

原 著

## 無菌室内での理学療法頻度による効果の違い

— 成人造血幹細胞移植患者を対象として —

八並光信<sup>\*1,2</sup> 渡辺 進<sup>\*2</sup> 上迫道代<sup>\*1</sup> 小宮山一樹<sup>\*1</sup>  
高橋友理子<sup>\*1</sup> 石川愛子<sup>\*3</sup> 里宇明元<sup>\*3</sup>

### 要 約

本研究の目的は、造血幹細胞移植患者の無菌室治療期間中に生じる廃用症候群に対して、理学療法の頻度による効果の違いを検討することにある。対象は、2002年1月より2003年12月までの患者57名中、重度のGVHDおよび早期死亡を除いた34名であった。理学療法評価は、移植患者の握力・下肢伸展筋力・運動耐容能について無菌室入室前後（移植前後）で行った。理学療法は、理学療法士のデモンストレーションに従って、患者が自覚的運動強度で「きつい」と感じる強度で、ストレッチングおよび筋力増強訓練を15分から20分間行った。この他、理学療法士の非監視下で行う自主訓練は毎日行った。理学療法士のデモンストレーションに従って患者が行った理学療法頻度の違いにより、隔日群（16名）と毎日群（18名）の2群に分けた。

移植前後の筋力の変化率に対する、訓練頻度の違いによる効果は認められなかった、運動耐容能の変化率に対する効果は、運動耐容時間を除き認められなかった。移植前後の筋力・運動耐容能の変化率を従属変数、性別・年齢・入院から移植までの期間・無菌室期間・訓練頻度を独立変数として重回帰分析を行った。筋力の変化率に関しては、無菌室滞在期間が寄与していた。しかし、運動耐容能の変化率は、この回帰モデルで説明できなかった。

我々は、今後も、移植治療中の廃用症候群を抑制できる理学療法システムについて検討していきたい。

### 緒 言

造血幹細胞移植における無菌室治療は、移植治療の中核である。無菌室は、抗がん剤治療や全身放射線照射（total body irradiation: TBI）治療による前処置開始から、自己の白血球がゼロないし低値となり、移植後にドナー由来の顆粒球が回復するまで3～4週間使用される。この間、移植片対宿主病（graft versus host disease: GVHD）を予防する目的で、移植患者へ免疫抑制剤が投与されるため、感染症合併のリスクが高い。ドナーの骨髄が輸注された患者は、生着までに嘔吐・発熱・皮疹・下痢・浮腫などさまざまな症状が生じる。これらの症状によって、臥床時間の増加と運動に対するモチベーションは低下し廃用症候群が進行する。

造血幹細胞移植のリハビリテーションに関する、本邦の先行研究は、主に小児の分野で報告されてい

る<sup>1,2)</sup>。石田<sup>3)</sup>によると、移植前後の理学療法や作業療法によって、筋力低下や拘縮などの廃用症候群を退院時までには解消している。しかしながら、小児領域に比較して、成人を対象とした造血幹細胞移植治療のリハビリテーションに関して、症例報告を除外すれば系統的な介入報告はない。

我々は2001年7月から、当院血液内科の造血幹細胞移植チームへ参加し、移植前後における理学療法評価および理学療法プロトコルの開発に着手した。約半年かけてプロトコルを完成させ、2002年1月から本格的に運用を開始した。その際、理学療法の効果を検証するため、1年間は毎日の自主訓練と理学療法士による個別訓練を隔日に行った。その結果、移植後の筋力・運動耐容能は、移植前の状態を維持できなかったため<sup>4,5)</sup>、2日目以降は自主訓練および理学療法士による個別訓練を毎日行った。

本研究の目的は、成人造血幹細胞移植患者の無菌

\*1 慶應義塾大学病院 リハビリテーション科 \*2 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

\*3 慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室

（連絡先）八並光信 〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 慶應義塾大学病院

室滞在中に生じる廃用症候群を，理学療法頻度を増やすことにより軽減できるかを検討することにある．

## 対象と方法

### 1．対象

対象は，2002年1月から2003年12月の2年間に造血幹細胞移植を受けた57名中，移植後に転院や重度のGVHDを併発した者12名と移植後の早期死亡者11名を除いた34名である．このうち2002年1月から12月までに造血幹細胞移植を受けた患者16名は，理学療法士による個別訓練を隔日（週3回）で受けた群である（以後，隔日群とする）．2003年1月から12月までに造血幹細胞移植を受けた患者18名は，理学療法士による個別訓練を毎日（週5回）受けた群である（以後，毎日群とする）．ただし，両群ともに，自主的な筋力増強訓練および柔軟体操（無菌室入室以前に指導されたもの）を看護師の監視下で，原則的に毎日行った．

