



リスク管理に着目した脊髄損傷患者に対する
運動処方基準作成に関する研究

(課題番号 14571379)

平成 14 年度～平成 15 年度科学研究費補助金

(基盤研究 (C)₂ 研究成果報告書)

平成 16 年 3 月



研究代表者 大成 浄 志

(広島大学医学部保健学科)

リスク管理に着目した脊髄損傷患者に対する
運動処方基準作成に関する研究

(課題番号 14571379)

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金

(基盤研究(C)²研究成果報告書)



平成16年3月

研究代表者 大成 浄 志

(広島大学医学部保健学科)

研究組織

研究代表者 : 大成 浄志 (広島大学 医学部 教授)
研究分担者 : 川口 浩太郎 (広島大学 医学部 講師)

交付決定額 (配分額) 金額単位: 千円

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	2,600	0	2,600
平成15年度	900	0	900
総計	3,500	0	3,500

目次

第 1 章:

脊髄損傷者における血圧脈波検査装置を用いた血管性状の検討.....1

第 2 章:

脊髄損傷者における運動耐容能の検討.....9

第 3 章:

車いすテニスにおける運動強度の検討.....21

第 4 章:

移動活動時の身体活動度の測定における携帯型加速度測定器の有用性に関する
研究—歩行・走行・車いす駆動における検討—.....27

第 5 章:

**Changes in cerebral blood flow and blood pressure during head-up tilt in a
patient with chronic quadriplegia: A case report.....38**

第 6 章:

車椅子上での安静座位および軽度の身体活動が血圧に与える影響.....42

第 7 章:

頸髄損傷者にみられるクローヌスや筋痙攣に対する循環反応.....54

第 1 章：脊髄損傷者における血圧脈波検査装置を用いた血管性状の検討

1. はじめに

脊髄損傷者では、麻痺域での感覚機能や運動機能が障害されていることに加えて、自律神経機能も消失または機能不全を呈し、この自律神経機能の障害は、交感神経性の血流調節機構に反映される。そしてさらに受傷経過とともに、麻痺域での血管床の減少などといった血管自体の性状の変化が起こるともされている¹⁾。したがって、脊髄損傷者において体位変換に伴う血圧調節機構や運動時における循環応答などを検討する場合、自律神経機能のみならず、血管自体の性状変化も考慮することは重要である。

近年、血管機能の指標の一つである血管弾性能について血圧脈波検査装置を使用して検討することが可能となっている²⁾。本装置は、糖尿病患者や高血圧患者を対象にした報告が多く³⁾⁴⁾、脊髄損傷者での血管弾性の変化に着目した報告は少ない。

そこで血圧脈波検査装置を用いて四肢血圧、足関節上腕血圧比 (ABPI: ankle brachial pressure index) 及び脈波伝播速度 (PWV: pulse wave velocity) を測定し、脊髄損傷者での特徴的所見を明らかにすることを目的とした。

2. 対象および方法

対象は脊髄損傷者 (SCI) 6 名と健常者 (Control) 6 名とした。測定前に排尿を済ませ、背臥位での安静を十分にとった後、血圧脈波検査装置 VaSera VS-1000 (FUKUDA DENSHI) を使用し、四肢での動脈波形および心電図、心音を記録した。得られた動脈波形より上腕部および足関節部での収縮期血圧 (Syst-BP) を求め、さらに左右足関節収縮期血圧/上腕収縮期血圧より、それぞれ右足関節上腕血圧比 (R-ABI)、左足関節上腕血圧比 (L-ABI) を算出した。また、測定時に入力した対象者の身長から、大動脈起始部から右上腕カフ装着部位までの血管の長さ (LB) と大動脈起始部から左または右足首カフ装着部位までの血管の長さ (LA) を求め、次に動脈波形と心音から、心音第 II 音の立ち上がりから右上腕カフ脈波の切痕点までの時間差 (TB) と右上腕カフ脈波の立ち上がりから右または左足首カフの脈波の立ち上がりまでの時間差 TR と TL を求め、 $(LA-LB)/TR$ から上腕～右足関節間脈波速度 (R-PWV)、および $(LA-LB)/TL$ から上腕～左足関節間脈波速度 (L-PWV) と、 LB/TB より心臓～右上腕間脈波速度 (B-PWV) を算出した。

2 群間の比較には Wilcoxon の順位和検定を行い、有意水準は 5% 未満とした。

3. 結果

上腕での Syst-BP について SCI が $99.8 \pm 14.5 \text{ mmHg}$, Control が $131.0 \pm 15.9 \text{ mmHg}$ となり 2 群間で有意差が認められた. また, R-ABI について SCI が 1.1 ± 0.1 , Control が 1.2 ± 0.1 となり 2 群間で有意差を認め, L-ABI についても SCI が 1.0 ± 0.1 , Control が 1.2 ± 0.1 となり 2 群間で有意差を認めた. しかし, R-PWV について SCI が $10.7 \pm 1.2 \text{ m/sec}$, Control が $11.9 \pm 1.0 \text{ m/sec}$ となり 2 群間で有意な差は認めず, L-PWV についても SCI が $10.8 \pm 1.5 \text{ m/sec}$, Control が $11.8 \pm 0.8 \text{ m/sec}$ となり 2 群間で有意な差は認めなかった. さらに, B-PWV についても SCI が $4.7 \pm 0.9 \text{ m/sec}$, Control が $5.7 \pm 0.7 \text{ m/sec}$ となり 2 群間で有意な差を認めなかった.

4. 考察

脈波速度とは, 物理学における Moens-Korteweg 式の理論を動脈にあてはめ, 内径が細く, 壁が厚く, 伸展性に乏しい動脈ほど PWV は速くなるとされており²⁾, 本測定機器における基準値は $\text{PWV} \leq 13.5$, $\text{B-PWV} \leq 7.0$ としており, 今回の結果から SCI と Control の両群ともに PWV の値は基準値内であることが示された. また足関節上腕血圧比とは動脈閉塞や狭窄の存在と, その代償程度を反映するとされており⁵⁾, 足関節血圧は有意な狭窄がなければ, 上腕血圧よりも高いために $\text{ABI} \geq 1$ となる. 今回の結果から, SCI において 1 名のみ, $\text{R-ABI} = 0.82$, $\text{L-ABI} = 0.85$ と基準値を下回っていたために, 動脈の狭窄が疑われた. しかし, それ以外の対象者は全て基準値内であり, 血管病変の疑いは少ないと思われた. また, SCI では Control と比較して R-ABI, L-ABI において有意に低い値を示しており, SCI の安静時血圧値そのものが有意に Control より低いことが, 影響している可能性がある. 今後さらに末梢の血管について検討や血液そのものの流動性などと合わせて評価する必要があると考えられる.

5. まとめ

脊髄損傷者を対象に, 血圧脈波速度および足関節上腕血圧比の測定を行った. 今回の結果では, 脊髄損傷者では健常者と比較して有意に低い値を示すことがあったが, 1 名を除いて基準値内であり, 血管性状の異常は特に疑われなかった.

6. 文献

- 1) 大橋正洋: 脊髄損傷マニユアル-リハビリテーション・マネージメント-, 医学書院, 東京, 1998
- 2) 山科章 他: 脈波速度測定の臨床意義, 動脈硬化予防 2(2):30-36, 2003.
- 3) 福井敏樹 他: 軽症 2 型糖尿病における baPWV/ABI 測定の意義, 健康医学 18(2):159-162, 2003.
- 4) 正田孝明 他: 閉塞性動脈硬化症における加速度脈波, PWV, ABI 値の動態, 脈管学 43(7):271-274, 2003.
- 5) 正木久男: ABI による閉塞性動脈硬化の検出(解説/特集), 動脈硬化予防 2(2):50-55, 2003.

表1. 対象者の身体特性

	height	weight	age	ASIA
SCI(n=6)	170.5±4.8	52.8±4.0 *	41.7±10.6	Grade A
Control(n=6)	167±5.9	73±8.6 *	40.7±12.2	

*** significant difference between SCI and Control (p<0.05)**

mean±SE

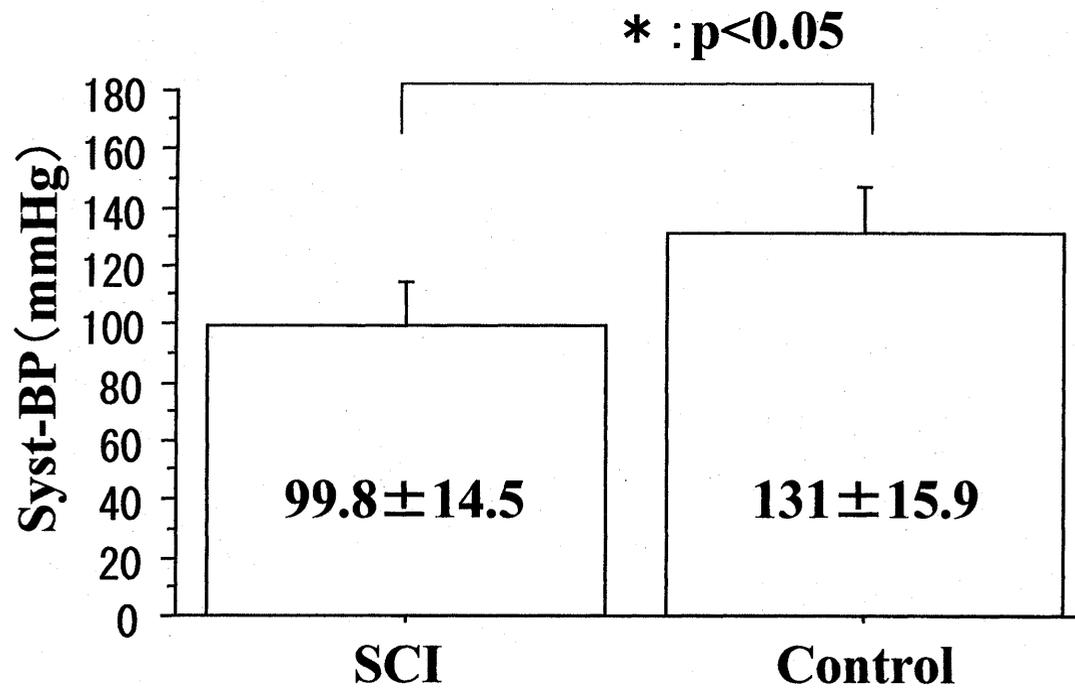


図1. 収縮期血圧

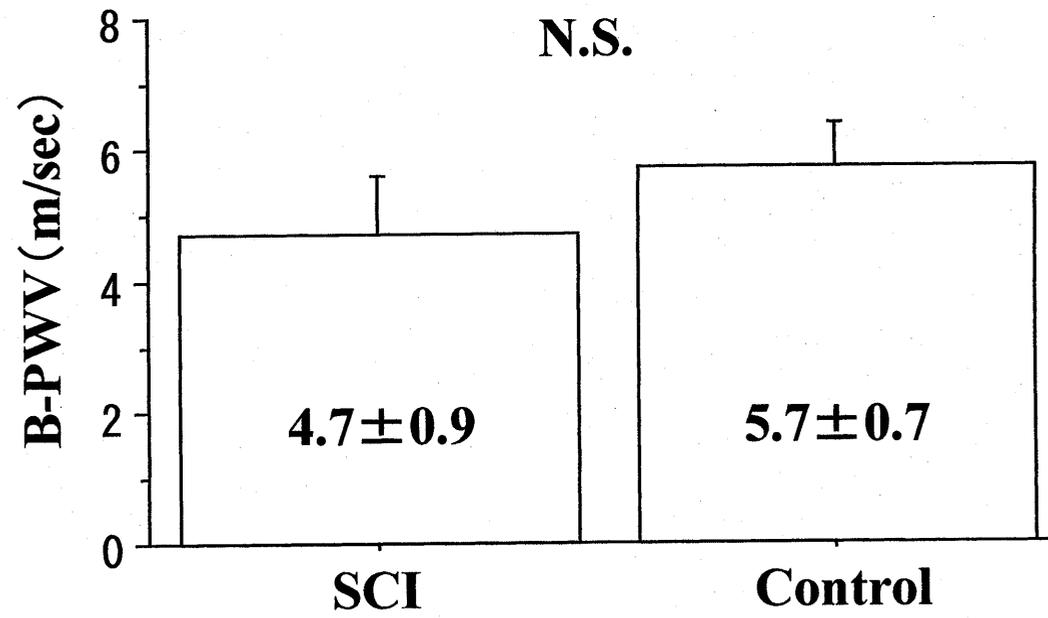


図2.心臓～右上腕間脈波速度

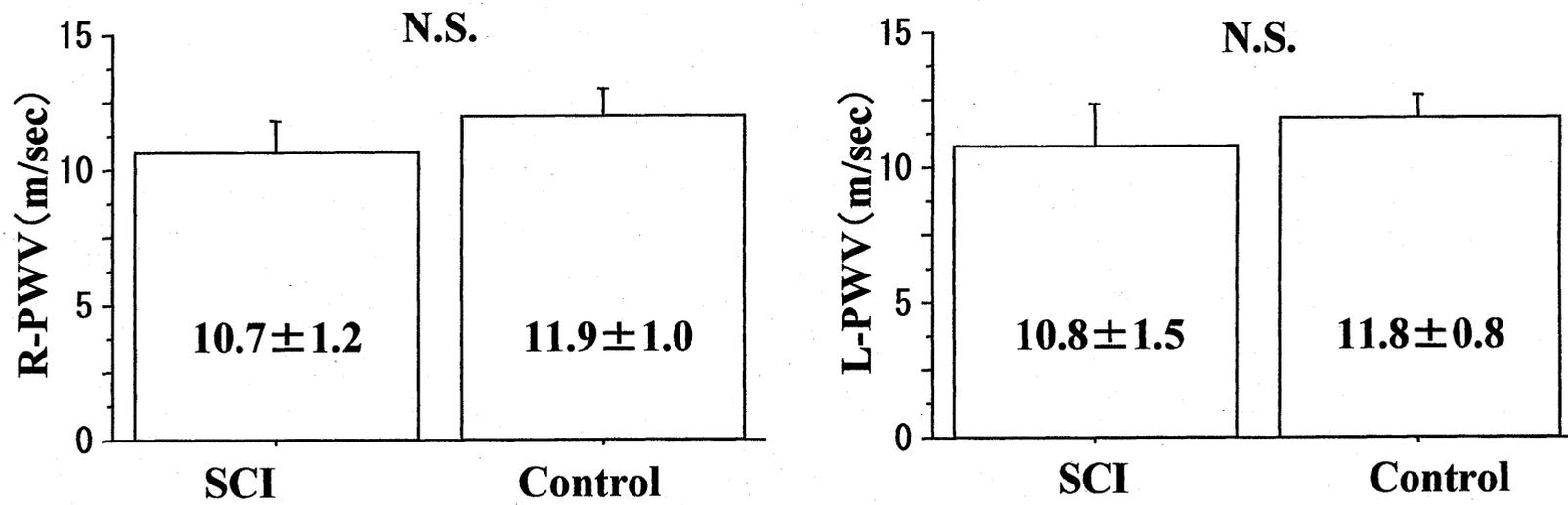


図3.上腕～足関節間脈波速度

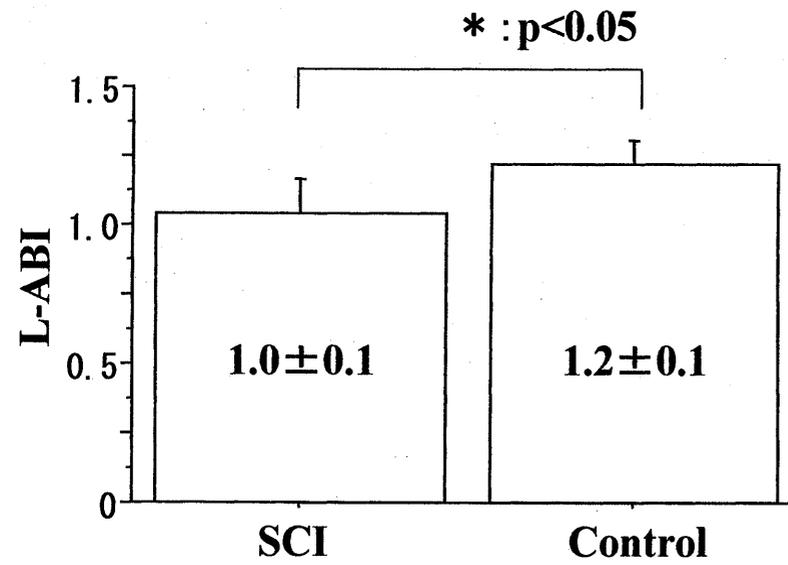
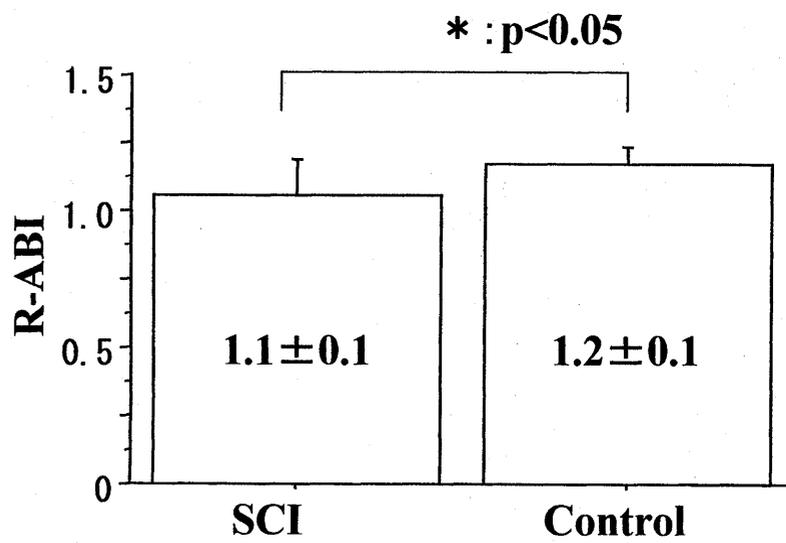


图4.足関節上腕血压比

第2章: 脊髄損傷者における運動耐容能の検討

2. はじめに

近年, 身体障害者のスポーツが盛んになり, 競技スポーツとしての発展を遂げるなかで, 積極的にスポーツ活動に参加する脊髄損傷者が増えてきている. より高い競技力を発揮するために, 持久力は重要な要素の一つであるが, 脊髄損傷者では運動麻痺や自律神経障害などの特徴のために呼吸循環系の応答は健常者とは異なるとされている¹⁾²⁾.

