

労災疾病臨床研究事業費補助金

三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ応用可能な  
動作解析装置開発の研究

平成28年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 氏名 志波直人

平成29（2017）年 3月

# 研究報告書

## 目 次

### I. 総括研究報告

三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ 応用可能な動作解析装置開発の研究 -----	1
研究代表者 志波直人	

【資料】 1. リハビリテーションにロボットスーツHALを用いた 高齢一酸化炭素中毒患者 1 例に関する研究結果 -----	2
-------------------------------------------------------------------	---

【資料】 2. 動画解析ソフト（ダートフィッシュ）を用いた 一酸化炭素中毒後遺症患者の上肢機能評価 -----	3
------------------------------------------------------------	---

### II. 分担研究報告

1. 三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ 応用可能な動作解析装置開発の研究 -----	4
分担研究者 橋田竜騎	

【資料】表1-4 研究参加患者の基礎データ（身体機能、日常生活機能）

2. 三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ 応用可能な動作解析装置開発の研究 -----	5
分担研究者 松尾重明	

3. 三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ 応用可能な動作解析装置開発の研究 -----	6
分担研究者 田川善彦	

4. 三池炭塵爆発によるCO中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ 応用可能な動作解析装置開発の研究 -----	7
分担研究者 中村英智	

【資料】表1-4, 図1, 2 ----- 8~12

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	13
---------------------------	----

労災疾病臨床研究事業費補助金  
(総括) 研究報告書

三池炭塵爆発による CO 中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ  
応用可能な動作解析装置開発の研究

研究代表者 志波直人 久留米大学病院長

研究要旨

研究統括：高次脳機能障害患者におけるリハビリテーション効果の  
検討。

研究分代表者

久留米大学整形外科教室  
主任教授 志波直人

A. 研究目的

CO中毒患者の高次脳機能障害と身体機能に対するリハビリテーション効果を調査する。身体機能の評価では、ベッド上でも評価可能な装置を開発する。

B. 研究方法

従来のリハに加え、歩行支援ロボット HALやデジタルミラーを用いたリハを6か月間実施し、定期的に高次脳機能・身体機能評価を実施することでその効果を検討する。

(倫理面への配慮)

参加同意は、口頭と紙面で説明を行い、文面で同意を得る。意識障害や認知機能の低下で本院の同意が得られない場合は、家族からの同意を得る。

C. 研究結果及び考察

(CO) 中毒後遺症患者 1 名、両膝変形性関節症を合併し、一本杖歩行自立レベルでFIM119点、MMSE25点の対象に HALによる歩行練習を週 2 回 6 か月間実施した。結果、片脚立位時間 (左)、TUG、10mに改善がみられた。また、重心動揺の減少を認めた。デジタルミラーによる訓練をCO中毒患者10名に6か月間実施した。結果、10m歩行 (改善 1 名・低下 1 名)、膝筋力 (改善 0 名・低下 1 名)、3 分間歩行 (改善 1 名・低

下 1 名)、TUG (改善 1 名・低下 3 名)、他の変化はなかった。また、ADLでは FIM (改善 3・低下 4) であり、作業能力に変化ないものの、認知機能テストが低下した。

D. 結論

CO中毒後遺症患者において、新しい医療技術であるロボットを用いた歩行練習は運動効果が認められた。また、ゲーム性のあるデジタルミラーでの訓練は、意欲的に訓練の継続ができたものの、訓練効果は個人差があった。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