本研究に際して，対象となった造血幹細胞移植患者は，血液内科の主治医・リハビリテーション医・理学療法士から，訓練の目的・方法・期待される効果・リスクについて詳細な説明を受け，本研究の参加に同意を得た．

表1 患者属性

属性	隔日群 (N=16)	毎日群 (N=18)
性別		
男性	12名	8名
女性	4名	10名
年齢		
男性	35.1±11.5歳	44.1±10.3歳
女性	44.5±16.3歳	35.9±11.7歳
原疾患		
急性骨髄性白血病	8名	6名
急性リンパ性白血病	4名	1名
慢性骨髄性白血病	1名	1名
非ホジキンリンパ腫	2名	5名
多発性骨髄腫	1名	2名
骨髄異型症候群		3名
入院から移植までの期間	37.9±19.4日	35.8±9.6日
無菌室滞在日数	45.3±18.3日	36.4±9.9日
訓練回数	19.4±7.8回	26.0±7.0回

説明：mean ± SD

対象者の内訳は，隔日群が男性12名（35.1±11.5歳），女性4名（44.5±16.3歳）の計16名で，毎日群が男性8名（44.1±10.3歳），女性10名（35.9±11.7歳）の計18名であった．造血幹細胞移植の対象となった原疾患は，白血病，非ホジキンリンパ腫，多発性骨髄腫，骨髄異型症候群等であった．無菌室内滞在日数は，隔日群45.3±18.3日，毎日群36.4±9.9

日で，無菌室内の訓練回数は，隔日群19.4±7.8回，毎日群26.0±7.0回であった（表1）．

### 2．方法

無菌室入室前（以後，移植前とする）および退出後（以後，移植後とする）の評価は，以下の項目について行った．移植前の評価は，入院後1週間以内に行った．移植後の評価は，無菌室から理学療法室への処方変更により，理学療法室での訓練が開始されてから1週間以内に行った．なお，訓練は入院前から前処置が開始されるまで，理学療法室で行った．前処置から無菌室入室後は，病室内で行った．

#### 2.1．筋力測定

上肢筋力は，握力を指標にした．測定は，デジタル握力計（竹井機器社製 Grid・D<sup>TR</sup>）で，利き手より行い（全例が右利き）2回施行し，結果の良い方の値を記録した．

下肢筋力は，膝の伸展筋力をリカンベント式筋力測定装置（三菱電機社製 Strength Ergo240<sup>TR</sup>）で，2回施行し，結果の良い方の値を記録した．測定モードは，アイソカインエティックモード（ペダル回転数50r/min・測定回転回数5回）で，ピークトルク値・仕事量を測定した．測定姿勢は，背もたれ角度が座面に対して110°で，シートの前位置は，右膝20°屈曲位になるように調節した．体幹は，左右の肩からのシートベルトと腰シートベルトで固定した．測定前に，検者が検査の目的を説明して，方法のデモンストレーションを行い，次に被検者が1度練習した後に測定した．

#### 2.2．運動耐容能測定

漸増運動負荷テストは，トレッドミル（Quinton社製 StairMaster<sup>TR</sup>）で行った．運動負荷のプロトコールは，5ステップから構成されており，平地歩行でステップ1の時速2kmから開始して，3分ごとに時速1kmずつ漸増し，ステップ5の時速6kmで終了した．血圧は運動負荷前・直後を電子血圧計（テルモ社製 ES-H51<sup>TR</sup>）で測定した．心拍数は，テレメーター心電図（日本光電社 Life Scope LC<sup>TR</sup>）およびテレメーター心拍計（キャノン製 Polar S810<sup>TR</sup>）を用いた．また，運動負荷テストの終了直前に Borgスケール<sup>6)</sup>を患者に提示して，自覚的運動強度を測定した．

我々の先行研究において，本プロトコールにおける健康者の完全遂行率は100%であった．また，運動負荷テスト終了時の平均最高心拍数は114.2bpm，平均最高酸素摂取量が19.7ml・kg<sup>-1</sup>・min<sup>-1</sup>で，最大酸素摂取量の約60%に相当することを報告した<sup>5)</sup>．

表2 理学療法プロトコール

事項	移植前			移植日	移植後	
	3週～4週	1週	1日		1週～4週	2ヶ月から4ヶ月
訓練場所	理学療法室		無菌室		理学療法室	
移植治療の内容	血液・CT・X線等の諸検査および歯科等の治療		全身放射線照射・超大量化学療法	休息	移植関連症状の治療・生着・造血機能の回復・輸血・急性GVHD治療等	急性GVHD予防・治療および感染症（サイトメガロウイルスなど）予防・治療等
理学療法の内容	移植前評価	無菌室内における自主訓練の習得・持久力訓練	自主訓練・理学療法士との個別訓練。なお、自主訓練は可能であれば1日2回行う。前処置中は、歩行訓練も行う。	輸注	自主訓練・理学療法士との個別訓練。なお、自主訓練は可能であれば1日2回行う。前処置中は、歩行訓練も行う。	移植後評価 自主訓練—柔軟体操・セラバンドを用いた筋力増強訓練・持久力訓練・階段昇降訓練・屋外歩行訓練

