

2003 年度 在宅医療助成報告書

身体障害者の在宅における低負荷量による運動療法の確立と その普及

兵庫県立総合リハビリテーションセンター
リハビリテーション中央病院 内科 加藤順一
〒651-2181 神戸市西区曙町 1070

研究協力者（兵庫県立総合リハビリテーションセンター）

永田安雄
村上雅仁
前田慶明
高橋健太郎

2005 年 1 月 11 日提出

研究テーマ

身体障害者の在宅における低負荷量による運動療法の確立とその普及

はじめに

虚弱高齢者や身体障害者における体力と身体活動量に似合った運動療法の確立が、在宅生活においてこれら対象者の寝たきり予防のためにも求められる。地域医療・保健機関との連携のもとに、これらの対象者の身体組成の把握と行動体力および日常の身体活動度を評価し、健康増進のための運動療法プログラムを作成し、運動療法を実践することが重要である。社会復帰後の脳血管障害 (cerebrovascular disease ; CVD) 片麻痺者では運動麻痺により日常の身体活動量の低下が体力低下の一因とされ、獲得した機能を維持・増進する上で日常の身体活動が重要であることは言うまでもない¹⁾。

身体活動量の評価のひとつに 24 時間心拍数を測定し、CVD片麻痺者の生活活動水準を調査した報告がみられる²⁾。一方、全身持久性の評価法のひとつに循環・呼吸器系のフィットネスの指標として、漸増性運動負荷試験による最大酸素摂取量 (VO₂max) や嫌気性代謝閾値 (anaerobic threshold ; AT) が用いられる³⁾。VO₂maxは、有酸素的作業を行うためのエネルギー源となる酸素を外界から骨格筋へ運搬する酸素運搬系の最大能力を示す。またATより少ない負荷量での定常運動負荷において運動開始から酸素摂取量(VO₂) が一定に達するまでの応答曲線から時定数(τ ; 運動開始時のVO₂ の 1 次指数として計算される)と酸素欠損 (O₂deficit) が求められる⁴⁾。O₂deficitは運動開始から定常状態に達するまでの運動エネルギー不足を表わし嫌気性代謝により補われ、中枢機能(心機能)と末梢機能(動脈での酸素運搬と骨格筋での酸素摂取)により規定される。長期間の臥床安静や心疾患患者では、運動負荷時の τ とO₂deficitの増大すなわちVO₂ 応答の遅延と運動耐容能の低下が指摘されている⁵⁻⁶⁾。

そこで本研究では、在宅における CVD 片麻痺者を対象に、歩数・運動エネルギー消費量・運動強度の記録可能なカロリーカウンターにより日常の身体活動量を評価するとともに日常基本動作における運動耐容能について呼気ガス分析により検討したので、若干の考察を加えて報告する。

対象と方法

- 1 対象

被検者は、当センターに通院治療中のCVD在宅片麻痺者 20 名 (男性 16 名、女性 4 名 : 64 ± 9 歳) で肥満度を示すBody mass indexは 23.1 ± 1.2kg/m²であった。原因疾患

は、脳梗塞 14 名、脳出血 6 名で、発症から 22.2 ± 17.8 ヶ月経過していた。患側下肢の運動麻痺の程度は、Brunnstrom stage 、 、 、 がそれぞれ 5 名、8 名、4 名、3 名であった。歩行能力別では、下肢装具および杖使用にて屋内外の独歩可能な者 4 名、屋内外ともに車椅子使用者 16 名であった。

- 2 身体活動量の評価

カロリーカウンターとして多メモリー加速度計測装置付歩数計 (CAL-D, スズケン医療機社製) を使用した。この機器は、日々の歩数・運動量・運動強度を経時的に多メモリーに記憶し、赤外線通信によるパソコンから身体活動の記録を簡単に表示できる装置である⁷⁾。被検者は、あらかじめ性別、年齢、身長、体重の基礎データを入力した CAL-D を起床時より就寝時まで健側の腰部側面に装着した状態で日常生活を制限なしに過ごした。観察期間は 13 ± 5 日間であった。CAL-D を後日に回収し、一日あたりの平均歩数・運動消費カロリー量および総消費カロリー量のデータを分析した。