一般に健常者における運動耐容能の指標として運動負荷時の心拍数(HR)や酸素摂取量($\dot{V}O_2$)が広く用いられている. また, 両者に高い相関が認められることから, $\dot{V}O_2$ -HRの関係式を用いた検討も多くされている³⁾. しかしながら, 運動負荷における胸腰髄損傷者と頸髄損傷者の呼吸循環系の応答を明確に比較した研究は少なく, より詳細な検討を要すると考える.

今回の研究では, 頸髄損傷者, 胸腰髄損傷者, 健常者を対象として多段階負荷法による運動負荷試験を行い, 心拍数と酸素摂取量との関係を求めることにより脊髄損傷者の運動耐容能について検討し, スポーツ選手に対する競技力向上とともに運動中のリスク管理に寄与することを目的とする.

3. 対象および方法

1) 対象

対象は車いすテニス, 車いすバスケットボール, 車いすマラソンなどの運動習慣のある頸髄損傷者(CCI)6名, 胸腰髄損傷者(SCI)6名, control群として健常者6名とした. 対象はいずれも男性で身体的特徴は表1に示した.

対象者には事前に測定の実験の目的や項目, 測定を途中で自由に中止できること等の説明を十分に行い同意を得た.

2) 方法

測定プロトコールは, 10分間の仰臥位安静後, 全介助にて車いすに移乗した. 車いす座位にて5分間の安静後, モナーク社製上肢エルゴメーターを用い, ハンドル回転数50rpmにて, CCIに対して5W/2min, SCIと健常者に対して5W/minの多段階負荷法による運動負荷試験を実施した. 測定に際して, 車いす座位にてクランクの軸の高さを, 肩峰の高さに調節し, 肘関節をほぼ伸展位でグリップを握ることができるように車いすの位置を調節した. CCIに対しては握力の消失, 低下によりグリップを握ってのエルゴメー

ター駆動が困難なため、リストバンドにて手をグリップに固定した。測定中止基準は症候限界性、または負荷増加にもかかわらず HR が定常状態に達した時点とした。

HR の測定にはフクダ電子社製 DS-3140 にて胸部双極誘導で心電図をモニターした。呼気ガスはミナト医科学社製エアロモニター AE-280S を用いて Breath by breath にて測定を行なった。安静時のデータは仰臥位安静の最後 5 分間の平均値とした。得られた $\dot{V}O_2$ と HR から $\dot{V}O_2$ -HR 関係式と peak $\dot{V}O_2$ と peakHR を求めた。

3) 統計処理

各測定値の検定は Stat View 5.0J を使用した。各群間における $\dot{V}O_2$ -HR 関係式の差の検定には共分散分析を用い、その他のデータの検定には ANOVA を行い、差の検定には Fisher の PLDS 法を用いた。

4. 結果

1) peak $\dot{V}O_2$ と peakHR

CCI, SCI, 健常者における運動継続時間, 最高運動強度, peak $\dot{V}O_2$, peakHR を図 2~5 に示した。運動継続時間, 最高運動強度, peakHR は, 健常者, SCI, CCI の順に高い値を示し, 各群間で有意な差を認めた。peak $\dot{V}O_2$ について, CCI では他の 2 群と比較して有意に低い値を示したが, SCI と健常者間で有意な差は認められなかった。

2) $\dot{V}O_2$ -HR 関係式

各群における $\dot{V}O_2$ -HR 関係式を図 6 に示した。 $\dot{V}O_2$ -HR 関係式は各群において, 有意な相関を示しており, SCI, 健常者, CCI の順に上に位置していました。また, 共分散分析の結果, 各群間で有意な差を示しました。

3) WATT- $\dot{V}O_2$ の関係

25W 以上の運動強度に耐えることのできた CCI, SCI, 健常者それぞれ 3 名ずつにおいて, その変化を図 7 に示した。安静時ではそれほど差は認められなかったが, 運動強度が上がるにつれて CCI, SCI, 健常者の順に $\dot{V}O_2$ が高くなる変化を示した。

5. 考察

SCI や CCI において運動耐容能に影響する要因として脊髄損傷部位, 運動習慣, 受傷期間, 年齢などがある⁴⁾。その中でも特に脊髄損傷部位は, 麻痺域の広さや自律神経障害の程度に関係しており, 運動耐容能を検討するうえで重要であると考えられる。脊髄の損傷により損傷部位以下の神経支配の筋は麻痺を呈しており, 特に CCI では上肢筋や肋間筋などの呼吸筋にも麻痺がおよんでいる。そのために, 上肢エルゴメータ

一における円運動に対して、円滑で効率的な上肢の筋活動を行うことができず余分な筋活動が生じており、また体幹筋の麻痺により、上肢運動中の座位姿勢を保つことが困難なために、バランス保持に他の残存筋での筋活動が行われていたことが考えられる。さらに呼吸筋に麻痺があるにもかかわらず、運動強度の増加に対して換気量をあげるために呼吸筋の過剰な筋活動が加わり、SCI や CCI ではこれらの過剰な筋活動による筋疲労は著しく、高強度の運動を行うことは困難であったと考えられ、運動継続時間は短く、最高運動強度や、peakHR は低かった。

さらに WATT- $\dot{V}O_2$ の関係から、健常者に比べて SCI や CCI では単位負荷量あたりの $\dot{V}O_2$ は高い値を示しており、過剰な筋活動に対してより多くの酸素摂取を必要としていたことを示している。また CCI では、運動中に負荷量の増加にもかかわらず、心拍数が増加せず定常状態となり、運動を中止したケースもあり、自律神経機構の障害による心拍数の増加不良が考えられる。脊髄レベルでの自律神経支配は第 1 胸髄から第 2 腰髄とされており⁵⁾、特に第 5~6 胸髄以上の損傷では症状が強く現れるとされており、CCI ではその影響を強く受けているものと考えられる。

$\dot{V}O_2$ -HR 関係において、SCI や CCI でも健常者と同様に相関が認められたが、健常者に比べて SCI や CCI では相関が低かった。また、HR に対する $\dot{V}O_2$ の値は SCI、健常者、CCI の順に高い値を示した。SCI においては、上肢をはじめとする残存筋のトレーニングにより健常者の全身運動にも匹敵する運動耐容能を示すという報告もあり⁶⁾⁷⁾、今回の測定結果からも HR に対する $\dot{V}O_2$ は高く運動耐容能の高さを示している。一方 CCI では筋の麻痺や自律神経障害などの影響から HR に対する $\dot{V}O_2$ は低く運動耐容能は著しい低下を示すこととなった。運動耐容能を左右する大きな要因として筋の麻痺や自律神経障害から引き起こされる血液循環不良が考えられており¹⁾、Hopman は脊髄損傷者において血液循環不良が引き起こされる原因として二つの可能性を報告している²⁾。一つ目は麻痺部における交感神経性血管収縮活動がなく、その上筋ポンプがないために静脈血貯留が生じるためというものであり、もう一つは麻痺筋の萎縮により血管床が減少し、総血液循環量が減るためというものである。いずれにしても血液循環不良により心臓への静脈還流量は減少し、さらに一回拍出量 (SV) の減少をもたらし、 $\dot{V}O_2 = HR \times SV \times \text{動静脈酸素較差 (a-VO}_2\text{diff)}$ の式より $\dot{V}O_2$ の低下にもつながる。

しかしながら、SCI においては、血液循環不良による SV の低下が考えられるにもかかわらず、HR に対する $\dot{V}O_2$ は健常者よりも高くなっている。これに対して a-VO₂diff の上昇が考えられる。a-VO₂diff は持久的トレーニングによって上昇し、筋細胞酸素利用能力の向上、ミトコンドリア数の増加、酸素酵素活性、筋線維タイプの適応、脂肪酸利用能

力の向上などの変化により引き起こされる⁸⁾。SCIなどの車いす常用者では、日々の生活の中で車いす駆動や移乗動作などを行い、上肢筋の活動量は健常者に比べて多く、生活そのものが上肢の持久的トレーニングとなっていると考えられる。また、同じSCIの中でも運動習慣の有無によって $\dot{V}O_2$ は大きく異なるとされており⁶⁾⁷⁾⁹⁾、持久的トレーニング効果のあることを示している。これらの効果によりa-VO₂diffは上昇し、SVの減少を補いつつ高い $\dot{V}O_2$ の値を示しているものと考えられる。しかしながら、こういったトレーニング効果はCCIにおいても同様に起こり得ることであるが、CCIでは残存筋におけるトレーニング効果があるとしても上肢筋にまで麻痺があるために残存筋量が少なく、活動筋全体としてのトレーニング効果はあまり望まれず、それ以上に、麻痺域の広さに従い循環血液量はさらに減少し、SVの低下が著しいことが考えられる。また、呼吸筋の麻痺により%肺活量が減少し換気能力は低下していると報告されており¹⁰⁾、 $\dot{V}O_2$ の低下に大きく影響しているものと考えられる。

SCIやCCIの運動耐容能を検討する上で重要と考えられるSVについて、安静時においては前述したHopmanの説²⁾や、山崎ら¹⁾により麻痺部の血液循環不良のために静脈還流量が減少することで、SVの低下がもたらされると報告されているが、運動中における血液循環の改善やそれにとまらぬSVの変化については明らかにされておらず、今後の課題となった。

6. まとめ

今回SCI,CCI,健常者を対象とし、上肢エルゴメーターを用いての運動負荷試験を行った。上肢運動における運動耐容能はSCI,健常者,CCIの順に高い結果となった。SCIやCCIの運動耐容能に影響を与える要因として、筋の麻痺や自律神経障害などがもたらすさまざまな症状が考えられる。SCIではそれらの阻害因子にも勝る残存筋のトレーニング効果が望まれたが、CCIでは広範囲の麻痺や自律神経障害などの影響が強く、著しい $\dot{V}O_2$ の低下を示した。特に $\dot{V}O_2$ の低下に直接関与していると考えられるSVの低下については、さらに詳細な検討を必要とすると考えられる。

7. 文献

- 1) 山崎昌廣・他:車椅子常用脊髄損傷者の運動循環応答.Japanese Journal of SPORTS SCIENCES15(2):101-106, 1996.
- 2) M.T.E Hopman, et al:The Effect of an Anti-G suit on Maxmal Performance of Individuals with Paraplegia. Int. J.Sports.Med 14(7):375-361,1993.
- 3) 大成浄志編著:スポーツ医学テキスト:51-74.
- 4) 村木里志:脊髄損傷者の全身持久力に影響を及ぼす要因について. デサントスポーツ科学 20:211-215, 1999.
- 5) 神奈川県リハビリテーション病院:脊髄損傷マニュアル. 第2版. 東京:医学書院, 1998;53-55.
- 6) 水口正人・他:心肺運動負荷試験による脊髄損傷者の運動耐容能に関する検討. 日本パラプレジア医学会雑誌 4(1):282-283, 1991.
- 7) Masanori Irizawa, et al: Relationship between Hertrate and Oxygen Uptake during Submaximal Arm Cranking in Paraolegics and Quadriplegics. Ann of Physiolo Anthrop 13(5):275-280,1994.
- 8) 宮村実晴:最新運動生理学 身体運動パフォーマンスの科学的基礎:真興交易医書, 1997.
- 9) Masahiro Y, et al:Daily energy expenditure in active and inactive persons with spinal cord injury. J Human Ergol 21:125-133,1992.
- 10) 岡田真明・他:頸髄損傷者における運動負荷時の酸素摂取量と心拍数について. 総合リハ 27(1):63-66, 1999.

表1. 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
CCI	37.0 ± 7.2	170.5 ± 3.3	58.8 ± 6.4
SCI	35.0 ± 5.7	168.7 ± 5.1	59.8 ± 11.7
健常者	22.8 ± 1.2	171.1 ± 4.3	64.7 ± 4.3