説明：なし

表3 移植前後の筋力と体重の変化

	隔日群				毎日群			
	移植前		移植後		移植前		移植後	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
右握力(kgf)	35.7±8.2	21.0±3.5	28.8±8.0	16.6±2.8	31.6±10.6	21.7±2.9	30.3±9.8	18.9±3.5
左握力(kgf)	33.5±8.6	20.5±3.3	26.2±8.2	15.6±3.2	31.8±9.1	20.7±3.1	29.5±7.8	18.5±3.0
右下肢伸展筋力(Nm)	153.0±26.6	67.1±13.4	109.6±38.4	54.4±21.6	124.2±22.3	87.3±13.5	113.1±36.5	71.5±18.8
左下肢伸展筋力(Nm)	147.3±21.7	66.1±11.6	99.9±26.6	55.7±22.4	123.3±25.8	84.0±15.65	110.9±36.5	68.2±19.4
体重(kg)	72.4±7.8	50.1±10.9	64.3±7.8	47.4±9.6	63.2±10.1	56.5±5.0	60.2±10.1	53.0±5.8

説明：mean ± SD

2.3 .統計処理について

統計処理は、SPSS 13.0j を用いてデータ解析を行った。移植前後における筋力と運動耐容能の変化率が、性差（男性・女性）および群間（隔日群・毎日群）で違いがあるかを、2元配置の分散分析を用いて検討した。また、筋力と運動耐容の変化率を従属変数として、性別・年齢・入院から移植までの期間・無菌室滞在期間・群間を独立変数の貢献度を強制投入法による重回帰分析で検討した。有意水準 P は0.05未満とした。

2.4 .理学療法プロトコール

(1) 移植前の理学療法室における理学療法

移植前評価が終了後、患者が無菌室内で毎日行う自主訓練を指導した。理学療法士による指導の下、頸部・体幹・下肢のストレッチング、腹筋・背筋およびセラバンド<sup>TR</sup>（幅15cm・長さ2m・ゴム製）を用いた大胸筋・三角筋・上腕二頭筋・上腕三頭筋・中殿筋・大腿四頭筋・大腿二頭筋・前脛骨筋・下腿三

頭筋等の筋力強化訓練を背臥位・座位・立位で行った。患者は、自主訓練を無菌室入室前までに、完全に習得した。また、患者は無菌室内における移植後関連症状を考慮して、臥床時でもアイソメトリック訓練ができるよう、訓練当該筋の筋収縮を認知できるようなイメージトレーニングを併用して行った。自主訓練の他、トレッドミルないし自転車エルゴメーターで、年齢別予測最大心拍数の60%の心拍数で、20分から30分の有酸素運動を行った。また、呼吸法も指導した。

(2) 前処置および移植後の理学療法

無菌室内の訓練は、患者自身が移植前に習得した自主訓練を、看護師の監視下で毎日行った。さらに、隔日群では、1日おきに理学療法士のデモンストレーションに従って訓練した。毎日群は、毎日、理学療法士のデモンストレーションに従って訓練した。理学療法士との訓練は、基本的に立位で行った。内容は、頸部・体幹・上肢・下肢のストレッチング

表4 移植前後の筋力の変化率に対する性差(男性・女性)と群間(隔日群・毎日群)の2元配置分散分析

	隔日群		毎日群		主効果 (P値)	
	男性	女性	男性	女性	性別	群間
右握力変化率 (%)	-16.6±23.0	-21.1±3.6	-4.0±14.0	-12.3±16.6	0.35	0.12
左握力変化率 (%)	-18.8±24.3	-23.9±10.2	-6.2±13.4	-10.2±8.8	0.48	0.05
右下肢伸展筋力変化率 (%)	-28.2±21.5	-21.3±17.4	-10.6±16.9	-17.9±18.5	0.97	0.15
左下肢伸展筋力変化率 (%)	-31.2±18.6	-18.3±19.8	-11.3±17.1	-18.6±18.5	0.70	0.17
体重変化率 (%)	-11.3±4.5	-5.0±5.9	-4.1±3.6	-6.3±2.6	0.18	0.07