- 3 呼気ガス分析による運動負荷試験

運動負荷試験は、自転車エルゴメーター (Corival-WLP400、ロード社) による呼気ガス分析 (Minato RM-300、ミナト医科学社) を用い、数分間の座位安静後ウォーミングアップとして 20watt で 3 分間の定常負荷を行い、その後 10watt/分のランブ負荷法により自覚的症候限界域まで実施した。

定常負荷時の VO_2 応答曲線から運動開始時の $\dot{V}O_{2on}$ と O_2 deficit を、運動耐容能として限界性最大負荷により VO_{2max} 、最大運動負荷量 (maximum work load) を測定した。

- 4 日常基本動作における運動負荷試験

基本動作としては、骨盤拳上動作、起立動作、足踏み動作の 3 パターンとした。各動作は 3 段階 (低負荷 中等度負荷 高負荷) の速度漸増運動負荷法で行い、心拍数が定常状態になった時点より連続で 1 分間ずつ、以下の負荷で動作を被検者に実施し、米国 MGC 社製呼吸代謝装置 VE2000 を用いて、動作時の呼気ガス分析を行ない酸素摂取量及び心拍数を測定した。データ処理にはエイアンドエムイー製呼吸代謝計測ソフト m-Graph を使用した。

(1) 骨盤拳上動作：負荷速度は 6 回/min、12 回/min、20 回/min

(2) 起立動作：負荷速度は 4 回/min、6 回/min、12 回/min

(3) 足踏み動作：負荷速度は 30 回/min、40 回/min、50 回/min

得られた数値は mean \pm SD 表し、一日あたりの平均歩数と $\dot{V}O_{2on} \cdot O_2$ deficit $\cdot VO_{2max}$

および maximum work load との相関は Pearson's correlation coefficient により評価し、日常基本動作における運動負荷試験における統計学的処理には、t - 検定を用いて検討し、有意水準は危険率 5%未満とした。また、すべての被検者には本研究の目的、趣旨などについて説明を行ない、同意を得た。

結果

CVD 在宅患者の身体活動量として CAL-D より一日あたりの平均歩数・運動エネルギー消費量および総消費エネルギー量は、それぞれ 4264 ± 2933 歩/日・ 112 ± 82 kcal/日・ 1716 ± 146 kcal/日であった。

呼気ガス分析より運動負荷開始時の on と O₂deficit は、 29 ± 6 秒および 239 ± 71 ml であった。また VO₂max と maximum work load は、 16.6 ± 4.8 ml/min/kg および 79 ± 35 watt であった。

一日あたりの平均歩数と運動開始時の VO₂ 応答を表わす on および O₂deficit との関係を図 1 に示す。一日あたりの平均歩数は、on ($r=-0.52$) および O₂deficit ($r=-0.61$) と負の相関を示した。