Mean ± SD

14

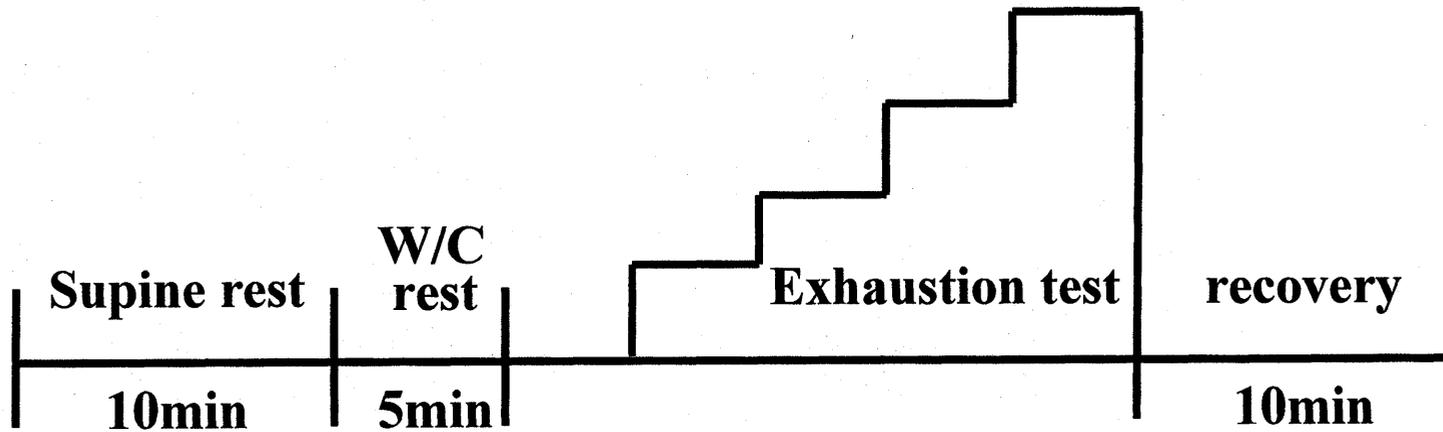


図1. 測定プロトコール

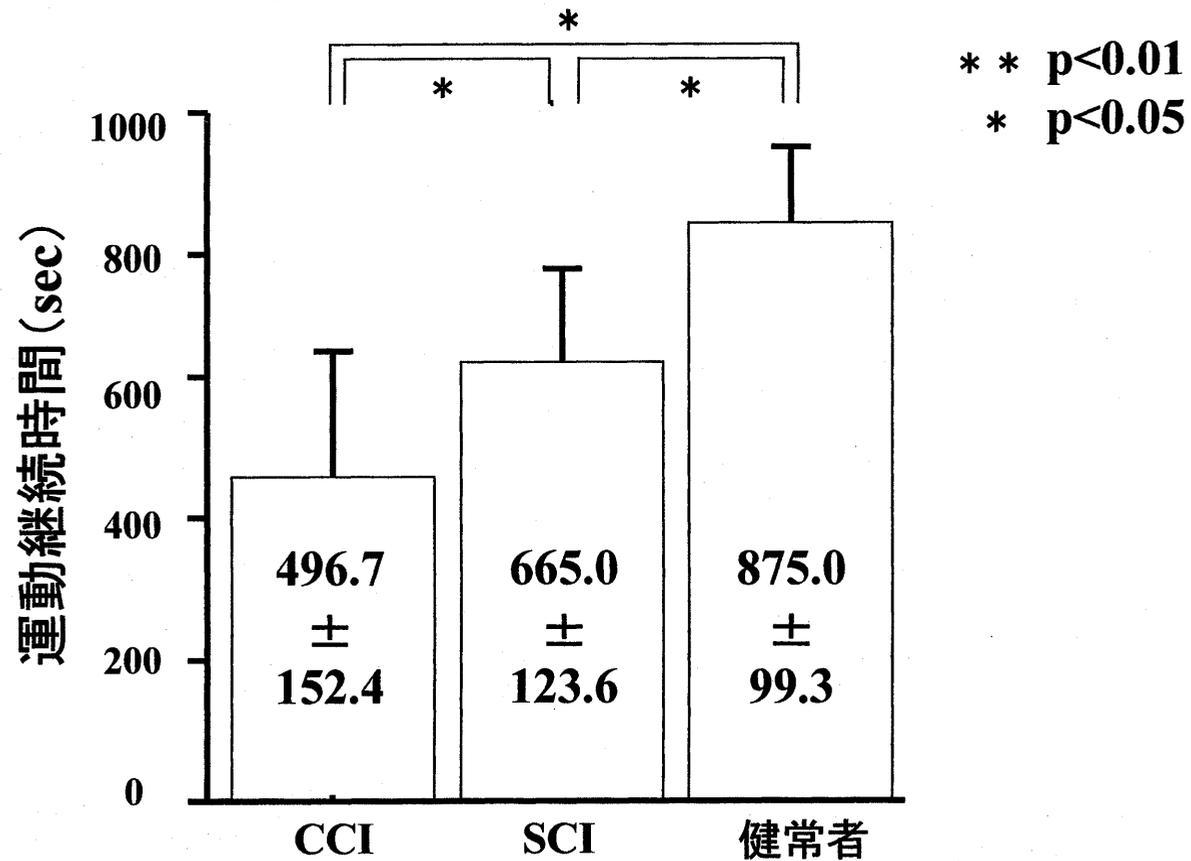


図2. 運動継続時間の比較

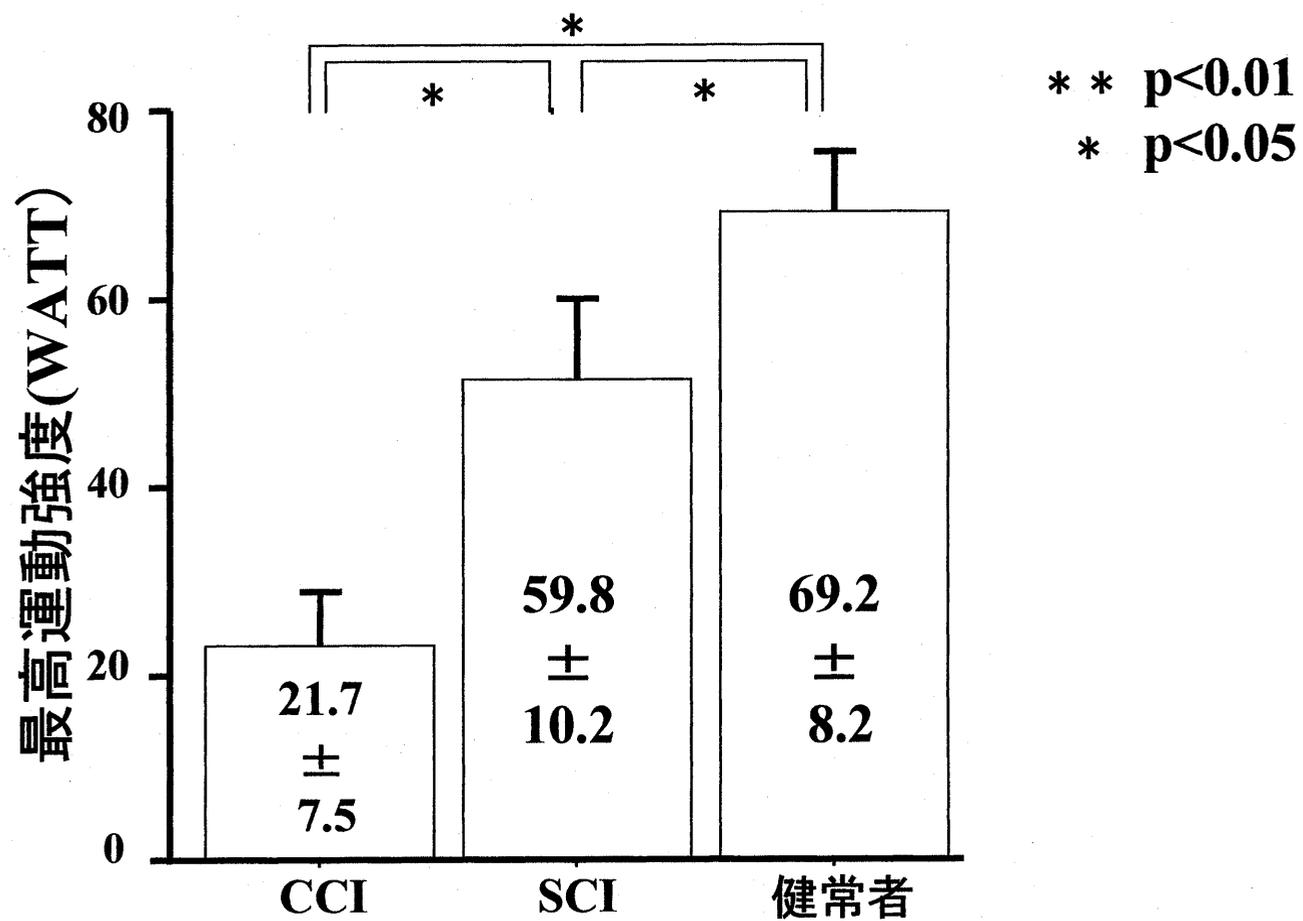


図3. 運動負荷終了時における最高運動強度の比較

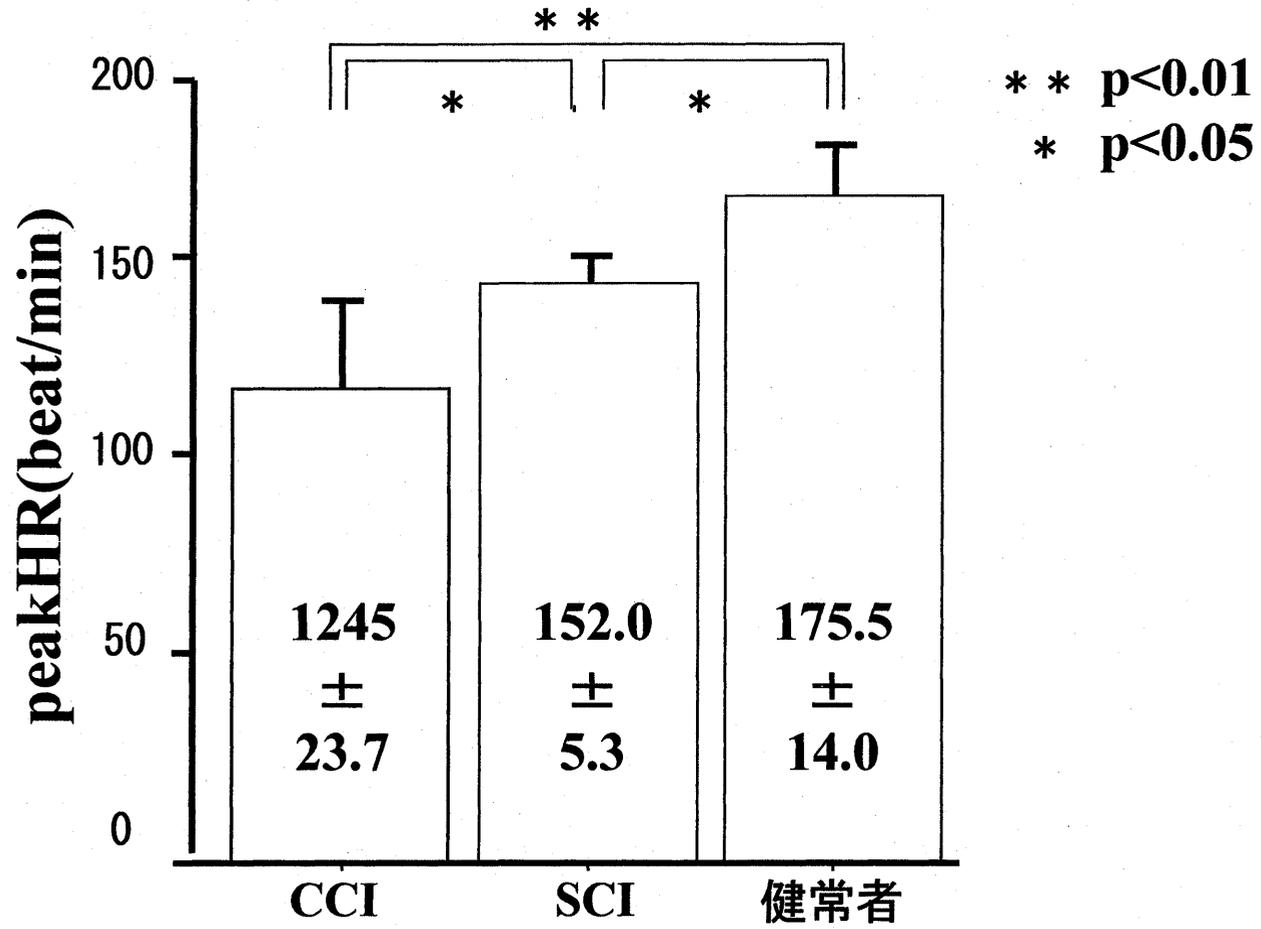


図4. PeakHRの比較

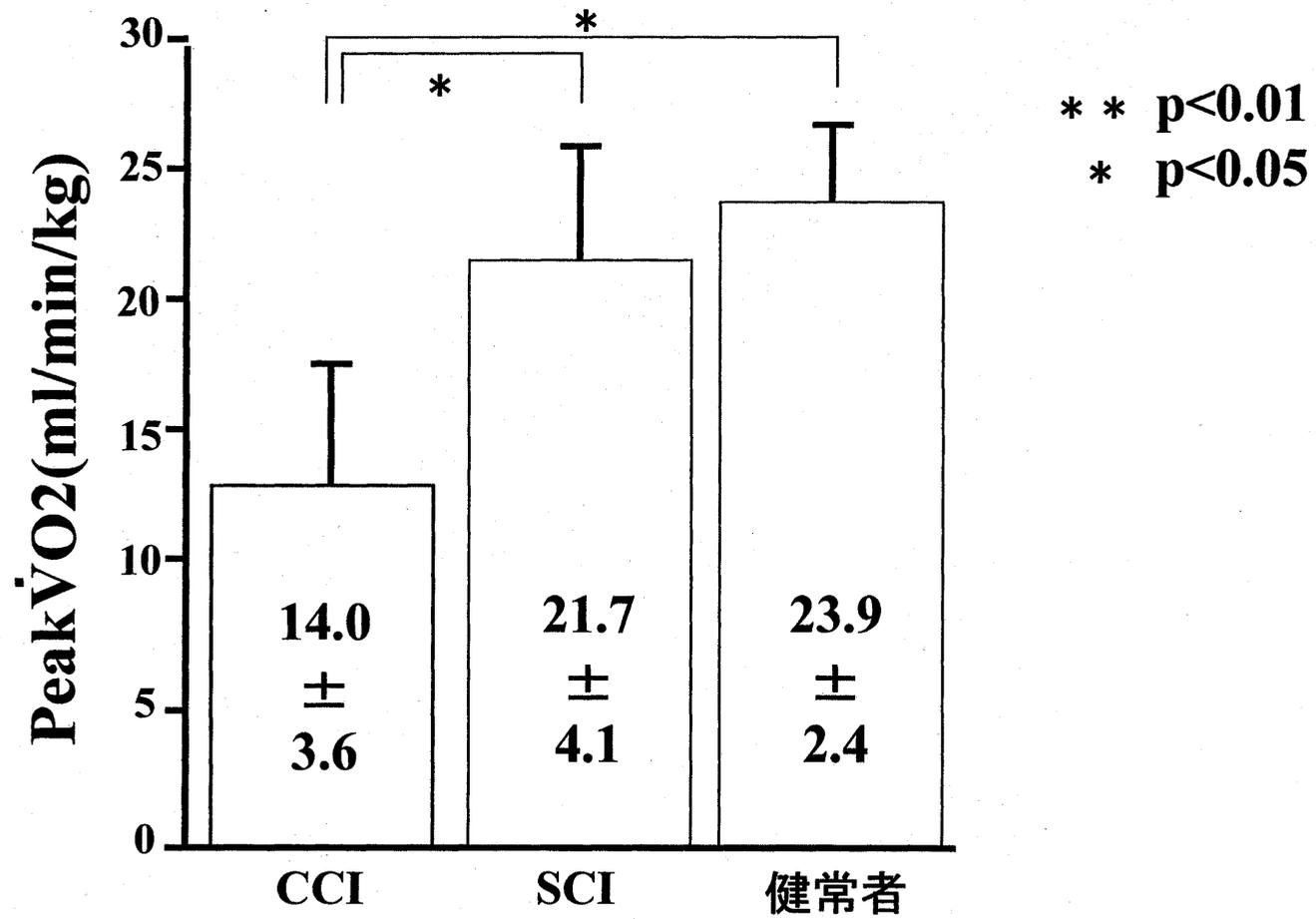
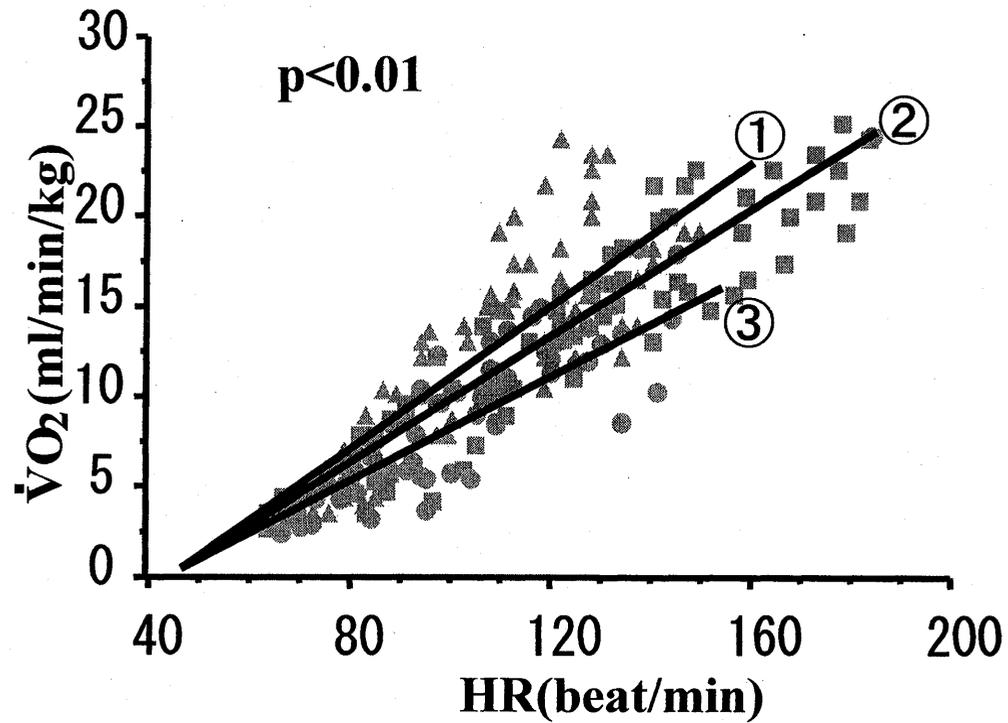


図5. Peak $\dot{V}O_2$ の比較



① SCI $Y = -7.76 + 0.175X$; $R = 0.915$

② 健常者 $Y = -6.264 + 0.144X$; $R = 0.868$

③ CCI $Y = -9.401 + 0.202X$; $R = 0.822$

図6. $\dot{V}O_2$ -HR関係

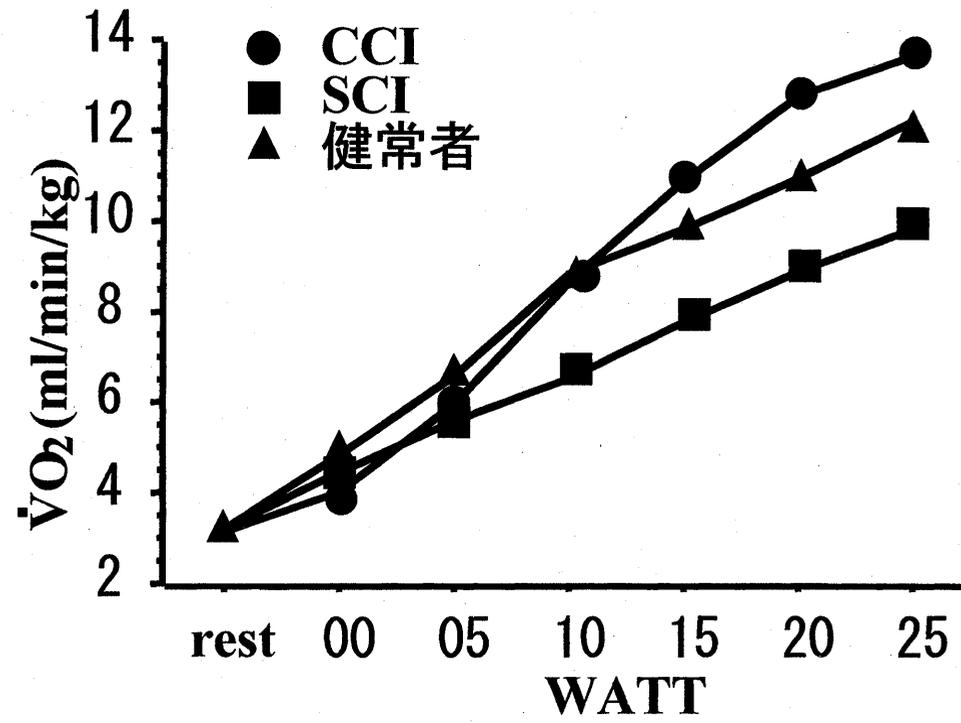


図7. WATT- $\dot{V}O_2$ 関係

第3章：車いすテニスにおける運動強度の検討

1. はじめに

近年、積極的にスポーツ活動に参加する障害者が増えている。しかし、脊髄損傷者のように運動麻痺や自律神経障害を有する障害者の呼吸・循環機能は健常者と異なることがある。したがって、競技スポーツとしてパフォーマンス向上を望む場合、障害者のスポーツ活動を運動生理学的側面から研究することは重要と考えられる。そこで本研究では、脊髄損傷の選手を対象にした運動負荷試験の結果と車いすテニスプレー中の心拍数の測定から車いすテニスの運動強度について検討することを目的とした。

2. 対象および方法

1) 対象

対象は22歳の女性で6歳のときに脊髄損傷となり、損傷レベルは第10胸椎でAmerican Spinal Injury Association(ASIA)の分類ではGrade Aであり、第4-5仙髄レベルでの感覚機能、運動機能ともに消失していた。また、車いすテニス暦は7年で、1回あたり2時間の練習を週2回行っていた。モナーク社製上肢エルゴメーターを用いて運動負荷試験を実施した。

2) 方法

測定プロトコールは3分間の安静座位後、50回転/分、5W/3分の多段階負荷法を用いた。呼気ガス分析にはミナト医科学者製AE-280Sを用いてbreath by breathにて行い、心拍数はフクダ電子社製DS-3140にて測定した。得られた酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と心拍数(HR)から $\dot{V}O_2$ -HR関係式を求めた。さらに予測最大心拍数(HRmax)を $HR_{max} = 220 - \text{年齢}$ の式から求め、 $\dot{V}O_2$ -HR関係式に代入することで予測最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)を算出した。ポラールエレクトロ社製アキュレックスプラスを用いて、車いすテニスプレー中のHRを経時的に測定した。測定時の練習内容は、ウォーミングアップとして、テニスコート内をランニングおよびショートテニスを行った後、ランニングを主としたドリル、次いでフォームチェックを主としたストローク練習にうつり、最後に4ゲームマッチの試合(シングルス)を行った。車いすテニスプレー中に測定したHR値を運動負荷試験より求めた $\dot{V}O_2$ -HR関係式に代入し、運動強度を $\dot{V}O_2$ によって表した。

3. 結果

運動負荷試験の結果から $\dot{V}O_2$ -HR関係式は一次回帰式で表され、 $R=0.99$ と高い

相関関係が認められた(図1)。また、 $\dot{V}O_{2max}$ は20.9ml/kg/minであった。車いすテニスプレー中のHR測定の結果、平均で練習中が 131.1 ± 23.0 拍/分、試合中が 135.1 ± 14.1 拍/分であった。さらに、練習内容別の運動強度を表1に示した。ストロークが $43.8 \pm 4.3\% \dot{V}O_{2max}$ (111.3 ± 6.6 拍/分)と最も低く、ドリルが $66.8 \pm 12.7\% \dot{V}O_{2max}$ (147.1 ± 19.8 拍/分)と最も高かった。

4. 考察

スポーツ活動において、パフォーマンス向上を考えた場合、持久力は重要な要素である。しかし、脊髄損傷者のように運動麻痺や自律神経障害により呼吸・循環機能が健常者とは異なるような選手では、持久力が低下していることが考えられる。実際に本研究の対象者においても、運動負荷試験の結果から持久力の指標とされる $\dot{V}O_{2max}$ は20.9ml/kg/minとなり、American Heart Associationの20代女性の $\dot{V}O_{2max}$ 判定基準では低いと判定され、持久力の低下が示された。また、車いすテニスの競技特性として、ランニングとストロークの要素を上肢運動のみで行うことが挙げられることから、上肢運動にける持久力の低下は心肺機能への負担とともに、ゲームが進むにつれて疲労が蓄積しやすく、フォームの乱れを引き起こし、テニスエルボーなどのスポーツ外傷につながることも予想される。そのため持久力向上やスポーツ外傷予防を目的とし、適切なトレーニングを行う必要があると考えられる。

トレーニングの設定には強度・時間・頻度の要素があり、特に強度はトレーニングの効果に最も影響するとされている¹⁾。そして、トレーニングの強度を評価する方法として、HRや血中乳酸濃度をモニタリングする方法があげられており²⁾、今回は非侵襲的で容易に測定が可能なHRの測定を試みた。その結果、練習中と試合中のHRはほぼ同程度の値を示した。本研究では意図的に試合中の運動強度を想定した練習メニューを採用しており、練習中において目標としていた運動強度が適切に遂行されていたことがHRを指標にすることで確認できたと思われる。そして、練習中と試合中のHRから算出した運動強度は練習中、試合中ともに50~60% $\dot{V}O_{2max}$ の範囲内であり、比較的強く抑えられていた。

次に、練習メニュー内容別の運動強度について検討すると、ランニングとストロークではランニングの方が高い運動強度を示した。また、ストロークと小刻みなターンを主とする短いランニングを合わせたショートテニスよりも、ストロークに加えてスピードと長いランニングを合わせたドリルの方が高い運動強度となっていたことから、車いすテニスにおいては車いす駆動によるランニングが運動強度に左右する因子となっていることが考えられた。

そのために、車いすテニスにおいて練習メニューを設定する際、ランニングとストロークのバランスを考慮する必要があり、運動生理学的に HR などの指標を用いることは運動強度の設定や確認において有効となるのではないかと思われた。

5. まとめ

脊髄損傷の選手を対象に、車いすテニスプレー中の運動強度について検討した。その結果練習中と試合中の HR は同程度であり、運動強度としては低かった。また、車いす駆動によるランニングが運動強度を左右する要因となっていることが考えられた。

今後の課題として車いすテニスにおいて、クアドクラスに分類される頸髄損傷者などのより重度な選手では、体温調節障害や HR 増加不良などの自律神経障害を有するため持久力の低下は著しく、車いすテニスプレー中の HR 反応も本研究の対象者とは異なることが考えられる。したがって、選手の障害別に車いすテニスプレー中の運動強度について詳細に検討する必要があると思われる。

6. 文献

- 11) 根元勇:スポーツ生理学, 山海堂, p128—130, 1999.
- 12) 小山裕史:新トレーニング革命, 講談社, p77—80, 1999.