該当なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし。

**【資料1】**

リハビリテーションにロボットスーツHALを用いた高齢一酸化炭素中毒患者1例に関する研究結果

**【目的】** 高次脳機能障害を有する高齢患者の歩行練習に歩行支援ロボットHAL（HAL）を用いた訓練効果を検証する。

**【方法】** 対象は炭塵爆発事故により長期入院中の一酸化炭素（CO）中毒後遺症患者1名（80歳代、男性）である。週5日、自主筋力トレーニングや有酸素運動（自転車エルゴメーター25分）などを行い状態は安定している。両膝変形性関節症を合併し、一本杖歩行自立レベルでFIM119点、MMSE25点である。研究デザインは、AB法によるシングルケースデザインとした。従来の訓練のみの6ヶ月間をA期、A期の内容に週2回20分間の医療用下肢タイプHALを用いた起立、歩行練習を追加した6ヶ月間をB期とした。AB期間の測定項目は膝伸展筋力、片脚立位時間、10m歩行時間（10M）、timed up & go test（TUG）とし、毎月測定した。効果判定は各測定値をグラフ化後、中央分割法にてCeleration line（CL）を作成し、目視にて分析（CL分析法）を行った。またB期に静止立位30秒間の重心移動総軌跡長（LNG）をデジタルミラー（パナソニック社製）にて毎月測定した。

**【結果】** A期CLのslopeは、膝伸展筋力（右）0.25、片脚立位時間（右）0.76、（左）-0.153、10m 0.001、TUG 0.08であった。B期で片脚立位時間（左）、TUGにtrend変換があった。片脚立位時間（左）、TUG、10mに改善がみられた。また、LNGは介入開始時50.05cm、終了時43.35cmで重心動揺の減少を認めた。FIM、MMSEには変化はなく転倒や骨折などの有害事象は認めなかった。

**【結論】** 高齢者の高次脳機能障害患者の身体機能改善にHALは有効であることが示唆された。

## 【資料 2】

動画解析ソフト（ダートフィッシュ）を用いた一酸化炭素中毒後遺症患者の上肢機能評価

【背景】 高次脳機能障害を有する者は、疲労しやすく心理面の影響も出現しやすいなど評価に難渋する事があるため、負担が少ない評価法が必要である。

【方法】 高次脳機能障害を有する患者の上肢動作を動作解析ソフトと筋電計（EMG）を用いて計測し、障害特性の調査及び評価法としての可能性を検証した。対象は一酸化炭素中毒後遺症で、上肢に明らかな麻痺等はないが注意障害・遂行機能障害・失行・失認などを有している患者（A群：男性10名、83.5±6.8歳、MMSE18±5.9点）と成人健常者（B群：男性5、女性5名、平均年齢43.3±12.2歳）とした。課題はSTEFの検査10とし所要時間を測定した。検査側は右側とし、マーカーシールを第2・5中手骨頭に貼付した。また前腕伸筋群・屈筋群にワイヤレス筋電計センサー（AM科学社製）を設置した。動画は2台のデジタルビデオカメラ（JVC製）で正面・側方より撮影し、ライト光で同期した。動画はダートフィッシュ（ダートフィッシュ・ジャパン社製）にて、正面・側面のマーカー軌跡をトラッキングし、STEF検査台中央に仮想した前額面・矢状面上での手部総軌跡長（LNG）および手部移動矩形面積（REC）を算出した。また前腕伸筋・屈筋のEMGをLateo（AM科学社製）にて解析し、所要時間で正規化した二乗平方根（RMS）を算出した。統計は各項目のA・B群間でMann-Whitney U検定を行った。さらにA群はMMSEと各項目との関係をSpearmanの順位相関で検定した。各検定は有意水準を両側5%とした。

【結果】 所要時間はA群27.09±13.47秒、B群8.81±0.61秒（ $p<0.01$ ）、正面LNGはA群274.98±80.43cm、B群198.76±25.17cm（ $p<0.01$ ）、側方LNGはA群383.20±84.25cm、B群329.17±28.48cm（ $p<0.05$ ）、伸筋RMSはA群0.048±0.018、B群0.093±0.019（ $p<0.01$ ）、屈筋RMSはA群0.046±0.028、B群0.055±0.022（ $p<0.01$ ）でありそれぞれに有意差を認めた。正面RECはA群413.47±72.68cm<sup>2</sup>、B群369.12±60.83cm<sup>2</sup>、側方RECはA群467.70±191.55cm<sup>2</sup>、B群363.61±52.83cm<sup>2</sup>であり、有意差は認められなかった。EMGにおいてB群はすべて伸筋RMSが高値、A群は屈筋RMS高値が5名（55%）であった。またMMSEと各項目間で有意な相関は認められなかった。