説明: 変化率 (%) = (移植後の値 - 移植前の値) / 移植前の値 × 100

表5 移植前後の運動耐容能の変化

	隔日群				毎日群			
	移植前		移植後		移植前		移植後	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
安静時心拍数 (bpm)	85.5±19.3	88.0±15.1	102.6±10.9	96.8±6.6	79.1±12.7	86.6±10.4	96.6±7.7	94.5±7.8
負荷時最高心拍数 (bpm)	136.9±23.9	140.0±25.5	151.3±10.1	154.0±20.5	130.3±16.7	140.6±17.9	145.6±12.3	148.2±15.8
安静時収縮期血圧 (mmHg)	118.3±12.1	101.5±9.6	107.9±15.3	111.0±10.7	103.8±10.8	110.1±15.3	109.6±11.7	112.5±22.3
負荷後収縮期血圧 (mmHg)	143.6±19.5	120.3±11.1	119.1±20.0	132.3±9.5	128.3±18.3	134.3±24.7	139.1±21.6	124.1±23.5
安静時二重積	10142.1±2576.6	8958.0±1911.0	11024.3±1619.7	10730.0±1196.3	8239.5±1817.1	9556.7±1905.5	10632.3±1820.0	10590.2±2043.9
負荷後二重積	19698.3±4708.0	16971.2±4110.5	17992.3±3217.0	20394.5±3354.4	16780.8±3715.9	19147.2±5571.2	20285.5±3780.0	18332.1±3576.3
自覚的運動強度	13.1±1.6	14.5±1.3	14.7±1.4	15.3±2.6	13.6±1.9	14.2±1.8	15.5±1.1	15.5±2.0
耐容時間 (min)	15.0±0.0	15.0±0.0	12.5±2.8	12.0±3.5	15.0±0.0	15.0±0.0	15.0±0.0	13.8±1.5

説明: mean ± SD

表6 移植前後の運動耐容能の変化率に対する性差(男性・女性)と群間(隔日群・毎日群)の2元配置分散分析

	隔日群		毎日群		主効果 (P値)	
	男性	女性	男性	女性	性別	群間
安静時心拍数変化率 (%)	24.0±22.9	11.7±14.1	24.6±20.3	10.8±18.3	0.09	0.98
負荷時最高心拍数変化率 (%)	12.8±16.7	11.6±14.8	13.3±16.9	6.6±15.3	0.51	0.71
安静時収縮期血圧変化率 (%)	-8.2±13.4	9.4±5.2	6.2±11.3	2.3±15.4	0.16	0.46
負荷後収縮期血圧変化率 (%)	-16.2±14.7	11.1±16.9	8.9±13.1	-7.6±5.9	0.26	0.49
安静時二重積変化率 (%)	13.8±26.4	22.8±21.1	31.6±19.7	11.6±13.9	0.49	0.68
負荷後二重積変化率 (%)	-4.5±28.9	25.2±31.8	22.6±17.1	-1.35±16.7	0.73	0.98
自覚的運動強度変化率 (%)	14.1±20.9	5.4±17.5	15.2±13.3	9.9±13.3	0.28	0.66
耐容時間変化率 (%)	-16.7±18.8	-20.0±23.1	0.0±0.0	-6.0±9.7	0.40	0.01

説明: 変化率 (%) = (移植後の値 - 移植前の値) / 移植前の値 × 100

と回旋筋群・前腕筋群・手内筋群・殿筋群・大腿四頭筋・下腿三頭筋・前脛骨筋を中心に筋力強化訓練を行った(表2)。訓練の強度は、Borg スケールで「きつい」と感じ、発汗する強度で15分から20分間行い、訓練中は励ましながら行った。また、内科医より患者へ、移植後の血液データの回復状況が毎日

説明され、病状の正確な情報を開示することによって、運動意欲を高めるようにした。ただし、無菌室内における拘禁症状・閉所恐怖症状・抑鬱症状が生じた場合は、ただちに、精神科医の助言を受け、心理的負担を軽減するよう訓練方針を修正するバックアップシステムのもとに行った。さらに、内科医・

リハビリテーション医・理学療法士・看護師で構成されるカンファレンスにより、患者の病状・運動状況について統一の見解を共有した。

で、移植後が60から70歳代の筋力であった。筋力に影響する体重も、移植後には3kgから10kgの減少が認められた(表3)。

結 果

1. 移植前後における群間効果について

1.1. 筋力について

握力は、日本人の体力標準値<sup>7)</sup>と性別・年代別で比較して、移植前に10kgfから20kgf低く、中学生レベルの握力であった。下肢伸展筋力は、ストレングスエルゴを用いた健常者の性別・年齢別下肢伸展筋力<sup>8)</sup>と比較すると、移植前の筋力は、50から60歳代

性差を考慮して群間の効果を、移植前後の変化率(%)に対して2元配置分散分析を用い解析した。その結果、性差に有意差は認められなかった。また、群間も毎日群の筋力低下率が、隔日群より低い傾向であったものの、有意差は認められなかった(表4)。