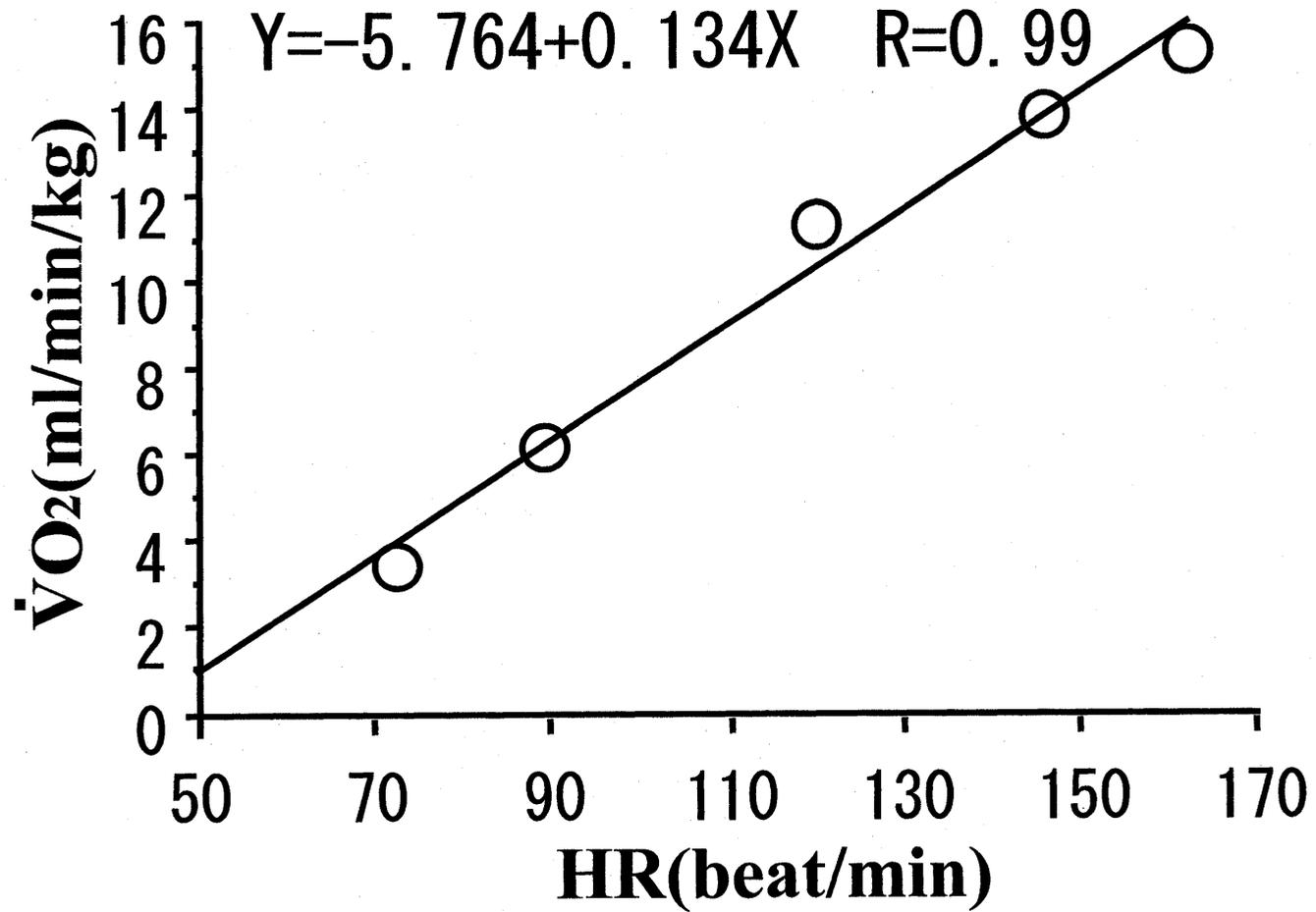


図1. 運動負荷試験の結果と $\dot{V}O_2$ -HR関係式

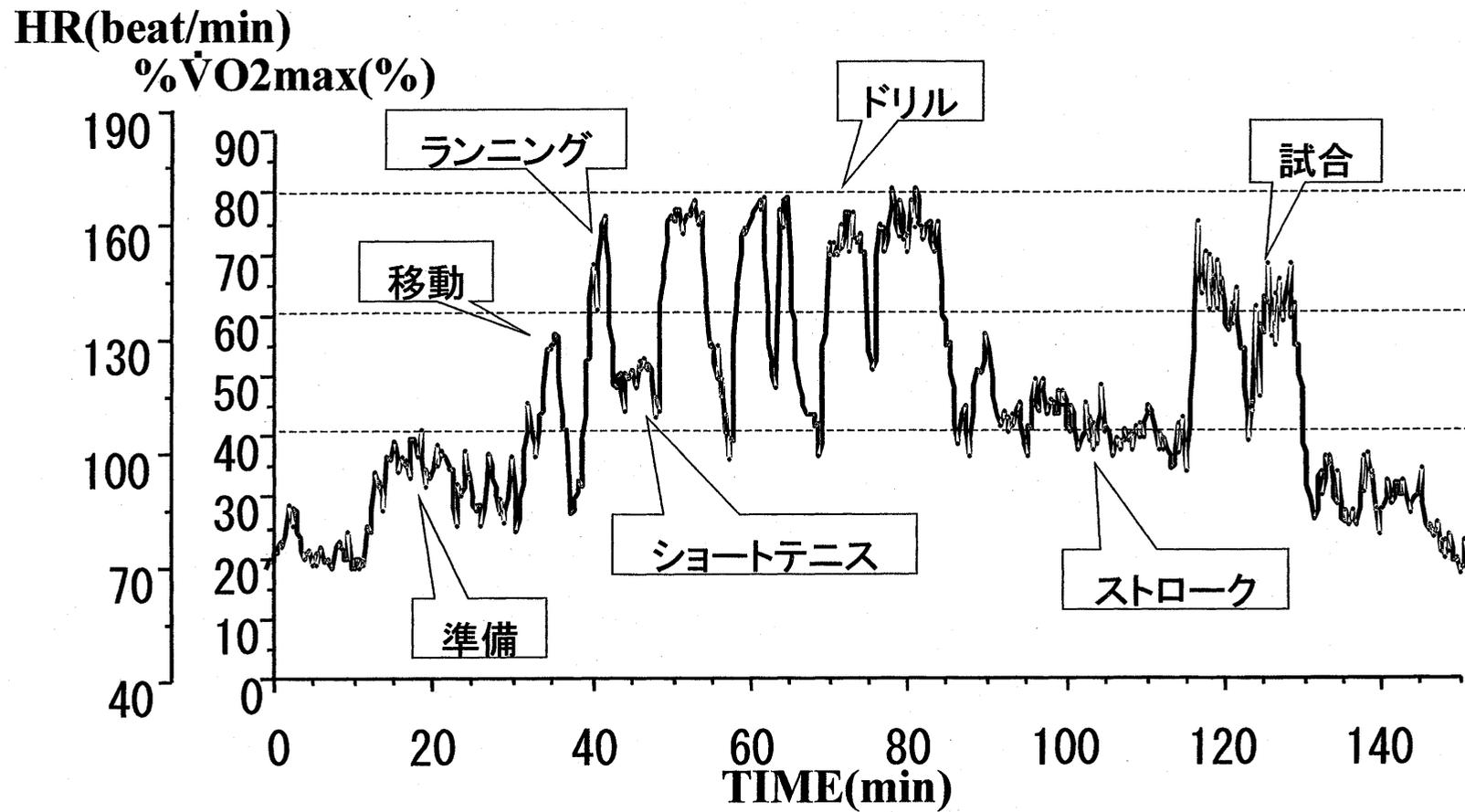


図2. 車いすテニスプレー中の運動強度

表1. 試合および練習メニュー別の運動強度

	HR (beat/min)	$\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	% $\dot{V}O_{2max}$ (%)
練習全体	131.1 ± 23.0	11.8 ± 3.1	56.5 ± 14.8
ランニング	132.0 ± 24.8	11.9 ± 3.3	57.1 ± 15.9
ショートテニス	123.1 ± 3.4	10.7 ± 0.5	51.4 ± 2.2
ドリル	147.1 ± 19.8	13.9 ± 2.7	66.8 ± 12.7
ストローク	111.3 ± 6.6	9.1 ± 0.9	43.8 ± 4.3
試合	135.1 ± 14.1	12.3 ± 1.9	59.1 ± 9.1

mean ± SD

第4章:移動活動時の身体活動度の測定における携帯型加速度測定器の有用性に関する研究—歩行・走行・車いす駆動における検討—

1. はじめに

身体活動度の評価は、呼気ガス分析法により測定された活動時の酸素摂取量を指標として行われる^{1, 2)}。しかし、日常生活における身体活動度を評価するには、日常生活動作への支障、簡便性などの面から、呼気ガス分析法による酸素摂取量の測定は困難である^{1~4)}。

そこで、ホルター心電図などによる心拍数連続記録法が広く用いられるが、精神的緊張や自律神経機能など種々の影響を受ける他、100拍/分以下の低強度の運動では、心拍数と酸素摂取量の間にはっきりした相関が得られないとの報告もあり、正確な評価は難しい^{1~4)}とされている。そのため、近年、携帯型加速度測定器による身体活動度の測定に関する研究が行われるようになった。

トレッドミル歩行・走行や平地歩行・走行における加速度と酸素摂取量に関して、長山ら⁵⁾や小熊ら⁶⁾は加速度の絶対値の平均が酸素摂取量と正の相関を示したと報告している。また、谷川ら^{7, 8)}は加速度波形の振幅の大きさや、積分して求めた面積加速度が酸素摂取量と正の相関を示したと報告している。しかし、加速度を測定するという性格上、加速度を生じにくい運動においても加速度と酸素摂取量の間には相関がみられるのか疑問が持たれる。また、心拍数連続記録法による心拍数と酸素摂取量の関係と、携帯型加速度測定器による加速度と酸素摂取量の関係を比較した研究は少ない。

そこで、本研究では移動様式に焦点を当て、歩行・走行に加え、加速度の生じにくい運動として車いす駆動における携帯型加速度測定器の有用性を検討するとともに、心拍数連続記録法との比較を行った。

2. 対象および方法

1) 対象

本学健常男子学生7名(年齢 21.9 ± 0.7 歳, 身長 171.5 ± 3.7 cm, 体重 64.5 ± 5.0 kg)を対象とした。測定に先立ち本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た。

2) 運動様式

①トレッドミル歩行・走行(以下 Treadmill), ②平地歩行・走行(以下 Field), ③車いす駆動(以下 W/C)の3種類とした。Field, W/Cは体育館内に設置した一周80m

のトラックを走行するものとし、速度を一定に保つために5m毎に設置したマーカーを一定時間毎に通過するようにした(図1)。また、使用した車いすはスポーツ用車いすとした。

3) プロトコール

3分間の安静の後、3km/h、6km/h、7.2km/h、9km/hの速度を各3分ずつの多段階負荷とした。またW/Cにおいては慣性による影響を除くため、push回数を60回/分と規定した。

4) 測定

加速度と心拍数の測定には、携帯型加速度測定器(Activetracer AC-301 GMS社製)を用い、0.2秒毎の加速度の絶対値と心拍数を記録した。装着部位は腸骨稜の高さで腹部中央とし、ベルトで固定した。酸素摂取量の測定には携帯型酸素消費量計(エアロソニック AT-1100 アニマ社製)を用い、breath by breath法にて測定した。

5) データ解析および統計処理

各段階の最後の1分間を定常運動期間として、その1分間に記録された加速度(mG)、心拍数(beats/min)および酸素摂取量($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)の平均値を算出した。移動様式の違いによる速度と加速度の関係に関しては合成加速度(G)に加え、各成分加速度(左右成分:Gx, 上下成分:Gy, 前後成分:Gz)に分解し、速度との相関を求めた。また、各移動様式間で共分散分析を行い、回帰式の相違性を求めた。携帯型加速度測定器と心拍数同時記録法の比較には、加速度および心拍数と酸素摂取量の相関を求め、上記と同様に共分散分析にて各移動様式間における相違性を求めた。なお、有意水準は全て5%未満とした。

3. 結果

1) 移動様式の違いによる加速度の変化

各移動様式における速度と加速度の関係を図2に示した。傾きに違いがみられるものの、いずれの移動様式においても速度の増加に伴った直線的な加速度の増加がみられ、相関係数が0.90を超える極めて高い正の相関を示した($p<0.01$)。また共分散分析の結果、TreadmillとFieldの間には有意差は認められなかったが、W/Cと他の2様式の間には有意差が認められた($p<0.01$)。

速度と合成加速度および各成分加速度の関係を図3に示した。共分散分析の結果、合成および各成分においてTreadmillとFieldの間には有意差が認められな

かったが、W/Cと他の2様式の間には有意差が認められた($p < 0.01$)。また Treadmill と Field では上下成分の増加が顕著であった。

2) 加速度および心拍数と酸素摂取量の関係

加速度および心拍数と酸素摂取量の関係を図4に示した。

いずれの移動様式においても傾きに違いはあるものの、加速度および心拍数の増加に伴った酸素摂取量の直線的な増加がみられ、表1のように回帰することができた($p < 0.01$)。また、共分散分析の結果、携帯型加速度測定器および心拍数連続記録法ともに、Treadmill と Field の間には有意差は認められず、W/C と他の2様式の間には有意差が認められた($p < 0.01$)。

4. 考察

酸素摂取量の推定における携帯型加速度測定器の有用性に関する先行研究は、いずれも歩行・走行に関するものである^{5~8)}。そこで本研究は移動様式に焦点を当て、Treadmill, Field, W/Cにおける加速度と心拍数、および酸素摂取量を記録し、移動様式の違いによる比較、および携帯型加速度測定器と心拍数連続記録法の比較を行った。

1) 移動様式の違いによる加速度の変化

Treadmill と Field は、同じ歩行・走行という運動であるが、空間的位置における移動というものを考えた場合、両者は全く違う運動であると捉えることができる。そのため、移動に伴う加速度を指標としてみた場合、両者を同じ運動として扱ってよいものか疑問がある。また、加速度を生じにくい運動においても速度の増加に伴った加速度の増加がみられるのか疑問がある。そこで本研究では、携帯型加速度測定器を用いて Treadmill, Field, および W/C における加速度の測定を行った。

共分散分析の結果、Treadmill と Field の速度と加速度の関係には有意差が認められなかった。また成分別にみた場合でも Treadmill と Field の間に有意差は認められなかった。このことから、加速度という指標でみた場合、Treadmill と Field は同じ運動であると捉えることができると考えられる。

一方、共分散分析の結果、速度と加速度の関係は W/C と他の2様式の間で有意差が認められた。また、回帰係数の差から、W/C では他の2様式に比べ単位速度あたりの加速度は小さいと考えられた。これは成分別にみると、いずれの成分においても W/C の加速度が小さくなっているが、特に上下成分の加速度が W/C で小さいことに由来すると考えられる。

しかし、W/C においても速度と加速度の相関係数は他の 2 様式と同等に高かった。これは、加速度を生じにくい W/C であっても、速度の増加に伴った直線的な加速度の増加がみられることを示唆している。

2) 携帯型加速度測定器と心拍数連続記録法の比較

簡便かつ正確な身体活動度の評価方法は確立されていない。そこで心拍数と酸素摂取量には正の相関があることを利用した心拍数連続記録法が一般的な評価方法とされている^{1, 2)}。しかし心拍数連続記録法による測定は種々の影響を受けることが報告されており、あくまで酸素摂取量が測定できない場合の簡便法である^{1~4)}。

本研究では、近年、身体活動量および活動度の測定における有用性が注目され、心拍数との同時記録が可能な携帯型加速度測定器により、加速度と心拍数の測定を行い、両者の酸素摂取量との相関を調べた。

今回の測定では、Treadmill, Field, W/C において、心拍数の増加に伴った直線的な酸素摂取量の増加がみられ、相関係数も 0.90 を超えるものであった。また、共分散分析の結果、心拍数と酸素摂取量の関係は W/C と他の 2 様式の間で有意差が認められ、回帰係数の差から W/C では他の 2 様式に比べ単位心拍数あたりの酸素摂取量が少ないと考えられた。

一般に、最大酸素摂取量はその運動に参加する筋量に比例することが報告されており^{9~10)}、芳賀¹¹⁾はランニングにおける酸素摂取量を 100% として算出すると車いす運動の酸素摂取量は約 55% に相当すると報告している。