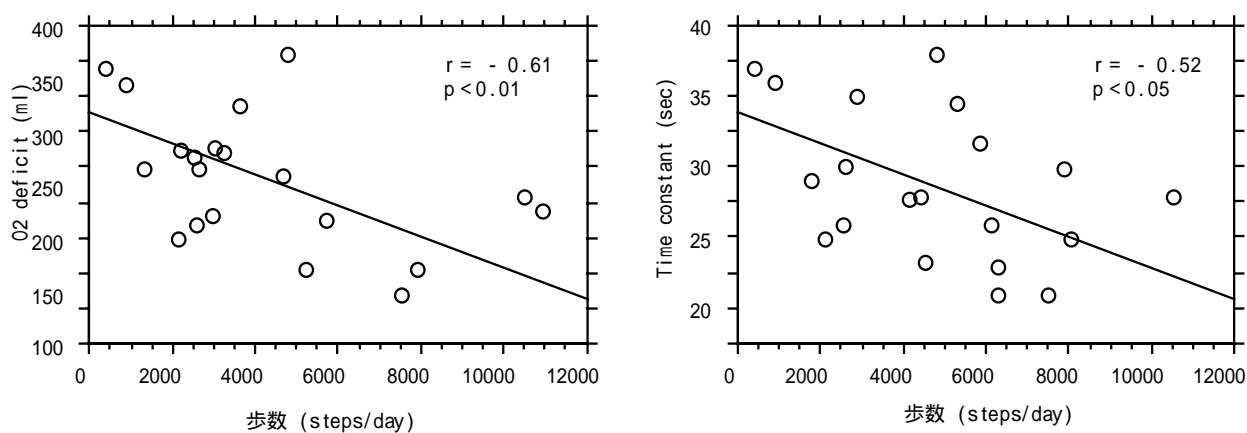


図 1 在宅脳血管障害者における日常身体活動量と運動開始時の酸素摂取応答

これに対し一日あたりの平均歩数と運動耐容能を示す VO₂max および maximum work load との関係を図 2 に示す。一日あたりの平均歩数は、VO₂max ($r=0.61$) および maximum work load ($r=0.69$) と正の相関を示した。

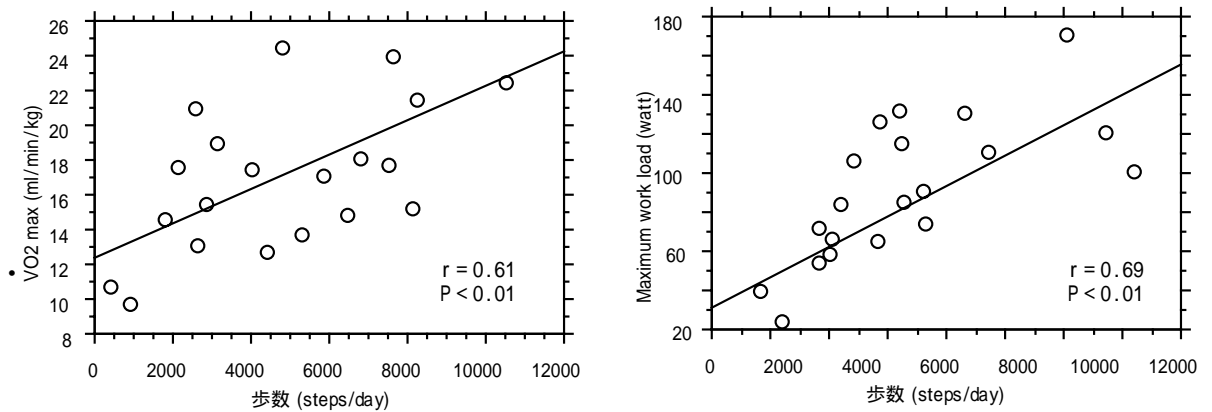


図2 在宅脳血管障害者における日常身体活動量と運動耐容能

基本動作としての骨盤挙上動作、起立動作、足踏み動作の各々の3パターンの結果を図3に示す。骨盤挙上動作時の酸素摂取量は、低負荷 4.62ml/min/kg、中等度負荷 5.38ml/min/kg、高負荷 6.83ml/min/kgであった。また、METsは、低負荷 1.18、中等度負荷 1.36、高負荷 1.73であった。一方、起立動作時の酸素摂取量は、低負荷 5.53ml/min/kg、中等度負荷 7.16ml/min/kg、高負荷 9.20ml/min/kgであった。METsは、低負荷 1.31、中等度負荷 1.71、高負荷 2.2であった。また、足踏み動作時の酸素摂取量は、低負荷 6.34ml/min/kg、中等度負荷 9.00ml/min/kg、高負荷 10.58ml/min/kgであった。METsは、低負荷 1.31、中等度負荷 1.84、高負荷 2.18であった。骨盤挙上動作時では、安静時と比較して中等度負荷・高負荷時で有意な差が認められた ($p < 0.0001$)。起立動作時および足踏み動作時では、各負荷時において有意な差が認められた ($p < 0.0001$)。

