傾向は対象者全員、そして75%運動のときも同じであった。

実験2では安静時と各運動時との間には全て有意差があった。運動強度による比較でも5秒休の時のSBP最大以外は全て有意差があった。同じ運動強度での5秒と10秒の休息时间による有意差は認められなかった。

最大運動-10秒休の時の血圧変動の一例を図2に示す。5秒間の各運動ごとに見てみると、実験1のときと同じく、図のように運動中に最大値に達し、運動中に下降を始め運動後休息時に最小を示す例が、全イベント中89%(161回/

表1 血圧とR-R間隔(実験1)

	安静時		最大5秒運動	75%5秒運動
血圧 (mmHg)	収縮期	収縮期最大	* 150 ± 9	* 140 ± 8
		収縮期最小	* 92 ± 21	* 107 ± 15
	拡張期	拡張期最大	* 100 ± 16	* 86 ± 13
		拡張期最小	* 55 ± 14	* 59 ± 13
R-R間隔 (msec)	820 ± 125		* 652 ± 73	* 705 ± 106

数値：対象者9名の平均±SD

\* :安静時との有意差あり(t検定 p<0.05)

\*\* :有意差あり(t検定 p<0.05)

表2 血圧とR-R間隔 (実験2)

		安静時	最大-5秒休	75%-5秒休	最大-10秒休	75%-10秒休	
血圧 (mmHg)	収縮期	119±8	収縮期最大	* 166±22	* 152±16	* 164±15	* 152±13
			収縮期最小	* 87±19	* 107±8	* 89±21	* 105±13
	拡張期	67±10	拡張期最大	* 115±25	* 95±12	* 111±17	* 95±18
			拡張期最小	* 46±13	* 56±12	* 47±15	* 55±11
R-R間隔 (msec)	814±120	* 631±84	* 721±99	* 641±88	* 708±90		

数値：対象者9名の平均±SD

\* : 安静時との有意差あり (t検定 p<0.05)  
\*\* : 有意差あり (t検定 p<0.05)

表3 血圧とR-R間隔 (実験3)

		安静時	最大呼吸5秒止	安静吸気5秒止	最大呼吸10秒止	安静吸気10秒止	
血圧 (mmHg)	収縮期	122±8	収縮期最大	* 143±14	* 138±13	* 146±11	* 140±15
			収縮期最小	* 98±22	* 116±12	* 99±22	* 114±12
	拡張期	66±8	拡張期最大	* 80±9	* 75±9	* 83±9	* 75±8
			拡張期最小	* 53±13	* 62±11	* 55±14	* 62±10
R-R間隔 (msec)	806±65	* 822±78	* 809±60	* 850±69	* 797±70		

数値：対象者9名の平均±SD

\* : 安静時との有意差あり (t検定 p<0.05)  
\*\* : 有意差あり (t検定 p<0.05)

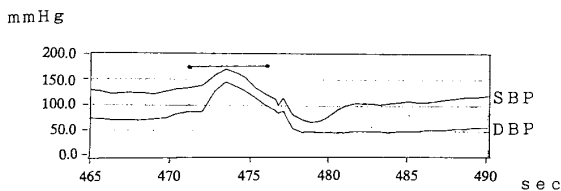


図1 血圧の継時的変動例 (最大5秒運動)

●—●は運動中を示す。

SBP, DBPともに運動中に最大値に達し, 運動後に最小値を示している. SBPは最小値を示した後再び上昇し安静時値に戻っている。

180回)であった, それぞれの平均は, 最大値は運動開始から $2.8 \pm 1.3$ 秒後, 最小値は運動終了から $3.2 \pm 1.7$ 秒後であった. その他の少数例では運動後に最大値を示したり, 運動中に最小値を示した。

実験3では安静吸気におけるDBP最小以外は安静時と比べて有意差があった. 息止め時間による比較では安静・最大吸気とも5秒と10秒では有意差がなかった. 同じ息止め時間では5秒, 10秒ともSBP最小において, 10秒の時に