1.2. 運動耐容能について

安静時心拍数は、両群ともに移植後には頻脈になっていた。それに伴って、安静時二重積が移植後に高くなっていた。自覚的運動強度は、両群とも

表7 筋力・体重を従属変数とした重回帰分析

独立変数	非標準化係数					t値						
	定数	性別	年齢	入院から移植期間	無菌室滞在期間	訓練頻度(隔日群・毎日群)	性別	年齢	入院から移植期間	無菌室滞在期間	訓練頻度(隔日群・毎日群)	回帰式の有意水準P値
右握力変化率(%)	19.0	-2.44	-0.25	-0.07	-0.59	5.04	-0.40	-1.08	-0.39	-2.88*	0.81	0.04
左握力左変化率(%)	-2.33	-0.82	-0.14	0.12	-0.53	7.77	-0.13	-0.60	0.65	-2.66*	1.27	0.04
右下肢伸展筋力変化率(%)	13.0	4.92	-0.13	-0.13	-0.85	2.90	0.84	-0.61	-0.74	-4.32*	0.48	0.00
左下肢伸展筋力変化率(%)	-3.31	5.67	-0.21	0.05	-0.69	5.33	-0.85	-0.86	0.24	-3.24*	0.82	0.02
体重変化率(%)	-10.13	2.59	-0.10	-0.03	-0.16	1.82	1.84	1.90	-0.77	-3.36*	1.25	0.00

説明：変化率(%)=(移植後の値-移植前の値)/移植前の値×100 \*p<0.05(t値の有意水準)

表8 運動耐容能を従属変数とした重回帰分析

独立変数	非標準化係数					t値						
	定数	性別	年齢	入院から移植期間	無菌室滞在期間	訓練頻度(隔日群・毎日群)	性別	年齢	入院から移植期間	無菌室滞在期間	訓練頻度(隔日群・毎日群)	回帰式の有意水準P値
安静時心拍数変化率(%)	50.63	0.17	-11.14	-0.3	-0.17	-3.11	-1.46	0.59	-1.25	-0.68	-0.40	0.31
負荷時最高心拍数変化率(%)	21.23	-3.64	0.03	0.09	-0.13	-2.91	-0.57	0.15	0.45	-0.63	-0.45	0.92
安静時収縮期血圧変化率(%)	-50.00	3.64	0.40	0.35	0.12	7.65	0.77	2.24	2.14	0.78	1.59	0.05
負荷時収縮期血圧変化率(%)	-52.81	0.99	0.51	0.37	0.01	8.55	0.17	2.40	2.14	0.01	1.48	0.05
安静時二重積変化率(%)	-5.29	-7.50	0.62	0.12	-0.04	5.24	-0.91	1.96	0.44	-0.16	0.62	0.39
負荷時二重積変化率(%)	-35.29	-1.48	0.59	0.52	-0.12	5.23	-0.15	1.66	1.80	-0.50	0.55	0.31
自覚的運動強度変化率(%)	9.78	-8.08	0.07	-0.14	0.23	4.40	-1.25	0.29	-0.69	1.07	0.67	0.72
耐容時間変化率(%)	-24.42	-4.44	-0.02	0.04	-0.07	15.00	-0.78	-0.10	0.26	-0.40	2.56	0.16

説明：変化率(%)=(移植後の値-移植前の値)/移植前の値×100 \*p<0.05(t値の有意水準)

に、移植後高い傾向にあった。運動耐容時間は、隔日群が移植後に低下し、毎日群はほとんど変化しなかった(表5)。筋力と同様に、性差を考慮して群間の効果を、移植前後の変化率(%)に対して2元配置分散分析を用い解析した。その結果、性差に有意差は認められなかった。また、群間の効果は、運動耐容時間を除き、有意差が認められなかった。運動耐容時間は、毎日群の方が、隔日群より長く有意差( $p<0.05$ )が認められた(表6)。

## 2. 筋力・運動耐容能に対する重回帰分析を用いた要因分析について

### 2.1. 筋力の変化率に及ぼす要因について

握力・下肢伸展筋力の変化率を従属変数、性別・年齢・入院から移植までの期間・無菌室滞在期間・訓練頻度を独立変数として、強制投入法で重回帰分析を行った。回帰式はいずれも有意差( $p<0.05$ )が認められた。各独立変数の従属変数に対する貢献度をp値とt値の絶対値から判断すると、無菌室滞在日数が最も貢献していた。体重も同様の結果であった。非標準回帰係数から、無菌室滞在日数が1日増えると、握力は約-0.5から-0.6%低下し、下肢伸展筋力は約-0.7から-0.9%低下する結果となった。体重は、約-0.2%減少することがわかった。訓練頻度の貢献度は認められなかった(表7)。

### 2.2. 運動耐容能の変化率に及ぼす要因について

安静時心拍数・負荷時最高心拍数・安静時二重積・負荷時二重積・自覚的運動強度・運動耐容時間の変化率を従属変数、性別・年齢・入院から移植までの期間・無菌室滞在期間・訓練頻度を独立変数として、強制投入法で重回帰分析を行った。その結果、性別・年齢・入院から移植までの期間・無菌室滞在期間・訓練頻度を独立変数とした、回帰式はいずれも有意差がなく、従属変数を説明できなかった(表8)。