以上のことから、今回の測定においては心拍数から移動活動時の酸素摂取量を推定することが可能であるが、移動様式よって換算式を考慮する必要があると思われる。

一方、携帯型加速度測定器による加速度の測定と酸素摂取量との関係に関しては、Treadmill と Field において加速度の絶対値の平均と酸素摂取量の間には $r=0.98$ を超える極めて高い相関関係があることが報告されている^{5, 6)}。

今回の測定においても、加速度の絶対値の増加に伴った直線的な酸素摂取量の増加がみられ、相関係数は先行研究と同等に 0.95 を超えるものであった。また、共分散分析の結果、加速度と酸素摂取量の関係は W/C と他の 2 様式の間で有意差が認められ、回帰係数の差から、W/C では他の 2 様式に比べ単位加速度あたりの酸素摂取量は多いと考えられた。これは、前述した各成分における W/C の加速度の小ささ、特に上下成分における W/C の加速度の小ささに由来するものと考えられる。

以上のことから、今回の測定においては、心拍数と同様、加速度からも酸素摂取量を推定することは十分に可能であるが、移動様式の違いによって換算式を考慮する必要があると考えられる。

さらに、加速度および心拍数と酸素摂取量の相関においては、いずれも相関係数は 0.90 を超えるものであったが、全ての移動様式において加速度と酸素摂取量の相関の方が高いという結果が得られた。このことから、今回用いた測定方法とプロトコールから Treadmill, Field, W/C における酸素摂取量を推定する場合、加速度は心拍数よりも有効な指標となりえると考えられる。

3) 今後の展望について

本研究の結果は、Treadmill, Field, W/C における酸素摂取量を推定する上で、加速度が心拍数と同等あるいはそれ以上に有用であり、加速度から運動強度($\% \cdot O_2 \max$)を推定することが可能となりえることを示唆するものと考えられる。このことは特に、測定装置の普及率や、安全性の面から実施が困難な、車いす利用者の運動負荷試験への応用が期待される。

今後は、対象を広げ、体格や年齢、体力、または疾患の有無などによる影響を調べる必要がある。また、より実生活に近い様々な運動における加速度と酸素摂取量の関係を調べることで、日常生活における身体活動度の一般的な評価方法としての携帯型加速度測定器の可能性を模索していくことが課題となる。

5. まとめ

移動活動時の身体活動度の測定における、携帯型加速度測定器の有用性を検討することを目的に、トレッドミル歩行・走行、平地歩行・走行、および車いす駆動に伴う加速度と酸素摂取量を測定した。また、簡便に酸素摂取量を推定する指標として広く用いられる心拍数を同時に測定し、酸素摂取量を推定するパラメーターとしての加速度と心拍数の有用性を比較した。得られた結果から以下のことが明らかとなった。

- 1) レッドミル歩行・走行と平地歩行・走行は、加速度を指標としてみた場合、同じ運動と捉えることができた。
- 2) 歩行・走行に比べ車いす駆動は加速度を生じにくい運動であったが、いずれの移動様式においても速度と加速度の間には高い相関がみられた。
- 3) 心拍数と加速度は、ともに移動様式による違いを考慮する必要があるものの、酸素摂取量を推定する指標として十分に有用であると考えられた。

4) いずれの移動様式においても加速度と酸素摂取量の相関は心拍数と酸素摂取量の相関よりも高いことから、今回用いた測定方法とプロトコールから酸素摂取量を推定する場合、加速度は心拍数よりも有効な指標であると考えられた。

5) 本研究の結果は、加速度から歩行・走行、車いす駆動時の運動強度(% $\dot{V}O_2\max$)を推定することが可能となりえることを示唆するものであった。

6. 文献

- 13) 山崎昌廣・他:車椅子常用脊髄損傷者の運動循環応答. *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES* 15(2):101-106, 1996.
- 14) 杉本淳:身体活動量の測定—最近の進歩—. *リハビリテーション医学* 37(1):57-61, 2000.
- 15) 辻岡三南子:身体活動量の評価法. *臨床スポーツ医学* 14(5):517-522, 1997.
- 16) 大成浄志:運動処方作成. 奈良勲編, *理学療法士のための運動処方マニュアル*. 文光堂:310-328, 2002.
- 17) Malhotra MS, Gupta JS, Rai RM:Pulse count as a measure of energy expenditure. *J Appl Physiol* 18:994-996, 1963.
- 18) 長山雅俊, 武山純一郎, 岡林宏明ら:携帯型加速度測定器(Activetracer)による身体活動量の評価. *心臓リハビリテーション* 1(1):93-98, 1996.
- 19) 小熊祐子, 山本哲史, 木下訓光ら:心拍同時記録 3次元加速度計を用いた活動強度と身体活動量の評価—1)基礎的検討. *慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要*:25-31, 1999.
- 20) 谷川智宏, 品川佳満, 藤谷恭信ら:携帯型加速度計を用いた運動強度の測定—加速度波形と運動強度の関係—. *川崎医療福祉学会誌* 11(1):99-105, 2001.
- 21) 谷川智宏, 太田茂, 長尾光城:携帯型 3軸加速度計を用いた運動量計測への試み. *川崎医療福祉学会誌* 11(2):313-318, 2001.
- 22) Asmussen E, Hemmingsen I:Determination of maximum working capacity at different ages in work with the legs and with the arms. *Scand J Clin Lab Invest* 10:67-71, 1958.
- 23) Åstrand P-O, Bengt Saltin:Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J Appl Physiol* 16(6):977-981, 1961.
- 24) 芳賀脩光:車いす運動の運動強度と全身持久性トレーニング効果. *総合リハビリテーション* 11(5):357-361, 1983.

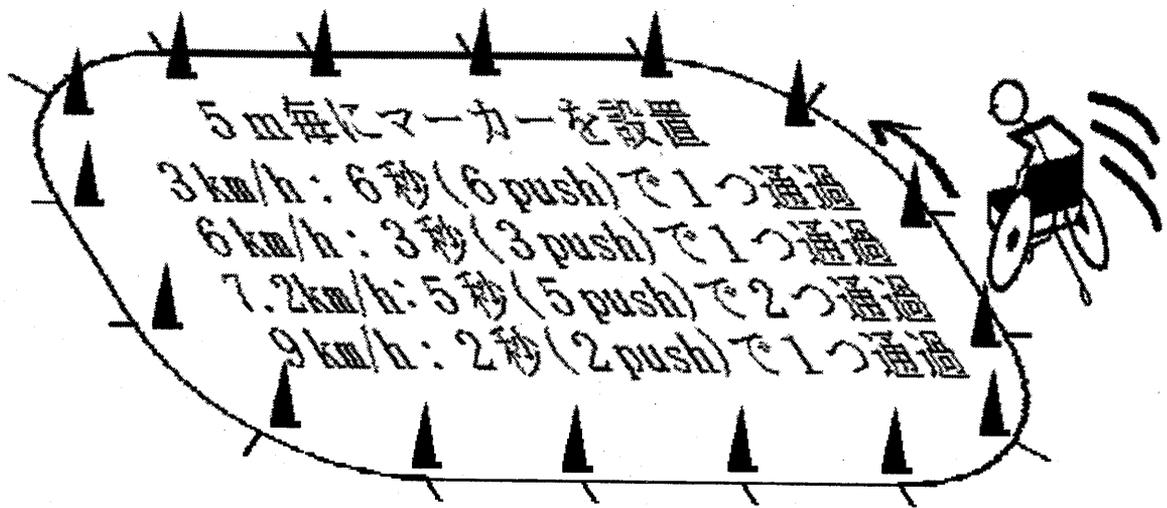
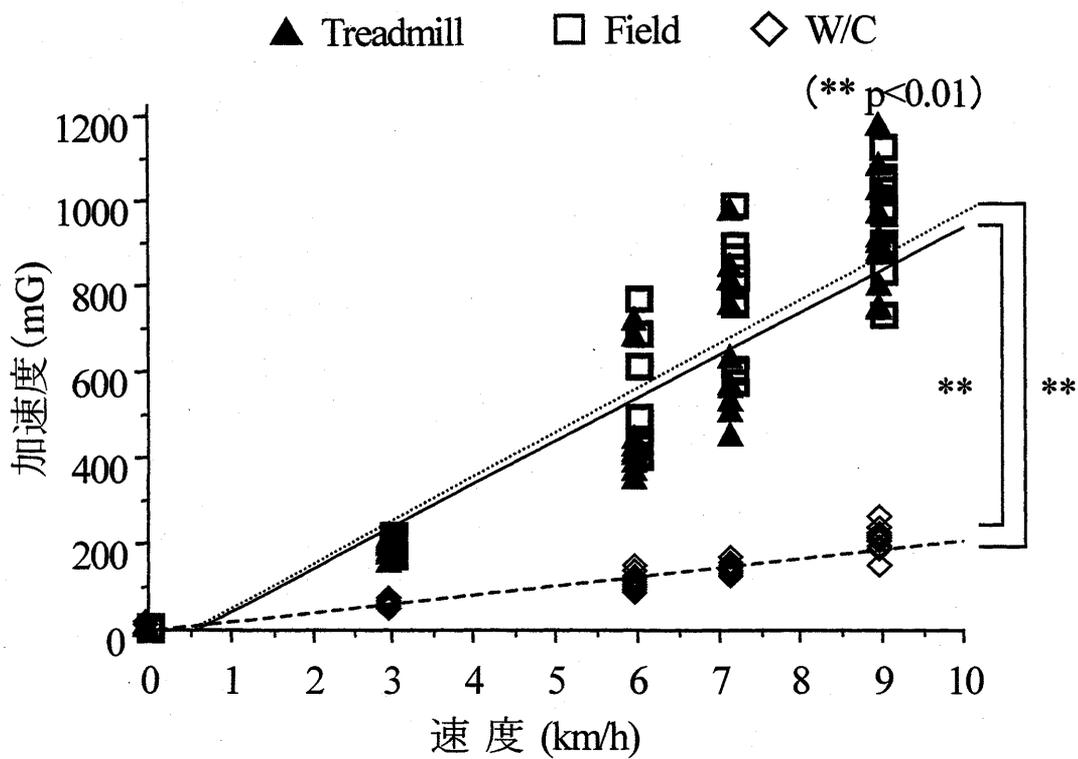


図1 FieldおよびW/Cの測定の概略



—	Treadmill	: $y = 99.933x - 59.788$	$r = 0.9316$	($p < 0.01$)
⋯	Field	: $y = 107.37x - 56.610$	$r = 0.9486$	($p < 0.01$)
- - -	W/C	: $y = 20.698x - 2.2256$	$r = 0.9498$	($p < 0.01$)

図2 速度と加速度の関係

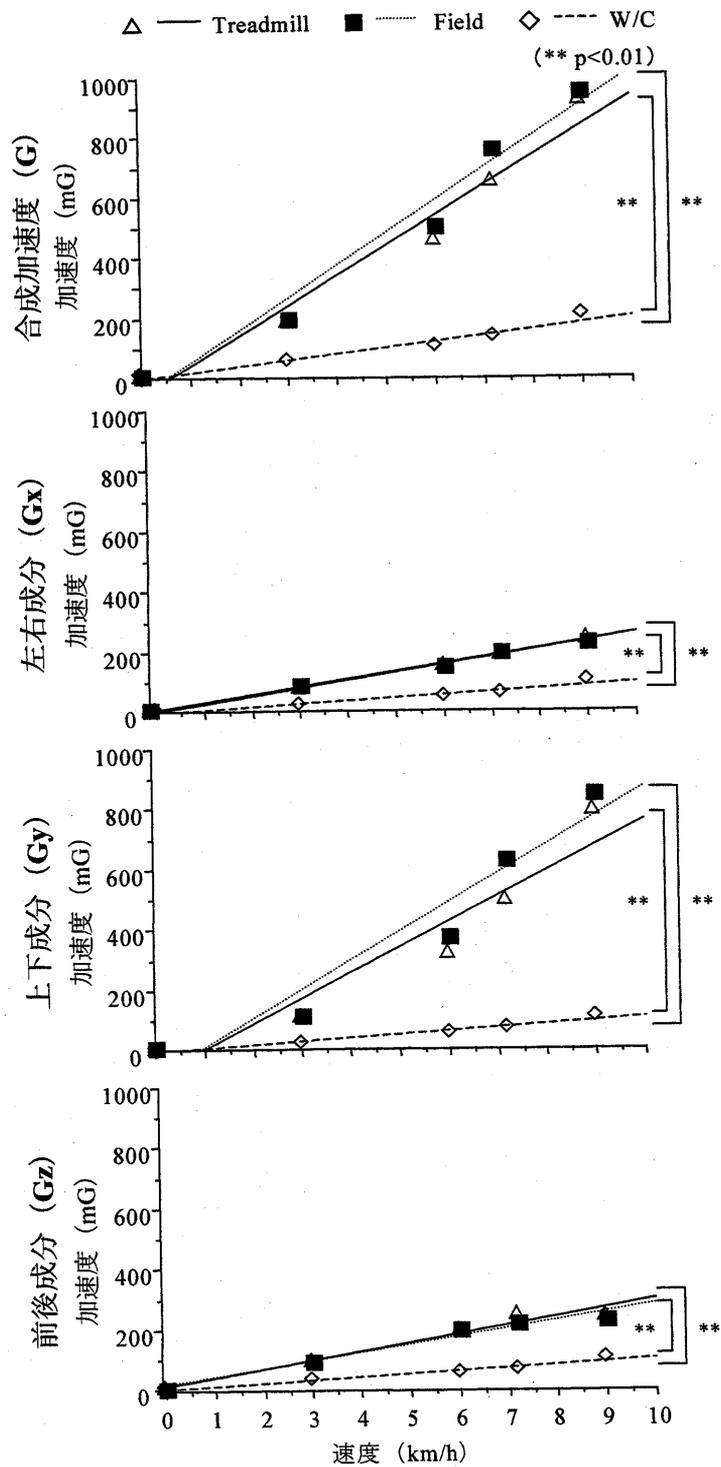


図3 速度と合成加速度および各成分加速度の関係

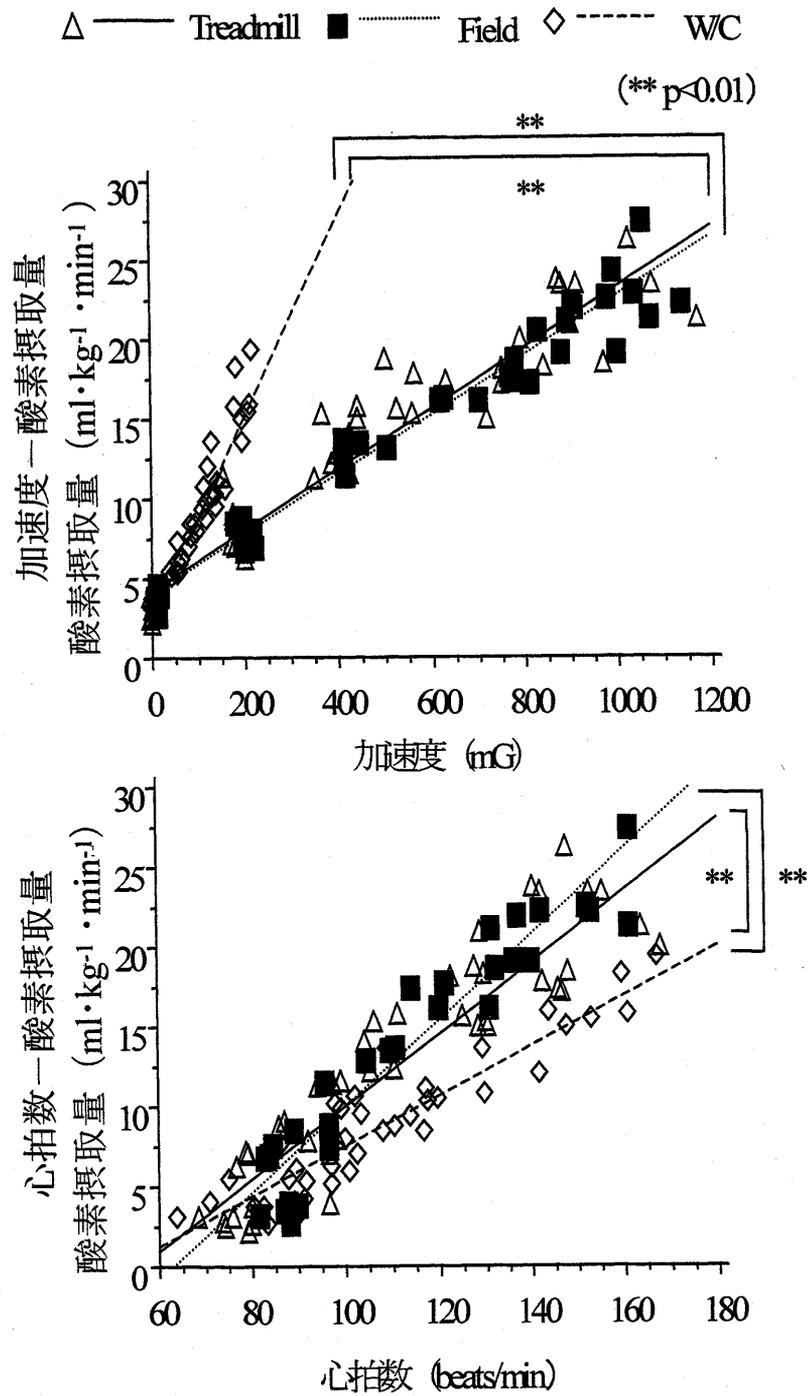


図4 加速度および心拍数と酸素摂取量の関係

第 5 章 : Changes in cerebral blood flow and blood pressure during head-up tilt in a patient with chronic quadriplegia: A case report.

1.PURPOSE:

Most patients with spinal cord injured showed the symptom of the orthostatic hypotension in acute phase. But in chronic phase, few patients showed the symptom with discomfort and dizziness. The purpose of this study is to evaluate the intracranial and cardiovascular hemodynamic response during head-up tilt examination in a patient with chronic quadriplegia.

2.RELEVANCE:

Finding the reason of discomfort and dizziness in a patient with chronic quadriplegia make possible to guidance the matters that require attention.

3.SUBJECT:

One male with C6 spinal cord injury volunteered for this study (age 24 years, 3 years after injury). The subjects lost all feeling and motor function below the level of the lesion (ASIA grade A). He often feels unwell and dizzy in daily life.

4.METHODS:

The subject rested in the supine position for 3 minutes to measure the baseline data. After this period, subject was tilted head-up by 3 minutes in each of the following position at an angle of 30, 45, 60, and then tilt down to supine position. Beat-to-beat mean arterial blood pressure (MBP), cardiac stroke volume (SV), cardiac output (CO), total peripheral resistance (TPR), and heart rate (HR) were measured continuously using the Portapres model-2. To evaluate intracranial hemodynamics by less-invasive method we measured the blood flow velocity in the middle cerebral artery (FV) using transcranial Doppler ultrasonography (TC2020:EME).