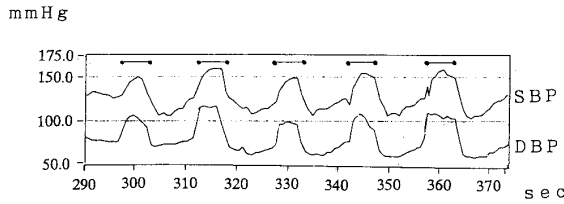


図2 血圧の継時的変動例（最大-10秒休）

●—●は運動中を示す。

SBP, DBPともに運動中に最大値に達し、運動後に最小値を示している。最大運動においては実験1よりも上昇率、下降率とも大きい。

DBP最大において安静・最大の間有意差があった。

血圧変動の継時的なパターンについては、最大吸気5秒止めの場合には9例中8例で実験1と同じ傾向を示した。

最大吸気10秒止めの場合には息止めの持続中に最小値に達したが、継時的なパターンは実験1と同じ傾向が全例で認められた。安静時の場合は継時的なパターンがつかめなかった。

次にリスク管理上有用なSBPに着目し、実験1～3の全イベントにおけるの安静時からの変動値を示したグラフを図3、4に表わす。

注目すべきことの一つは等尺性運動は休息時間（今回は5秒、10秒）を挟んでも、何回か回を重ねる（今回は5回）とSBP最大値、最小値の変動が大きくなることである。Hettingerらは筋力増強訓練に等尺性運動を用い、最大筋力の2/3以上で、6秒間を1回行えば筋力増強ができるとしている<sup>7)</sup>が、今回の結果から、その方法はリスク管理的にも推奨されるだろう。

次にいえることは、ある一定以上（今回の実験では75%強度）の強度における等尺性運動にはバルサルバが伴い、強度や回数が増すにつれて変動値が大きくなるということである。最大吸気時での息止めは最大運動での下降値とほぼ等しいが、上昇値は運動時の方が大きい。このことから等尺性運動時における血圧の上昇はバルサルバの影響に加えて筋収縮による筋への血流量制限などが関連し、血圧の下降はほとんどがバルサルバによる影響であることが示唆された。このバルサルバのメカニズムは、息をこらえることにより胸腔内圧が上昇し、一時的に血