## 考 察

### 1. 筋力について

移植前の筋力低下は、造血幹細胞移植患者の大部分が、抗がん剤治療による寛解療法を経験しており、その際多臓器損傷と体力低下が継続していることを示唆している。移植後の体重減少は、口腔粘膜の障害・激しい腹痛を伴う下痢・嘔吐により、経口摂取が困難となったことが主たる原因と考える。経口摂取が困難な時期は、無菌室の滞在期間中と一致しており、その間TPN(Total Parenteral Nutrition: 中心静脈栄養)による栄養補給が行われる。TPN

は、移植患者の栄養状態、体重の維持に有効な手段とされている<sup>9,10</sup>。しかし、両群共に体重は減少しており、TPNによるエネルギー補給だけでは不十分であることが示唆された。さらに、無菌室における活動制限及び移植後の関連症状による、運動意欲の低下が筋萎縮を促進させたと考える<sup>11,12</sup>。

移植後の筋力低下の特徴として、両群ともに上肢筋力より下肢筋力への影響が大きかった。これは、無菌室治療期間中、臥床時間が増加し、抗重力肢位の減少したことで、上肢より下肢が大きく影響を受けたと考えられる<sup>13-15</sup>。しかし、上肢筋力も低下している点は、両群共に無菌室の平均滞在日数が30日を超過しているため、下肢筋力のみならず上肢筋力にも影響が生じたものと思われる<sup>16</sup>。筋力の性差に関して、絶対値でみた場合、男性の方が女性より大きい<sup>17</sup>、訓練効果に性差はない<sup>18</sup>という報告と一致した。理学療法士のデモンストレーションに従って患者と一緒に訓練頻度の効果には、統計学的な有意差がなかった。Greenleafら<sup>19</sup>の研究では、ベッドレスト中にアイソカインティックトレーニングを行い、筋力低下の減少を認めている。また、筋たんぱく質の損失に対して訓練頻度を多くすることによって、筋萎縮を抑制できることも報告されている<sup>20</sup>。したがって、無菌室内における筋力低下を抑制可能な訓練方法について、再検討する必要性が示唆された。重回帰分析の結果から、筋力低下に最も影響を及ぼす因子として、無菌室滞在日数が抽出されたことは、臨床的に造血機能回復の遅延・GVHDや感染症の合併症治療等の要因を考慮した解析が重要であり、今後の検討課題である。

### 2. 運動耐容能について

両群共に移植後、安静時心拍数は明らかに増加しており、運動負荷テストにおいて最高心拍数も健常者<sup>5</sup>と比較して約30bpm以上の増加しており、血圧変動は少なかった点から、1回拍出量の低下が推察された。ベッドレストにおける最大酸素摂取量の低下は、1回拍出量の低下が大きな原因とされている<sup>21,22</sup>。Convertinoによると、ベッドレストの日数と最大酸素摂取量の減少率は、1日あたり-0.85%<sup>23</sup>で、性別や年齢に影響を受けない<sup>24</sup>と報告している。1回拍出量の低下以外に、造血幹細胞移植治療過程における患者の造血機能は十分でなく、血液量・血漿量・赤血球量も考慮すべき要因であろう。重回帰分析の回帰式の有意差がなかった点からも、血行動態そのものに影響を及ぼす要因の探索が必要であると考えられた。

運動耐容時間に関しては、移植後の自覚的運動強

度が一貫して高く、中枢性疲労と下肢筋力低下の影響<sup>25,26)</sup>が示唆された。また、毎日群は、隔日群より運動耐容時間が長く、この点において、最大酸素摂取量は毎日群の方が高いことが推察された<sup>27)</sup>。また、ストレングスエルゴが、無酸素的最大筋力を測定しており、トレッドミルによる平地歩行は、有酸素的筋持久力の差を反映しているものと考えられた。

運動耐容能の改善は、主にトレッドミルを用いた歩行訓練<sup>28,29)</sup>や背臥位で実行可能なエルゴメーターを用いた自転車訓練<sup>30)</sup>で効果を認めている。加えて、その効果は運動耐容能の改善のみならず、疲労を回復させる効果<sup>31)</sup>が報告されている。しか

しながら、本邦の無菌室治療では、物理的制約から筋力強化による有酸素性運動能の改善<sup>26,32)</sup>が現実的な対処方法と考えられた。また、痛み・嘔吐・下痢・発熱などの移植治療関連症状が出現している時でも、可能な限り臥床時間を短縮できるような精神的・身体的な訓練システムを構築することが重要であると考えられた。

本研究の一部は、平成14年度川崎医療福祉大学プロジェクト研究費の助成により行われた。また、統計処理に関し、ご指導くださった慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教室の武林享先生に感謝いたします。