5.RESULTS:

MBP and FV were significantly decreased during tilting head-up but HR was increased gradually. SV and CO increased by about 40% at an angle of 30 and then decreased by about 20% at an angle of 60 compared with baseline. TPR decreased by about 50% and then returned to baseline. While tilt table was returning to supine position, MBP, FV, and TPR showed a significant increased. SV and CO returned to the baseline. HR decreased by about 20beat/min from baseline.

6.DISCUSSION:

By head-up tilt stimulation much volume of blood moved to the lower half of the body, as a result, relative hypotension was recognized. Significant hypotension which is lower the critical limit of autoregulation caused the symptom of orthstatic hypotension in patients with severe spinal cord injury though the autoregulation was never injured.

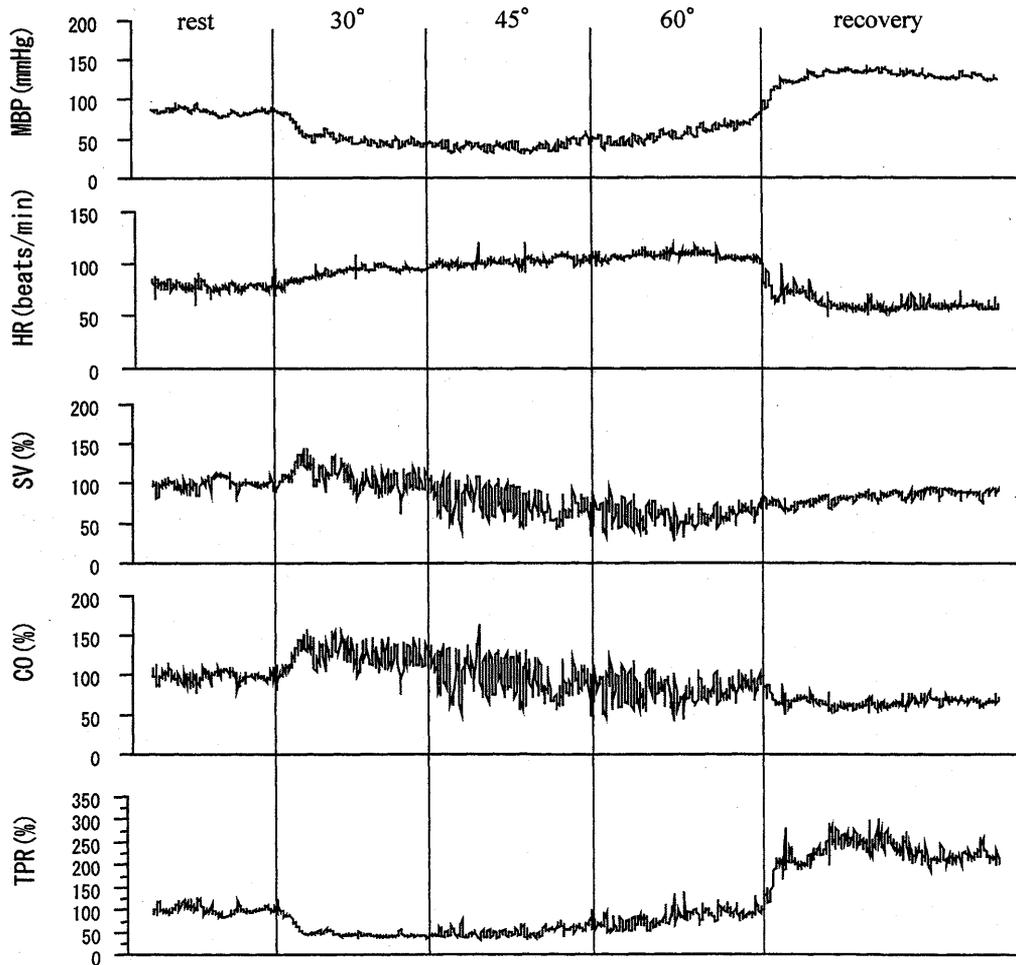


Figure 1. Cardiovascular responses during head-up tilt.

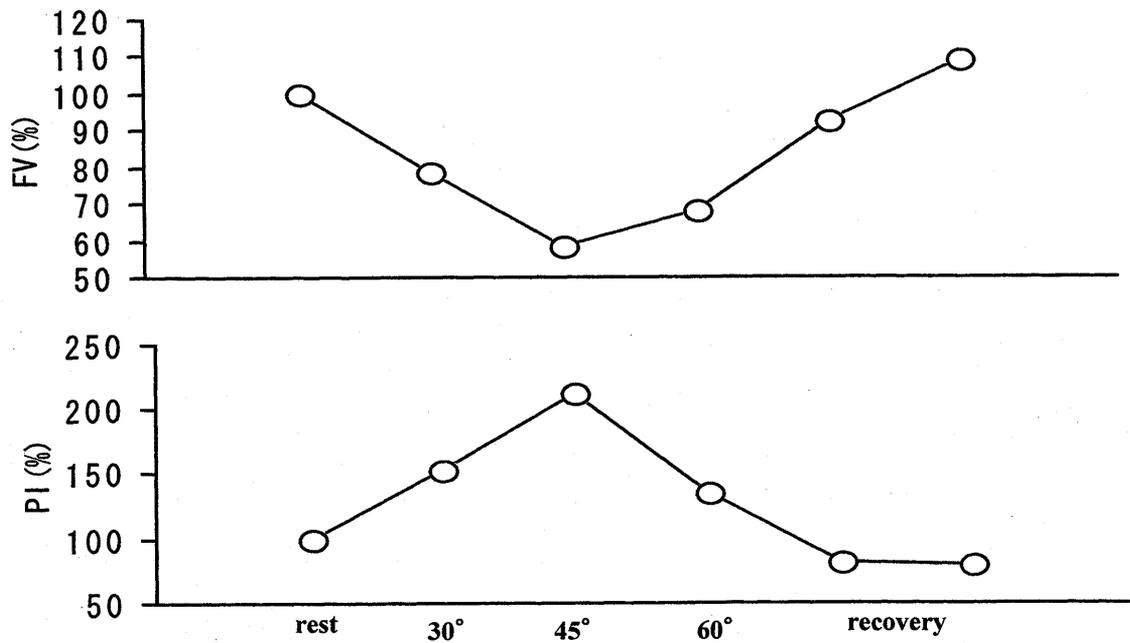


Figure 2. Changes in FV and PI during head-up tilt.

第6章：車椅子上で安安静座位および軽度の身体活動が血圧に与える影響

1. はじめに

頸髄損傷者では、損傷部位以下での運動麻痺とともに排泄障害、体温調節障害、起立性低血圧などのさまざまな自律神経障害を呈する¹⁾²⁾。中でも起立性低血圧は気分不良をとめない、頸髄損傷者にとって心身ともにストレスとなり得るために、病院内における理学療法の進行や、退院後の日常生活における問題点としてとりあげられることが多い。起立性低血圧は発病初期にみられることが多く、体位の変換にとめない、めまい、耳鳴り、吐き気、顔面蒼白などの症状が出現し、重度な場合には脳貧血を起こし意識が消失することもある¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾が、症状は経過とともに軽減してくるとされている¹⁾⁶⁾。しかしながら、慢性期の頸髄損傷者においても、意識消失などの重度な症状は比較的少ないものの、気分不良とともに体調不良を訴えることがある。

頸髄損傷者にみられる起立性低血圧は、運動麻痺による筋ポンプ作用の欠如と圧受容器反射を介する交感神経性血管収縮活動の低下により、下肢麻痺域または腹部臓器での静脈血貯留が原因とされている¹⁾²⁾⁴⁾⁶⁾⁷⁾。したがって、起立性低血圧に対しては静脈血の貯留を防ぐために腹帯や弾性ストッキングを装着したり薬物療法が行われる。また、理学療法としてtilt tableによる起立練習を反復して行なうことにより代償機能を獲得することが重要とされている⁶⁾⁸⁾。さらに、慢性期の頸髄損傷者らを観察すると、日常生活の車椅子座位において頻繁に身体をゆり動かしたり、痙性や筋痙攣による麻痺筋不随意運動を誘発する動作がみられる。井上ら¹⁾は、頸髄損傷者が身体をゆり動かすのは交感神経反射による自律神経過反射を利用し、起立性低血圧の出現を予防しているのではないかと述べている。痙性や筋痙攣においても自律神経過反射と同様に脊髄内での異常興奮伝播が起こり、腹腔臓器や血管などが刺激され、麻痺域における循環反応に影響を及ぼすことが考えられ、低血圧予防の手段として用いられているのではないかと考えた。

頸髄損傷者にみられる痙性や筋痙攣は、立位動作時に下肢の伸筋群の不随意的な収縮により支持性を得ることや、褥瘡や骨萎縮を予防するといった面では有効であるが、その出現頻度や強さが過度となると横隔膜運動の妨げによる呼吸困難や、膀胱外括約筋や肛門外括約筋の緊張亢進による排泄障害を引き起こすとされている²⁾。このような、痙性や筋痙攣による筋緊張の亢進が頸髄損傷者の生活に及ぼす影響については検討されているが、生理学的に血圧変化や循環反応といった側面

から検討されたものはあまり報告されていない。

そこで本研究では、痙性や筋痙攣などの神経系異常興奮にともなう麻痺筋不随意運動出現時の循環反応に注目し、頸髄損傷者の車椅子座位時における血圧変化について、軽度な身体動作にともなう循環反応との関係から検討することを目的とした。

慢性期の頸髄損傷者の車椅子安静座位時における血圧変化や、それに伴う自覚症状について把握し、それらの変化に対して日常的にどのような身体反応を示しているのかについて検討することを目的とした。

2. 対象および方法

1) 対象

対象は C7A レベル、ASIA impairment scale にて Grade A (S4-5 レベルの運動機能、感覚機能ともに消失) の頸髄損傷者 (年齢 46 歳、身長 178 cm、体重 50 kg) とした。発症からは 10 年が経過しており、運動習慣は週に 3 回の車いすテニスと、週に 1 回の車いすバスケットボールを行っている。また、運動負荷試験および測定中において麻痺域、非麻痺域ともに発汗はみられなかった (桜井モンタニア発汗検査紙使用) ことから、自律神経障害を有することが確認されている。

2) 方法

測定は常用車椅子座位にて行った。まず、初期安静では日常生活と同じように、車椅子上での安静としたが、わずかに身体を揺らすなどの身体動作が確認された。そこで rest1 では、わずかな身体動作も禁じ、可能な範囲での安静座位を行った。そして、気分不良などの症状により安静座位保持困難となったところで move1 に移行し、車椅子駆動以外の軽度の身体動作を許可した。気分不良が改善されたところで再び rest2 に移行し、可能な範囲での安静座位を行った。さらに rest1 と同様に安静座位保持困難となると move2 に移行し、車椅子駆動以外の軽度の身体動作を行った。各段階の時間は自覚的症狀に依存し、特に時間の規定は行わなかった。

3) 測定項目

① 自覚的症狀

対象者には、今回新たに作成した 10 段階の指標を用いて 1 分毎に自覚的な症狀を示すよう指示した。

② 血圧および循環反応

血圧測定は TNO-TPD Biomedical Instrumentation 社製連続指血圧測定装置 (Portapres Model-2) を用いて行った。示指にカフを装着し、1 拍ごとの動脈圧波形を

連続的に記録し、血圧を求めた。また、記録した動脈圧波形をパーソナルコンピューターにとりこみ、解析ソフト Beatscope Ver1.0 を用いて Model Flow アルゴリズムにより、心拍出量(CO)、一回拍出量(SV)、全末梢血管抵抗(TPR)、心拍数(HR)を算出した。Beatscope Ver1.0 により算出されたデータは、初期安静時の平均値に対する変化率(%)として表した。

③下腿部血液量

下腿部血液量の指標としてオメガウェーブ社製近赤外分光法装置(BOM-L1TR)を用いて、腓腹筋部での Total-Hb を測定した。得られたデータは A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いてサンプリング周波数 10Hz で Analog to Digital 変換後パーソナルコンピューターに取り込んだ。

④自律神経(心臓迷走神経)評価

フクダ電子社製 Dinascop - 3140 を用いてモニターした心電図データを A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いて Analog to Digital 変換後、パーソナルコンピューターに取り込み、諏訪トラスト社製リアルタイム心拍ゆらぎ解析システム TARAWA/WIN を用いて 1 拍毎の RR 間隔時系列データを求め、0.15~0.40Hz の高周波数成分(RR-HF)を算出した。

⑤麻痺筋筋電図

痙性や筋痙攣の出現状況を観察するため、腓腹筋の表面筋電図を双極誘導にて導出した。筋電位は A/Dinstrument 社製 Bioamp ML132 で増幅し、A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いてサンプリング周波数 1kHz (High pass 10Hz, Low pass 500Hz) で Analog to Digital 変換後、パーソナルコンピューターに取り込んだ。

3. 結果

1) 血圧と自覚症状の変化について(図 3)

自覚的症状について rest1 の 1 分目では特に気分不良を訴えなかった。しかし、rest1 の 2 分目から気分不良が生じ、3 分目では重度な気分不良を訴え、安静座位保持困難となった。そこで move1 に移行すると、気分不良が改善し初期安静時と同じ状態となったが、rest2 へ移行すると再び重度な気分不良を訴えた。そして、move2 では気分不良は改善し、初期安静時と同じ状態となった。その後は特に気分不良を訴えることはなく、初期安静と同じ状態が続いた。

血圧は rest1 において、30 秒間で初期安静値の約 80% に減少した後、低い値を維持した。そこで、move1 へ移行すると短時間のうちに初期安静の約 150% まで上昇を示し

たが、再び減少し、rest2 では初期安静とほぼ同じ値で安定した。そして、move2 では再び短時間で初期安静値の 150%まで上昇した後、約 11 分で初期安静値にまで減少した。

麻痺筋における筋電図は測定を通じて、筋収縮が確認されているが、身体動作とともに出現頻度が増していた。

2) 血圧変化にともなう循環反応について(図 4)

rest1 において、SV は初期安静値の約 70%まで減少した後低い値を維持した。HR は徐々に減少し、rest1 終了時には初期安静値の約 80%まで減少した。また、CO も初期安静値の約 50%まで減少した後、低い値を維持したが、TPR は徐々に増加し、rest1 終了時には初期安静の約 200%まで増加した。move1 において、SV と HR は短時間で初期安静値の 130%まで増加し、CO も 150%まで増加した。また、TPR については、一旦減少したものの、再び初期安静値の 150%以上まで増加を示した。rest2 では SV や HR は初期安静値の約 70%まで減少した後一定となった。また CO も約 60%まで減少したが、TPR は初期安静の約 150%を維持していた。move2 の初期では、SV と CO も初期安静値の約 130%以上に増加したが、HR は初期安静値の約 80%まで減少した。また TPR は初期安静の約 130%を維持していた。

HF 成分は move1 から徐々に増加し、move2 に著しい増加を示した。Total-Hb に関しては、全過程を通して特に変化は示さなかった。

4. 考察

1) 血圧と自覚症状の関係

自律神経障害を有する頸髄損傷者では、体位変換により起立性低血圧が生じ、めまい、耳鳴り、吐き気、顔面蒼白などが出現し、重度な血圧低下の場合には脳血流低下による脳貧血で意識喪失を伴うとされている¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。脳血流を一定に保つことは、脳の神経細胞の生命および機能を維持するために重要であり、脳循環自動調節が存在するとされている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。しかし、頸髄損傷者の脳循環に関して Houtman ら¹¹⁾は、Tilt bed を用いた起立により、血圧低下とともに脳血流や脳酸素代謝が著しく減少すると報告している。

本研究の結果より、可能な範囲での安静座位時には血圧低下とともに気分不良が生じることが認められた。そこでまず、rest1 についてみると、血圧低下直後には気分不良が生じないが、低血圧状態が持続することで気分不良が生じ、時間経過により徐々に

気分不良の程度も重度となったことから時間的ストレスが気分不良に関係していたと思われる。次に rest2 に注目すると、血圧値は move2 の後半で安定した時の値と同等であったが、move2 において血圧は気分不良は生じず、重度な気分不良が生じたのは rest2 だけであった。move2 では約 10 分間かけて緩やかに低下したが、rest2 では初期安静値の約 150% から 100% まで、短時間で急激な血圧低下を示しており、著しい血圧変化が気分不良に関係していたと考えられた。本研究で生じた低血圧は座位における症状であるが、著しい血圧低下を示しており、先行研究にもあげられたように血圧低下に伴う脳血流減少が気分不良を引き起こした、直接的な原因ではないかと考えられる。脳血管に分布する交感神経は C8~Th3 に由来するとされている⁸⁾が、本研究の対象者は C7 レベルでの損傷があるために、脳循環に対する神経性調節機構も障害されており、脳血流を維持することは困難であったと考えられる。一方で身体動作時には、血圧上昇とともに気分不良が改善されることが示され、rest1 や rest2 で生じた脳血流の改善が関係していると思われる。今後、血圧変化と自覚症状が関係をより明らかにするために、気分不良の直接的な原因と考えられる脳血流変化について詳細に検討する必要があると思われる。

2) 血圧に関与する循環反応

起立時には 500~700ml の血液が下肢や腹部臓器に貯留するとされており¹²⁾、静脈還流量減少に基づく CO の減少により収縮期血圧が 20mmHg 以上低下するものは起立性低血圧と判定される¹⁾。起立性低血圧は Th5 レベル以上の脊髄損傷者で頻回に生じ、腹腔臓器の血管を支配する Th5~Th12 由来の内臓神経が障害されることで大容量の静脈血貯留が生じるとされている¹⁾。また、下肢での静脈血貯留について Hopman¹³⁾により、脊髄損傷者は健常者と比較して、大腿部での静脈駆血による下肢血液増加量は有意に少なく、駆血開放後の下肢血液減少速度も有意に遅いことから、麻痺域下肢では血管床が減少しており静脈血貯留は起こりにくいと考えられている。本研究の結果からも rest1, rest2 において SV と CO が減少し、血圧も低下した。SV の減少は座位においても起立時同様に重力の影響で麻痺域に静脈血貯留が生じたためと考えられるが、下腿での血液量を表す Total-Hb に変化がみられないことから、下肢よりも腹腔臓器での静脈血貯留がより著しかったと思われる。さらに、血圧は $\text{血圧} = \text{CO} \times \text{TPR}$ で表され、CO は $\text{CO} = \text{HR} \times \text{SV}$ で表される¹⁴⁾。したがって、今回みられた SV 減少は、CO 減少をたらし血圧低下にも関係していると考えられる。