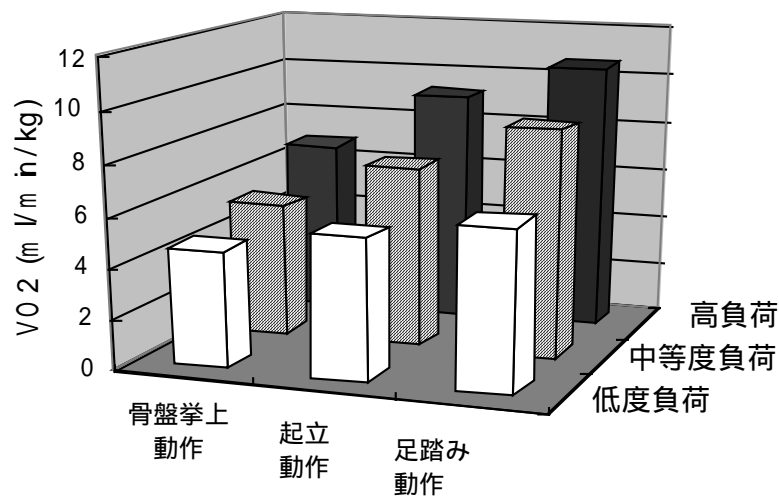


図3 在宅脳血管障害者における基本動作時の酸素摂取量

考察

脳血管障害患者の回復期リハビリテーションにおいて、発症直後からの臥床や運動麻痺による活動性の低下に対して身体活動量を改善させる運動療法が重要であると考えられる。運動療法は種々の疾患を対象に施行されるが、適切な運動量により、運動耐容能が増大することは周知のことである。全身持久力の維持または改善を目的とした運動療法は、適切な運動処方を行うことが重要であるが、そこで運動耐容能の評価として呼気ガス分析による運動負荷試験がある。しかし、運動麻痺の程度が重度の場合や歩行が困難な場合においてATレベルのトレーニングが困難なケースが臨床場面においてしばしば見受けられる。身体活動量の評価にはwhole body calorimetryがgold standard methodとされているが、呼気ガス分析により測定されるため日常生活での測定には困難であり、タイムスタディ法や24時間の心拍数変化よりエネルギー消費を推定する方法などが一般的に使用される⁸⁾。しかしこれらの方法は簡便性や実用性に欠ける点がある。

今回使用したCAL-DIは、装着や使用法が簡単なうえ、運動量やエネルギー消費量がカロリー表示され、かつ酸素消費量($\dot{V}O_2$)の方法によるデータと相関すると言われている⁷⁾。その測定方式は、内臓された圧電素子による加速度センサーとマイクロプロセッサにより、次式 $E=1.11KaW^{0.444} + 1.11KbW$ (E :消費エネルギー、 W :体重、 Ka :基礎代謝係数、 Kb :運動係数-トレッドミルによる運動負荷と酸素消費量の関係から計算)より算出される。

今回得られた一日あたりの平均歩数の結果は、歩行が自立した高齢者CVD片麻痺者の歩行状態をみた報告とほぼ同様であった⁹⁾。CVD片麻痺者では、長期にわたる臥床や運動麻痺による身体活動量の低下により、全身持久力の低下が社会復帰後しばしば問題となる。CVD片麻痺者の全身フィットネスの指標としてATが有用であり、全身持久力の向上にATレベルでの全身持久力訓練が効果的とされている¹⁰⁾。

今回、我々は運動負荷試験でウォーミングアップとして20wattで3分間の定常負荷を用いることで、運動開始時の指標である $\dot{V}O_2$ と O_2 deficitを測定し、運動負荷開始時の $\dot{V}O_2$ 応答の変化を観察した。一定の強度の運動負荷の開始時、酸素摂取量が安静時のレベルからその運動に必要な定常状態に達するまでには時間的な遅延がある。 O_2 deficitはこの間における骨格筋の運動エネルギーの不足分であり、無酸素性代謝によって補われる。 $\dot{V}O_2$ は安静時から定常状態の約63%に達するまでの時間で、運動開始時の心拍出量と動静脈酸素含有量格差の応答を反映する⁴⁾。