## 文 献

- 1) 石田暉：小児骨髄移植後のリハビリテーション．総合リハ，15(9)，871-874，1987．
- 2) 星野敬子，小山祐司，矢部普正，古屋薫，石田暉：骨髄移植前後のリハビリテーション．PTジャーナル，34(10)，691-696，2000．
- 3) 石田暉，加藤俊一，林克郎，神内擴行，及川由香：骨髄移植後のリハビリテーション．リハビリテーション医学，28(1)，11-19，1991．
- 4) 上迫道代，八並光信，小宮山一樹：骨髄移植患者の機能低下に関する検討 —筋力・柔軟性について—．理学療法学，30(Suppl. 2)，141，2003．
- 5) 八並光信，上迫道代，小宮山一樹：骨髄移植の持久力に関する検討．理学療法学，30(Suppl. 2)，142，2003．
- 6) Borg GA：Psychophysical bases of perceived exertion．*Med Sci Sports Exerc*，14(5)，377-381，1982．
- 7) 東京都立大学体力標準値研究会：新・日本人の体力標準値2000．160-165，2000．
- 8) 長谷川幸治，山内健一，川崎雅史，坂野真士，藁科秀紀，太田美穂，武藤芳照，岩田久：運動療法システムによる中高年の下肢筋力評価．日本整形外科学会雑誌，75(2)，S331，2001．
- 9) Yokoyama S，Fujimoto T，Mitomi T，Yabe M，Yabe H and Kato S：Use of total parenteral nutrition in pediatric bone marrow transplantation．*Nutrition*，5(1)，1989．
- 10) Forchielli ML，Azzi N，Cadranel S and Paolucci G：Total parenteral nutrition in bone marrow transplant：what is the appropriate energy level?．*Oncology*，64(1)，7-13，2003．
- 11) Fuglsag-Frederiksen A and Scheel U：Transient decrease in number of motor units after immobilization in man．*J Neurol Neurosurg Psych*，41(10)，924-929，1978．
- 12) Sale DG，McComas AJ and MacDougall JD：Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization．*J Appl Physiol*，53(2)，419-424，1982．
- 13) Suzuki Y，Iwamoto Y，Haruna Y，Kuriyama K，Kawakubo K and Gunji A：Effect of 20days horizontal bed rest on mechanical efficiency during steady state exercise at mild-moderate work intensities in young subjects．*J Gravit Physiol*，4(1)，S46-S52，1997．
- 14) LeBlanc AD，Schneider VS，Evans H，Pientok C，Rowe R and Spector E：Regional change in muscle mass following 17 weeks of bed rest．*J Appl Physiol*，73(5)，2172-2178，1992．
- 15) Gogia P，LeBlanc AD，Krebs J，Kasson C and Pientok C：Bed rest effect on extremity torque in healthy men．*Arch Phys Med Rehabil*，69(12)，1030-1032，1988．
- 16) Deitric JE，Whedon GD and Shorr E：Effect of immobilization upon various metabolic and physiology and management．*Am J Medl*，4，336，1948．
- 17) 山川淳：女性のスポーツトレーニングC級コーチ アスレチックトレーナー教本．日本体育協会，70-83，1988．
- 18) Hakkinen K：Neuromuscular adaptation during strength training，aging，detraining，and immobilization．*Critical Rev Physical Rehab Med*，6(3)，161-198，1994．
- 19) Greenleaf JE，Bernauer EM，Ertl AC，Bulbuian R and Bond M：Isokinetic strength and endurance during