血圧低下時には圧受容器を介した Th1~Th5 由来の心臓交感神経の賦活と、心臓

迷走神経の抑制によりHRは増加するとされている⁵⁾⁸⁾¹⁵⁾が、頸髄損傷者では心臓迷走神経からの経路は残存しているものの、Th1よりも高位レベルが損傷されることにより心臓交感神経は機能しないとされている。そのためバルサルバ試験の第Ⅱ相でみられるCO減少と血圧低下に対する代償機能として働くHR増加はみられないと報告されている¹⁶⁾。本研究の結果からも、rest1においてHRは軽度減少したことから、心臓交感神経が機能しなかったことが考えられる。さらに、HF成分は特に変化を示さなかったことから圧反射を介した心臓迷走神経の抑制によるHR増加作用もうまく機能しなかったことが示唆された。

さらに血圧低下に対する圧反射を介した反応として、副腎髄質から分泌されるカテコールアミンや、視床下部から分泌されるバゾプレッシン、さらに腎交感神経によるレニン-アンジオテンシン系などの液性因子により血管収縮が起こりTPRが上昇するとされている⁵⁾⁸⁾¹⁵⁾。rest1においてTPRは徐々に増加したことから、CO減少による血圧低下に対して、液性因子によるTPR増加により血圧を維持しようとする反応が考えられる。

軽度の身体動作においてmove1、move2ともに血圧上昇が認められたが、HRはmove1では急激に上昇したがmove2では軽度減少し、TPRはmove1において急激に減少したがmove2では高い値を維持した。よってmove1とmove2で生じた血圧上昇に関与する循環反応に違いが認められる。今回行われた身体動作には腓腹筋筋電図に示されたように麻痺筋の不随意運動が認められたことから、痙性や筋痙攣が誘発されていたことが考えられる。痙性や筋痙攣出現時には脊髄内での異常興奮伝播が生じるとされており¹⁷⁾麻痺域において反射的に交感神経が刺激されることで、血管や心臓に影響することが考えられる。したがって、身体動作におけるHRやTPRなどの循環反応を検討する際、同時に痙性や筋痙攣にともなう反射性交感神経活動を考慮に入れて検討する必要があると考えられた。

5. まとめ

慢性期の頸髄損傷者において、車椅子上での安静座位および軽度の身体動作が血圧変化と自覚的症状にどのような影響を与えるかについて把握し、そのときの循環反応についての検討をおこなった。その結果、血圧変化と自覚的症状には関係があることが示唆された。また、頸髄損傷者にとって安静座位をとることは気分不良をともなった低血圧を起こしやすい状態にあり、軽度の身体動作を行うことは血圧の上昇や維持に影響しているのではないかと考えられた。さらに血圧変化にともなう循環反応については、安静時にはSVとHRの減少の影響を受けてCOが減少し、血圧低下に影響していること

が考えられたが、TPR においては徐々に増加を示しており、血圧低下に対する血圧維持機構がはたらいっていることが示唆された。また、身体動作時にはSVや一時的なHRの増加によりCOが増加し血圧の上昇に関係していることが示唆された。しかし、HRにおいては一旦増加した後すみやかに減少しており、圧反射を介して血圧上昇を抑制する作用が働いていると思われた。また、TPR においては全体的に上昇するものの、身体動作直後の反応としては減少を示すことがあり、より詳細に検討する必要があると考えられた。

6. 文献

- 1) 井上和宏, 緒方甫, 他: 脊髄損傷者の自律神経障害, 脊椎脊髄ジャーナル 3(1):23-30, 1990
- 2) 大橋正洋: 脊髄損傷マニュアル-リハビリテーション・マネージメント-, 医学書院, 東京, 1998
- 3) 長谷川康博: 起立性低血圧. CURRENT THERAPY17:114-121, 1999
- 4) 北耕平: 起立性低血圧と自律神経異常-病態と臨床-. 自律神経 35:450-451, 1998.
- 5) 熊原雄一: 図説内科診断治療講座. 高血圧と低血圧 p170-183, メジカルビュー社, 東京, 1989
- 6) 小田嶋奈津, 古川哲雄: 脊髄損傷者による起立性低血圧, 脊椎脊髄ジャーナル 3(10):791-793, 1990
- 7) Raymond J, Davis GM, et al (1999): Cardiovascular responses to an orthostatic challenge and electrical-stimulation-induced leg muscle contractions in individuals with paraplegia. European Journal Applied Physiology and occupational Physiology 80(3):205-212.
- 8) 二宮石雄, 菅弘之編著: 循環生理機能と病態. 脳循環 p207-225, 南江堂, 東京, 1993
- 9) 森山光一: 頭位変換時の脳循環調節におよぼす心血管系の反応について, 日本医科大学雑誌 56(3):258-265, 1989.
- 10) 田中耕太郎: 脳循環調節因子, Therapeutic Research 20(7):2059-2065, 1999
- 11) Houtman S, Jorge M et al: Changes in cerebral oxygenation and blood flow during LBNP in spinal cord-injured individuals, Journal of Applied Physiology 91:2199-2204, 2001

- 12) 瀧下修一：起立性低血圧の発生機構，循環器科，30：428－435，1991.
- 13) Hopman MTE, Nommensen E, et al: Properties of the venous vascular system in the lower extremities of individuals with paraplegia. Paraplegia 32:810－816, 1994
- 14) 貴邑富久子，根来英雄：シンプル生理学．循環系の機能 p201-227, 南江堂，東京，1994.
- 15) 本郷利憲，廣重力：標準生理学．血液循環・循環系の調節 p533-589, 医学書院，東京，1996
- 16) Houtma S, Oeseburg B et al: Non-invasive assessment of autonomic nervous system integrity in able-bodied and spinal cord-injured individuals, Clinical Autonomic Research 9:115-122, 1999
- 17) 川村次郎，小野仁之，他：脊髄損傷者における痙性と筋痙攣について，脊椎脊髄ジャーナル 3(1):15－21, 1990

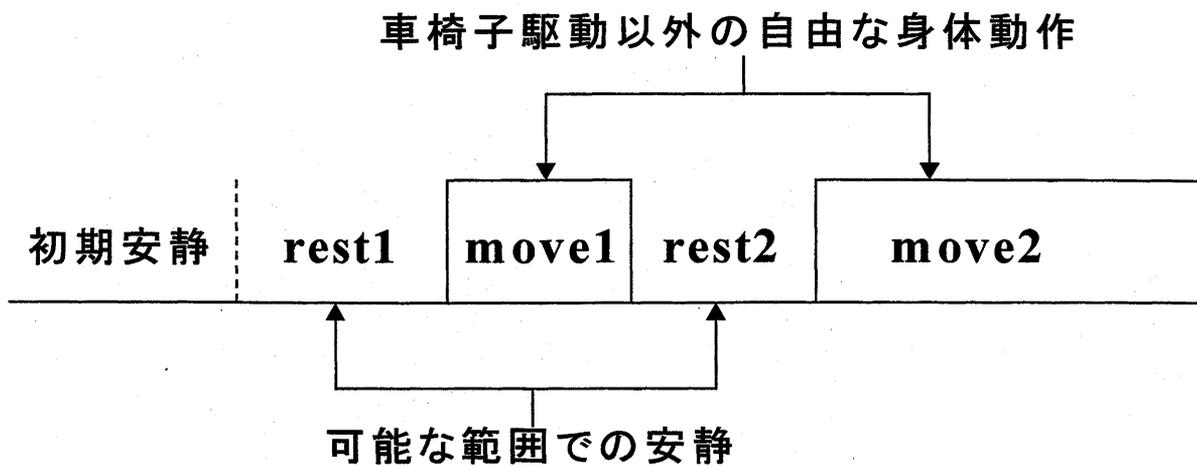
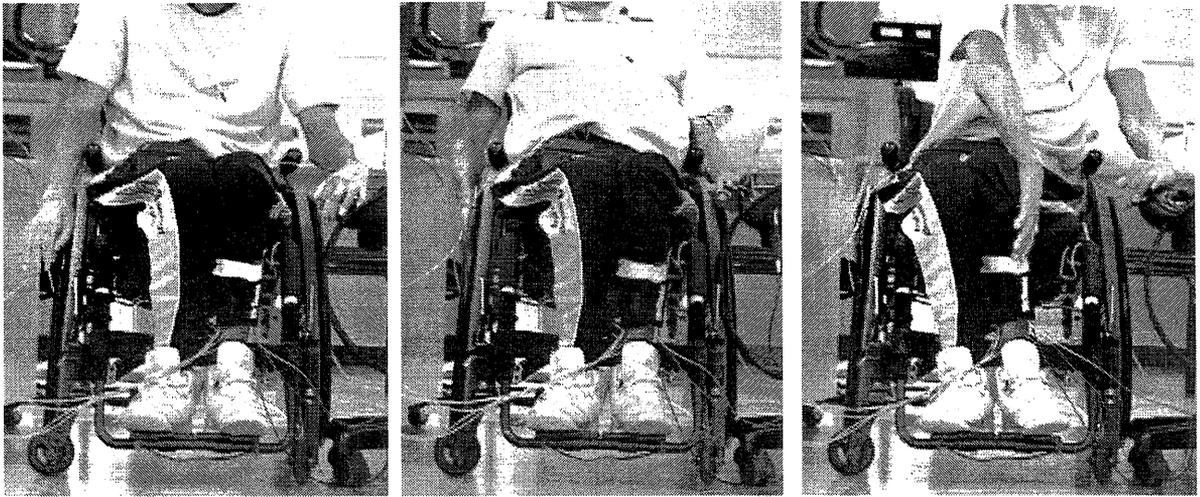


図1. 測定プロトコール

表1. 自覚症状の10段階の指標

10	: たいへん気分が良い
9	: 気分が良い
8	: 普通
7	:
6	: やや気分が悪い
5	:
4	: 気分が悪い
3	:
2	: かなり気分が悪い
1	: もうだめ



①

②

③

図2. 対象者の安静時および活動時の状態

①安静時②活動時(体幹伸展)③活動時(体幹回旋)

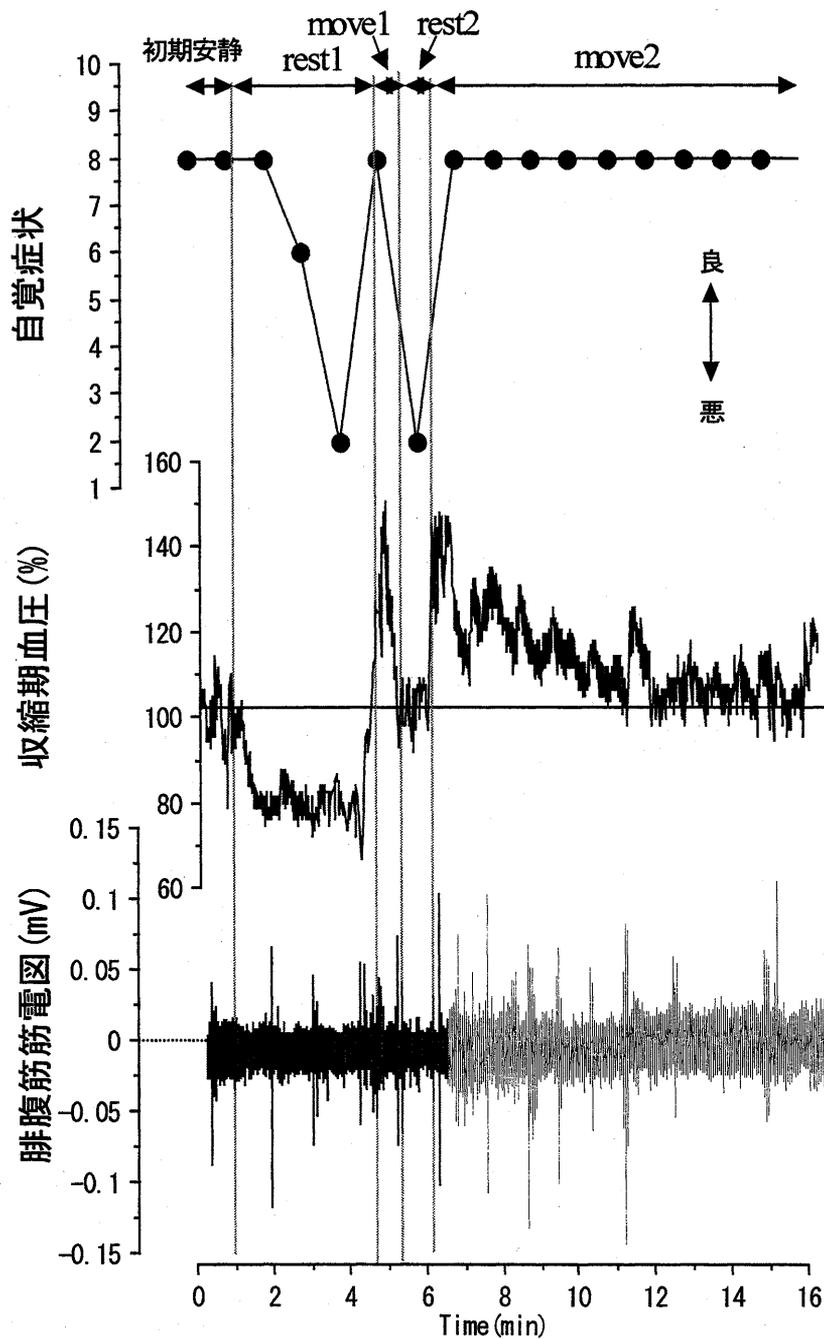


図3. 自覚症状および収縮期血圧の変化と腓腹筋電図の状態

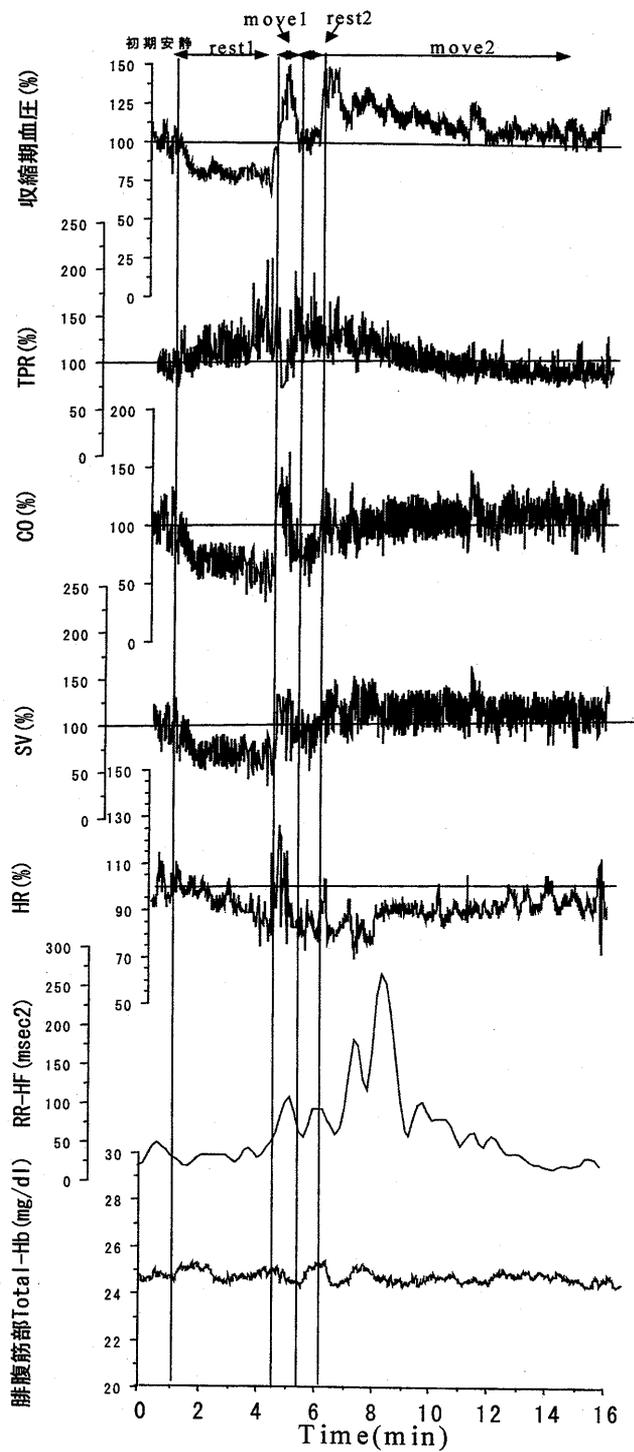


図4. 血圧変化にともなう循環反応とHF成分

第7章:頸髄損傷者にみられるクローヌスや筋痙攣に対する循環反応

1. はじめに

脊髄に損傷を受けると、損傷部以下の脊髄はいわゆる脊髄ショック状態になり脊髄反射がすべて消失するが、損傷から3~6週が経過し脊髄ショックから脱すると伸張反射が亢進し痙性¹⁾が出現する¹⁾。頸髄損傷者にみられる痙性や筋痙攣は、立位動作時に下肢の伸筋群の不随意的な収縮により支持性を得ることや、褥瘡や骨萎縮を予防するといった面では有効であるが、その出現頻度や強さが過度となると横隔膜運動の妨げによる呼吸困難や、膀胱外括約筋や肛門外括約筋の緊張亢進による排泄障害を引き起こすとされている¹⁾²⁾³⁾。このような、痙性や筋痙攣による筋緊張の亢進が頸髄損傷者の生活に及ぼす影響については検討されているが、生理学的に動脈血圧の変化や循環反応といった側面から検討されたものはあまり報告されていない。そこで本研究では、痙性によるクローヌスや筋痙攣などの神経系異常興奮にともなう麻痺筋不随意運動出現時の循環反応に注目し、動脈血圧やそれに関与している循環動態がどのように変化するかについて検討することを目的とした。

2. 対象および方法

1) 対象

対象は男性頸髄損傷者2名とした。脊髄損傷の神経学的および機能的分類にはASIA(American Spinal Injury Association)により分類した。

対象者には測定前に本研究の主旨、自分の意志でいつでも測定の中止ができることを説明し承諾を得た。

2) 測定プロトコール

測定前に排泄を済ませた上で、5分間の車椅子安静座位をとった後、関節運動による刺激を加え痙性や筋痙攣を誘発した。その後約10分間の経過を測定した。(図1)刺激を加える方法は、対象者との相談によりもっとも軽い刺激で容易にクローヌスや筋痙攣を誘発しやすい方法を選択した。症例1では片側膝関節を伸展させる動作、症例2では片側足関節を背屈させる動作を行った。その際、対象者の自動運動による循環反応の影響をなくすため、関節運動による刺激はいずれも験者によって他動的に行ない、刺激を加えるのは短時間で筋収縮が得られた時点で刺激は中止した。