慢性心不全患者では、運動時の1回心拍出量が著しく低下することから O_2 deficitおよび $\dot{V}O_2$ は延長し、運動負荷開始時の $\dot{V}O_2$ 応答の低下がみられる⁶⁾。長期臥床患者でも運動時の1回心拍出量の低下が指摘されることから、CVD片麻痺者においても運動負荷開始時の $\dot{V}O_2$ 応答の低下が予想される。

今回の研究において一日あたりの平均歩数と O₂deficit および on は負相関を、VO₂ max および maximum work load と正相関を示したことから、CVD 在宅片麻痺患者において日常の身体活動量と運動時の VO₂ 応答および運動耐容能などの全身持久性との関与を再認識するとともに、運動時の VO₂ 応答の低下が運動耐容能の低下の一因であることが示唆された。

また、基本動作における運動負荷試験の結果から各基本動作時の VO₂ 応答は、速度漸増負荷に比例して増加する傾向を示し、低速歩行程度の運動強度が得られていることが推測された。

在宅 CVD 片麻痺者は、運動に応じて到達できる生活活動水準を維持するために全身持久力を含めた体力の維持・向上が重要と考えられる。適度な運動を行うことにより有酸素能力および全身持久力を向上させることは、生活場面における活動性を増加させることを可能とし、また再発の予防にもつながる。

今回、在宅 CVD 片麻痺者に対する運動耐容能の客観的な定量評価として、身体に対して比較的負荷がかからず、安全性が高い負荷試験から得られる酸素摂取量を指標にすることは有用であると示唆された。障害を伴う脳血管障害患者は運動耐容能も低下しており、施行できる運動療法にも制限があるため、安全でリスクがない運動プログラムを実施する必要があるため、今回使用した基本動作の運動プログラムも一つの手段であると考えられる。

最後に、在宅 CVD 片麻痺者の運動療法において身体機能の改善は言うまでもなく、今後、全身持久力および運動耐容能の改善を目的とした運動エネルギー効率の向上を念頭においた運動療法アプローチが重要であると考えられる。

文献

- 1) 宮原恵子, 緒方甫, 浅山滉, 今村義典 : 脳卒中後片麻痺者の活動性. 総合リハ 1984 ; 12 : 853-857
- 2) 木村美子, 大峯三郎, 江西一成, 舌間秀雄, 新小田幸一, 大川裕行 : 脳卒中在宅片麻痺患者の退院後の機能と体力の維持について. 理学療法学 1988 ; 15 : 27-34
- 3) Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. Am Rev Respir Dis 1984, 129 : 35-40
- 4) 伊東春樹 : 酸素輸送能から見た運動耐容能. 循環器科 1991 ; 30 : 525-534
- 5) Weber KT, Kinasevitz GT, Janicki JS, Fishman AP : Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic heart failure. Circulation 1982 ; 65 : 1213-1223
- 6) Cross AM, Higginbotham MB : Oxygen deficit during exercise testing in

- heart failure. Relation to submaximal exercise tolerance. Chest 1995 ; 107 : 904-908
- 7) Nimi,M, Hasegawa, M : The exercise therapy ; its index and the effect judgement. Carorie counter amethod. Jps. Suzuken Medical 1992 ; 64 : 73-79
- 8) 杉本淳 : 身体活動量の測定 最近の進歩 - .リハ医学 2000 ; 37 : 53-61
- 9) 上月正博, 横川正美, 後藤葉子, 原田卓, 吉田一徳 : 高齢者脳卒中中の運動療法. 臨床運動療法研究会誌 2001 ; 3 : 17-22
- 10) 塚越和己, 飯田勝, 高木博史, 小田嶋奈津, 大久保春美, 鬼沢智子, 丸山恭子, 山野辺和幸 : Anaerobic Threshold からみた脳血管障害片麻痺者の全身持久性評価の検討. 総合リハ 1993 ; 21 : 585-591

本研究は、「財団法人 在宅医療 助成勇美記念財団」の2003年度在宅医療研究助成により遂行された。関係各位の方々に深謝申し上げます。