- 30-days 6° head-down bed rest with isotonic and isokinetic exercise training . *Aviat Space Environ Med* , **65** ( 1 ) , 45-50 , 1997 .
- 20 ) Cunningham BA , Morris G , Cheney CL , Buerge N , Aker SN and Lenssen P : Effect of resistive exercise on skeletal muscle in marrow transplant recipients receiving total parenteral nutrition . *JPEN* , **10** ( 6 ) , 558-563 , 1986 .
- 21 ) Taylor HL , Henschel A , Brozek J and Keys A : Effect of bed rest on cardiovascular function and work performance . *J Appl Physiol* , **2** ( 5 ) , 223-239 , 1949 .
- 22 ) Convertino V , Hung V , Goldwater D and DeBusk RF : Cardiovascular responses to exercise in middleaged men after 10 days of bedrest . *Cir* , **65** ( 1 ) , 131-140 , 1982A .
- 23 ) Convertino VA : Cardiovascular consequence of bed rest : effect on maximal oxygen uptake . *Med Sci Sports Exerc* , **29** ( 2 ) , 191-196 , 1997 .
- 24 ) Convertino VA , Stremel BW , Bernauer EM and Greenleaf JE : Cardiorespiratory responses to exercise after bed rest in men and women . *Acta Astron* , **4** ( 7-8 ) , 895-905 , 1997 .
- 25 ) 山崎裕司 : 心筋梗塞患者の下肢筋力 . 総合リハ , **22** ( 1 ) , 41-44 , 1994 .
- 26 ) 永篤彦 , 神谷健太郎 , 増田卓 : 入院期心臓リハビリテーションプログラム終了時の虚血性心疾患患者の下肢筋力と運動耐容能の関係 . PT ジャーナル , **37** ( 2 ) , 156-162 , 2003 .
- 27 ) 増田大輔 , 野原隆司 , 平井拓 , 片岡一明 , 陳麗光 , 細川了平 , 今井優 , 久保茂 , 浜崎博 : 慢性期心臓リハビリ患者の運動耐容時間とその特徴 . 心臓リハビリテーション , **5** ( 1 ) , 37-40 , 2000 .
- 28 ) Dimeo F , Berts H , Fetscher S , Mertelsmann R and Keul J : An aerobic exercise program for patients with haematological malignancies after bone marrow transplantation . *Bone Marrow Transplant* . **18** ( 6 ) , 1157-1160 , 1996 .
- 29 ) Mello M , Tanaka C and Dulle FL : Effect of exercise program on muscle performance in patients undergoing allogeneic bone marrow transplantation . *Bone Marrow Transplant* , **32** ( 7 ) , 723-728 , 2003 .
- 30 ) Dimeo FC , Stieglitz RD , Novelli-Fischer U , Fetscher S and Keul J : Effects of physical activity on the fatigue and psychologic status of cancer patients during chemotherapy . *Cancer* . **85** ( 10 ) , 2273-2277 , 1999 .
- 31 ) Dimeo FC , Tilmann MH , Bertz H , Kanz L , Mertelsmann R and Keul J : Aerobic exercise in the rehabilitation of cancer patients after high dose chemotherapy and autologous peripheral stem cell transplantation . *Cancer* . **79** ( 9 ) , 1717-1722 , 1977 .
- 32 ) 森田憲輝 , 神林勲 , 沖田孝一 , 米澤一也 , 花田亜希子 , 永井龍哉 , 飯塚健治 , 村上猛 , 川口秀明 , 北畠顕 : 非活動的な対象における筋力トレーニングの有酸素性運動能への効果 —持久力トレーニングとの比較より— . 心臓リハビリテーション , **7** ( 1 ) , 135-138 , 2002 .

(平成17年6月10日受理)

## Effects of Increased Frequency of Physiotherapy on Fitness Parameters in the Bioclean Room in Adult Patients Undergoing Hematopoietic Stem Cell Transplantation

Mitsunobu YATSUNAMI, Susumu WATANABE, Michiyo KAMISAKO, Ikki KOMIYAMA,  
Yuriko TAKAHASHI, Aiko ISHIKAWA and Meigen LIU

(Accepted Jun. 10, 2005)

Key words : hematopoietic stem cell transplantation, bio-clean room, physiotherapy

### Abstract

This study considered the differences in effect caused by the frequency of physiotherapy to the disuse syndrome produced during hematopoietic stem cell transplantation (HSCT) during a patient's bio-clean room treatment period. The participants were 57 adult patients who underwent HSCT during the period from January 2002 to December 2003. After excluding those who developed serious graft versus host disease and who were deceased early after HSCT, the remaining 34 patients were divided into two groups according to the frequency of physiotherapy sessions: "every other day group (EO)" (2002, n=16) and "every day group (E)" (2003, n=18). The outcome measures included grip strength, isokinetic quadriceps muscle strength and endurance as assessed with graded treadmill exercise (speed and exercise time) before and after entering the bio-clean room. The intervention consisted of stretching and muscle strengthening exercises for 15 to 20 minutes at the intensity of Borg scale "hard" in the bio-clean room under the supervision a physical therapist 3 times/week for group EO and 6 times/week for group E plus daily self exercise instructed beforehand.

As a result, there was no difference in exercise frequency around the transplantation area for rate of change of muscle strength. The difference of the exercise frequency around the transplantation area for rate of change of exercise tolerability did not remove exercise tolerance time. The dependent variable was rate of change around the transplantation area of muscle strength, and multiple regression analysis of sex, age, period from hospitalization to the transplantation area, bio-clean room stay period. Exercise frequency was done as an independent variable. Similarly, multiple regression analysis of rate of change around the transplantation area of exercise tolerability was done as a dependent variable. The variable of the muscle strength contributed at the rate of change around the transplantation area was the bio-clean room stay period. However, rate of change around the transplantation area was not explained and was not made in these regression models of exercise tolerability using the independent variable.

We want to continue to examine the physiotherapy system which can control the disuse syndrome under transplantation treatment.

Correspondence to : Mitsunobu YATSUNAMI Department of Rehabilitation of Keio University Hospital  
Shinjuku-ku, 160-0016, Japan  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.15, No.1, 2005 227-235)