3) 測定項目

① 動脈血圧および循環反応

動脈血圧測定はTNO TPD Biomedical Instrumentation社製連続指血圧測定装置(Portapres Model-2)を用いて行った。示指にカフを装着し、1拍毎の動脈圧波形を連

続的に記録し、動脈血圧を求めた。また、記録した動脈圧波形をパーソナルコンピューターにとりこみ、解析ソフト Beatscope Ver1.0 を用いて Model Flow アルゴリズムにより、心拍出量(CO)、一回拍出量(SV)、全末梢血管抵抗(TPR)、心拍数(HR)を算出した。Beatscope Ver1.0 により算出されたデータは、安静座位 5 分間の平均値に対する変化率(%)として表した。

②下腿部血液量

下腿部血液量の指標としてオメガウェーブ社製近赤外分光法装置(BOM-L1TR)を用いて、腓腹筋部での Total-Hb を測定した。得られたデータは A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いてサンプリング周波数 10Hz にて Analog to Digital 変換後パーソナルコンピュータに取り込んだ。

③自律神経(心臓迷走神経)評価

フクダ電子社製 Dinscope-3140 を用いて双胸部誘導にて心電図をモニターした。心電図データを A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いて Analog to Digital 変換後、パーソナルコンピュータに取り込み、諏訪トラスト社製リアルタイム心拍ゆらぎ解析システム TARAWA/WIN を用いて 1 拍毎の RR 間隔時系列データを求め、0.15~0.40Hz の高周波数成分(RR-HF)を算出した。

④麻痺筋筋電図

クローヌスや筋痙攣の出現状況を観察するため、腓腹筋の表面筋電図を双極誘導にて導出した。筋電位は A/Dinstrument 社製 Bioamp ML132 で増幅し、A/Dinstrument 社製 Mac Lab 8S を用いてサンプリング周波数 1kHz (High pass 10Hz, Low pass 500Hz) で Analog to Digital 変換後、パーソナルコンピュータに取り込んだ。

3. 結果

症例 1 において、クローヌスや筋痙攣の誘発にともない麻痺筋における筋収縮が筋電図により確認された。不随意運動出現にともない収縮期血圧は安静値の約 150%まで上昇したのち、10 分以上安静値よりも高い値を示した。また、HR は麻痺筋不随意運動出現直後に安静値の約 130%まで急激に増加した後、すみやかに安静時に回復した。SV は安静値の約 80%まで減少した後、徐々に安静時まで回復した。また CO においては不随意運動直後に安静値の約 130%まで増加した後、逆に安静値の約 80%まで減少した。一方、TPR は不随意運動後しばらくしてから安静値の約 170%まで増加した後、徐々に安静時に回復した。HF 成分は不随意運動出現から約 2 分が経過したあたりから急激に上昇した。Total-Hb に関しては、特に変化を示さなかった。(図2)

症例 2 においても、クローヌスや筋痙攣誘発にともない麻痺筋における筋収縮が筋電図

により確認された。不随意運動出現にともない収縮期血圧は安静値の約 250%まで著しい上昇を示した。また、HR は麻痺筋不随意運動出現直後に安静値の約 150%まで増加した後、逆に安静値の約 75%まで減少した。SV は安静値の 200%以上増加した後、徐々に安静時まで回復した。CO は安静値の 250%以上に増加したが、TPR は安静値の約 60%まで減少した。その後、安静値の約 150%まで急激に増加したが、徐々に安静時に回復した。HF 成分は不随意運動出現にともない急激に上昇したが、Total-Hb に関しては、特に変化を示さなかった。(図3)

4. 考察

クローヌスとは単シナプス反射の相動性伸張反射が著しく亢進することで、伸張ストレスなどの求心性刺激を加えられた筋が収縮を繰り返すといった現象とされている¹⁾。そして、筋痙攣は損傷部位以下の脊髄内に異常興奮伝播を生じ、麻痺域の一部または全体の筋収縮を起こすもので、この場合の求心性刺激としては、筋の伸張のみに限定されず、有害無害を問わない皮膚刺激、内臓器の異常などが刺激となりうる³⁾。また河村ら⁴⁾は、脊髄損傷者における筋痙攣の出現頻度は1日に5回から30回、平均14回であり、1回の筋痙攣の持続時間は3秒から15秒、平均9秒であったと報告している。したがって痙性や筋痙攣が身体反応に及ぼす影響について詳細に検討することは頸髄損傷者が日常生活を過ごすうえで重要であると考え、生理学的な側面から痙性や筋痙攣が動脈血圧や循環動態に与える影響について検討した。

今回の結果から、症例 1、2 ともにクローヌスや筋痙攣を誘発による麻痺筋不随意運動の出現にともない収縮期血圧が上昇し、しばらく安静値よりも高い値が継続する点は共通していたが、収縮期血圧の上昇率においては個人で差が認められた。さらに、全体的に TPR も増加したのち、しばらく安静値よりも高い値を維持していたが、症例 2 にみられたように不随意運動直後には TPR が急激な減少が認められた。運動により局所の代謝が高まることで、乳酸などの血管拡張物質が産生、蓄積されると、代謝性血管拡張がおこり TPR が減少することが知られている⁵⁾。よって今回は麻痺筋での不随意的運動ではあるが、クローヌスや筋痙攣の誘発直後に認められた TPR の減少には、代謝性血管拡張が関与している可能性がある。また、HR は不随意運動開始直後に反応し急激に増加するが、その後減少を示し安静時またはそれ以下の状態を示した。Ann-Katrin Karlsson ら⁶⁾は、C7~Th4レベルでの脊髄損傷者に対して腹部の軽打刺激により求心性刺激で自律神経過反射を誘発した場合、麻痺域下肢のノルアドレナリンが増加したことから、脊髄損傷レベル以下での反射性交感神経機構は残存していることが考えられたと報告している。したがって、自律神経過反射⁷⁾⁸⁾⁹⁾と同様の発生メカニズムである痙

性や筋痙攣も、脊髄レベルでの異常興奮により反射性交感神経機構が働き心臓交感神経が働くことにより心拍数が増加したことが考えられる。逆に HR が減少したことについて、心臓迷走神経は脳幹由来のため頸髄損傷者においても損傷を免れ機能していることが考えられる。さらに、HR 減少と同時に HF 成分が急激に増加していたことから、著しく上昇した動脈血圧を抑制するために、圧反射を介した心臓迷走神経の活動¹⁰⁾により HR 減少が引き起こされたと考えられる。そして、SV においては、不随意運動開始後に急激に増加するものや、反対に減少するといった反応が認められた。SV の増加には、痙攣性や筋痙攣の誘発により生じた反射性交感神経活動が、麻痺筋の収縮による筋ポンプ作用や麻痺域の血管収縮などをもたらすことで静脈還流が促されたことや、反射性心臓交感神経活動により心収縮力が増したことが関係していると思われる。麻痺域下肢での循環動態に関して Hopman¹¹⁾は、脊髄損傷者は健常者と比較して大腿部での静脈駆血による下肢血液増加量は有意に少なく、駆血開放後の下肢血液減少速度も有意に遅いことから、麻痺域下肢では血管床が減少しており静脈血貯留は起こりにくいと報告されている。本研究においても腓腹筋部 Total-Hb は著明な変化を示しておらず、罹病年数が症例 1 で 20 年、症例 2 で 10 年が経過しており麻痺域下肢での血管萎縮が著しく、もともとの静脈血貯留量も少なかったことが関係していると思われる。さらに SV の反応においては、症例 2 のように麻痺筋不随意運動出現にともない減少しているものもあることから、必ずしも静脈還流量を増加させる方向に働くとは限らないことが示唆された。この HR と SV の関係により CO も変化を示しており、特に不随意運動開始直後においては、HR の急激な増加がより強く反映され CO が急激に増加しており、収縮期血圧上昇の引き金となっていると思われる。

5. まとめ

頸髄損傷者にみられるクローヌスや筋痙攣といった神経系の異常興奮による麻痺筋不随意運動出現にともない、動脈血圧やそれに関与している循環動態がどのように変化するか検討した。その結果、症例 1、2 ともに収縮期血圧の上昇が認められたが、収縮期血圧の上昇率には個人差があった。また、TPR は全体的に増加を示したが、不随意運動開始直後には減少を示すことがあった。HR は不随意運動出現直後に反応し急激に上昇していたが、SV の変化様式は個人によって異なった。また、HR 増加の影響を受けて CO も急激な増加を示しており、血圧上昇の開始要因となっていることが考えられた。これらの収縮期血圧および循環反応は麻痺筋不随意運動出現にともない、安静時と比べて明らかな変化を示しており、クローヌスや筋痙攣による神経系の異常興奮伝播により反射性に交感神経活動が働いたことが影響したのではないかと考えられる。

6. 文献

- 25) 大橋正洋: 脊髄損傷マニュアル-リハビリテーション・マネージメント-, 医学書院, 東京, 1998.
- 26) Kawamura J, Ise M, Tagami M: The clinical features of spasms in patients with a cervical cord injury, *Paraplegia* 27(3):222-226, 1989.
- 27) 川村次郎, 小野仁之, 田上光男, 神田昭光: 脊髄損傷者における痙性と筋痙攣について, *脊椎脊髄ジャーナル* 3(1):15-21, 1990.
- 28) 川村次郎, 小野仁之, 田上光男, 須崎ゆみ: 脊髄損傷者の筋痙攣-携帯型長時間記録装置による筋電図と関節角度の終夜記録-, *日本パラプレジア医学会雑誌* 5(1):168-169, 1992.
- 29) 東健彦: 循環. 本郷利憲(編): 標準生理学. 533-587, 医学書院, 1996.
- 30) Ann-Katrin Karlsson, Mikael Elam, Peter Friberg, Fin Biering-Sorensen, Lars Sullivan, and Peter Lonnroth: Regional sympathetic function in high spinal cord injury during mental stress and autonomic dysreflexia, *Brain* 121:1711-1719, 1998.
- 31) 服部孝道: 自律神経過反射, *脊椎脊髄ジャーナル* 2(1):53-54, 1989
- 32) 井上和宏, 緒方甫: 脊髄損傷者の自律神経障害, *脊椎脊髄ジャーナル* 3(1):23-30, 1990.
- 33) 高木隆治, 渡辺竜助, 明石拓也: 頸髄損傷者の自律神経過反射, 特に血圧の変動について, *日本パラプレジア医学会雑誌* 10(1):198-199, 1997.
- 34) Henry K, William J, Brown DJ, Howes LG: Pressor dose responses and baroreflex sensitivity in quadriplegic spinal cord injury patients, *Journal of Hypertension* 10:245-250, 1992.
- 35) Hopman MTE, Nommensen E, Asten WNJC, Oeseburg B, Binkhorst RA: Properties of the venous vascular system in the lower extremities of individuals with paraplegia. *Paraplegia* 32:810-816, 1994.

表1. 症例の身体的特性

	性別	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	罹病年数 (年)	損傷部位	ASIA impairment scale
症例1	男性	44	172	55	20	C7	Grade A
症例2	男性	31	171	50	20	C7	Grade A



①安静時



②出現時

図1. クローヌスおよび筋痙攣の出現風景

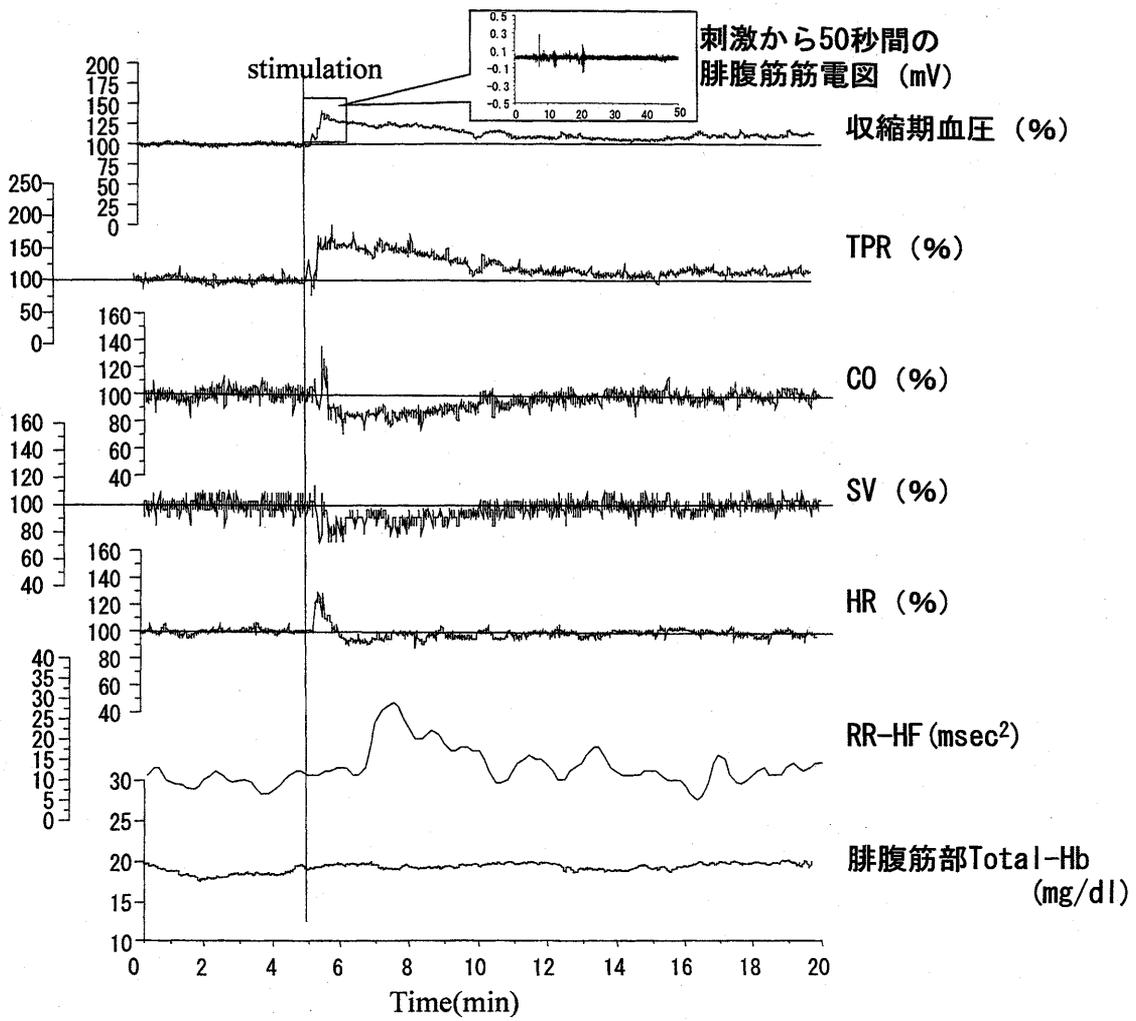


図2. 血圧変化に伴う循環反応とHF成分(症例1)

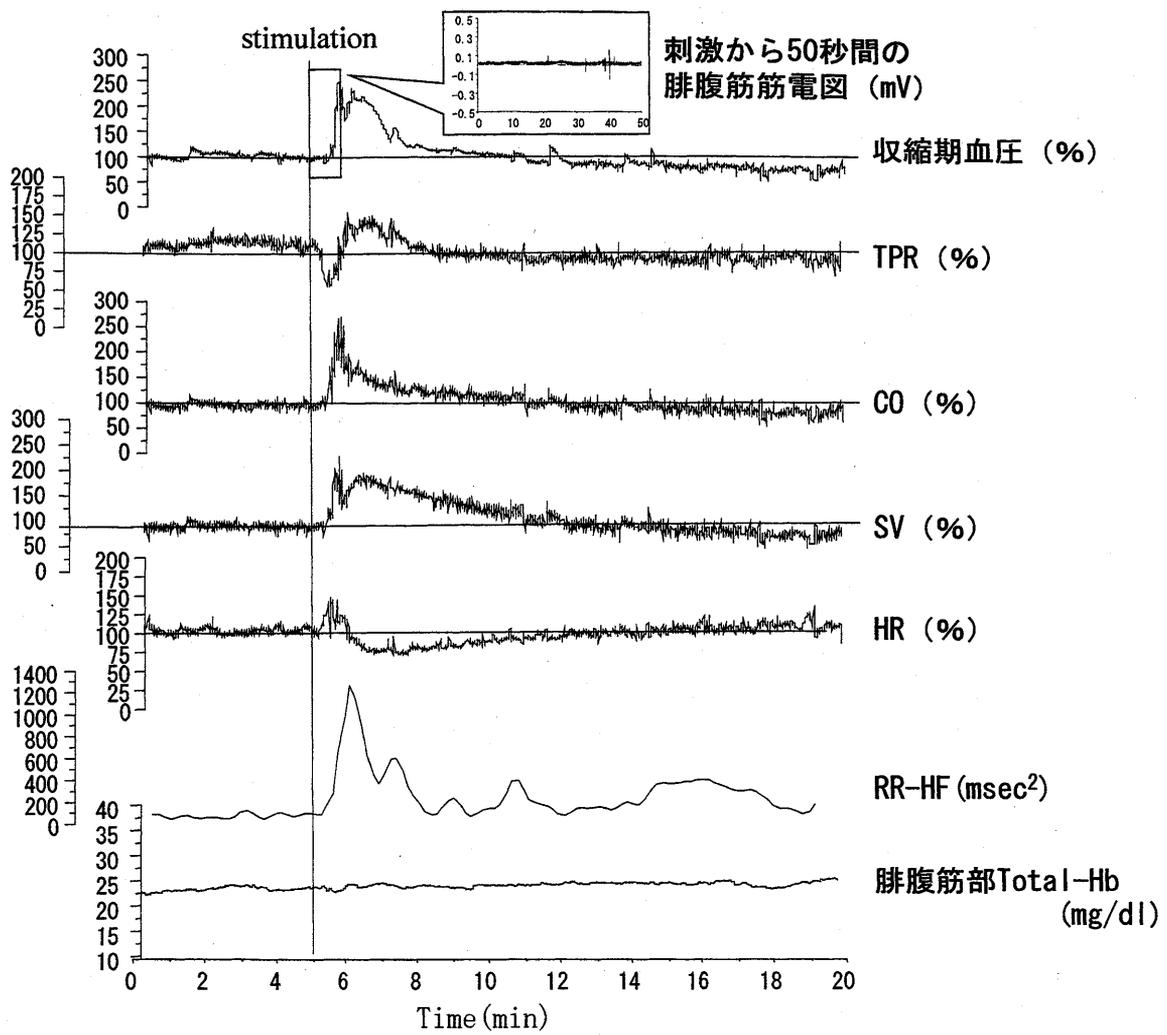


図3. 血圧変化に伴う循環反応とHF成分(症例2)