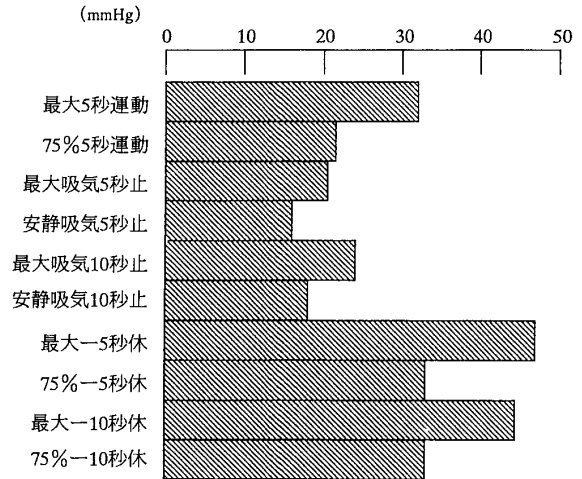


図3 SBP 上昇値

各実験における安静時値からの上昇幅を示す。1回の運動よりは5回連続運動の方が上昇幅が大きい。また最大呼気での息止め時より5秒間の最大運動時の方が上昇幅が大きい。

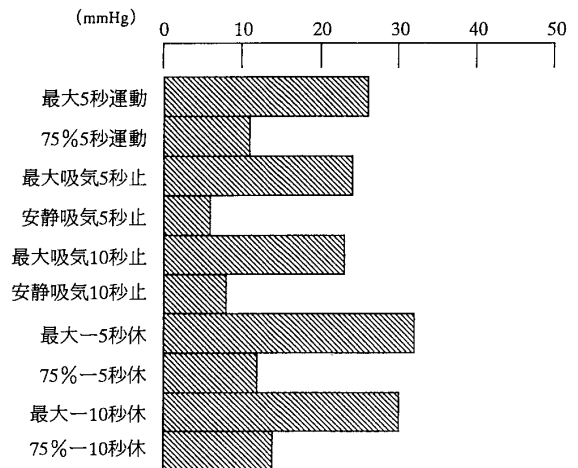


図4 SBP 下降値

各実験における安静時値からの下降幅を示す。1回の運動よりは5回連続運動の方が下降幅はわずかに大きい。最大呼気での息止め時と5秒間の最大運動時では下降幅はほとんど変わらない。

圧が上昇した後、増大した胸腔内圧が心臓や血管を圧迫し静脈還流が減少して血圧が急激に低下する<sup>8)</sup>と考えられている。

また、理学療法で実際に実験2のような訓練が行われることがあるが、特に最大強度の運動の場合かなりの上昇値と下降値を示していることから、高血圧、あるいは逆に低血圧によるり

スクのある患者には注意を要すると考えられる。

〔心拍〕

実験1, 2においては安静時と各運動との間には全て有意差があった。実験1では運動強度による比較では有意差がなかった。実験2では運動強度による比較では全て有意差があったが、休息時間による比較では有意差は認められなかった。

実験3では最大10秒止めの時のみ安静時と有意差があった。

心拍の変動を継時的にみても、血圧のときのような(図1, 2)各イベントのパターンはつかめなかった。またR-R間隔を心拍数に換算したところ最も多い心拍数は実験2の最大運動-5秒休のときであり、95回/分であった。今回は血圧の結果ほどリスク管理上、問題とならなかった。

たので、主に血圧の変動に注目した。

## 結 論

今回の研究では、等尺性運動時の循環動態とバルサルバの影響が少し解明された。また、循環動態の変動には運動時間や運動強度、筋活動量なども影響因子となることがわかった。しかし測定条件において、精神的影響などの要素が考慮できなかったことなど反省点もある上、実験データにはある程度の個人差があったことも否定できない、ネガティブな要素を取り除き、対象人数を増やして、個人差のタイプを見いだせるようなデータを得る必要があることを痛感した。今後はリスク管理という目的に沿うべく、対象・方法を慎重に設定し、さらに臨床の場面に近い条件で検討を行っていきたい。

## 文 献

- 1) William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch (1986) The Cardiovascular system. In: *EXERCISE PHYSIOLOGY*, Third Edition, LEA & FEBIGER, Philadelphia, pp 302-303.
- 2) 西保 岳 (1996) 運動と循環. 宮村実晴編, 最新運動生理学, 初版, 真興交易(株)医書出版部, 東京, pp 225-225.
- 3) 丸山仁司 (1988) 負荷方法の相違による生理的反応 同一負荷量による等尺性運動. *運動生理*, **3**(4), 239-242.
- 4) 中山彰博 (1993) 立位時等尺性運動負荷が呼吸循環反応に及ぼす影響. *体力科学*, **42**(6), 785-785.
- 5) 井上桂子, 渡邊 進, 西本哲也, 長尾光城 (1997) 上肢等尺性運動時の循環動態 — 20歳代健康男性の場合 —. *作業療法*, **16**(特別号), 98-98.
- 6) 白土瑞穂, 田中正一, 檜原貴雄, 明日 徹 (1994) 等尺性体幹回旋運動時の循環動態変動. *理学療法学*, **21**(5), 326-330.
- 7) 大井淑雄 (1974) 運動療法の基本. 大井淑雄, 博田節夫編, 運動療法, 第2版, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp 180-180.
- 8) William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch (1986) Pulmonary Structure and Function. In: *EXERCISE PHYSIOLOGY*, Third Edition, LEA & FEBIGER, Philadelphia, pp 238-239.