【考察】 A・B群間でRECに有意な差はなく課題が一定範囲以上の動きが生じにくい状況があった。一方、LNGではA群の遂行動作の非効率性が反映されたと考えられる。またEMGではA群の屈筋RMS高値者が55%みられたことは物品操作時の筋活動の特性を検出した可能性がある。先行研究で認知機能と上肢の巧緻性との関連を指摘する報告があるが、今回の検査項目とMMSEでは有意な相関はなかった。これは高次脳機能障害の多様性が影響していると考えられる。今回の評価法にデジタル機器を活用した利点として、短時間で検査が可能で数値化できた。高次脳機能障害者の評価法として明確な状態把握、治療効果判定の指標として活用できる可能性を示唆したと考える。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
(分担) 研究報告書

三池炭塵爆発による CO 中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ  
応用可能な動作解析装置開発の研究

研究分担者 橋田竜騎

研究要旨

臨床評価・身体機能解析：高次脳機能障害患者における身体機能を評価する。

研究分担者

橋田竜騎

A. 研究目的

CO中毒患者の高次脳機能障害と身体機能に対するリハビリテーション効果を調査する。

B. 研究方法

従来のリハが実施されているCO中毒患者の高次脳機能・身体機能評価を定期的に行う。また、それぞれの評価の妥当性を検証する。基本的な認知機能評価、高次脳機能評価、身体機能：四肢筋力、関節可動域、歩行速度、バランス能力、移動能力、日常生活機能を評価する。

(倫理面への配慮)

研究への参加同意は、口頭と紙面で説明を行い、文面で同意を得る。意識障害や認知機能の低下で本院の同意が得られない場合は、家族からの同意を得る。

C. 研究結果

CO中毒後遺症入院患者11例に定期的に握力、膝伸展筋力、10m歩行、Timed up & go test (TUG)、片足起立時間、chair standing test (CS)、3分間歩行を計測した。介入前の結果から級内相関係数を利用した最小有効変化量 (MDC) を算出した。握力4.86-4.63kg、膝伸展筋力5.45-6.98N、片脚起立10.2-14.6秒、TUG2.2秒、10m歩行1.5秒、CS5 8.7秒、3分歩行13.4mであった。一連の動作の反応や動きに揺らぎの評価として上肢

機能評価 (STEF) 中の動画及び前腕部の表面筋電図を計測し、健常者と比較した。所要時間は有意に後遺症患者が長く、健常者と異なり屈筋群の筋活動が高まっていた。

D. 考察

前年度決定した身体機能評価を用いて定期的に評価することでリハビリテーション効果をMDCで判定することが可能である。また、客観的な評価が難しい高次脳機能障害による遂行機能の低下を動画と筋電を組み合わせることによって可視化することができると思われる。

E. 結論

CO中毒による高次脳機能障害患者においても十分に一般的な身体機能評価法が利用できる。

F. 研究発表

1. 論文発表 該当なし。
2. 学会発表 該当なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
(分担) 研究報告書

三池炭塵爆発による CO 中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ  
応用可能な動作解析装置開発の研究

研究分担者 松尾重明

研究要旨

装置作成：入院患者に有効なベッド上機能評価装置のプロトタイプを作成する。

研究分担者

松尾重明

A. 研究目的

CO中毒患者の高次脳機能障害と身体機能に対するリハビリテーション効果を調査する。身体機能の評価では、ベッド上でも評価可能な装置を製作する。

B. 研究方法

診療ベッドの脚部分にセンサーを取り付け、ベッド上の活動性と頻度をモニタリング可能な装置を作成する。

(倫理面への配慮)

本研究は、実際に臨床で行われているリハビリテーション行為であり、あらたな危険性や不利益は生じない。取得データは、すべて連結可能匿名化を行い管理し、研究終了後に破棄する。研究への参加同意は、口頭と紙面で説明を行い、文面で同意を得る。意識障害や認知機能の低下で本院の同意が得られない場合は、家族からの同意を得る。

C. 研究結果

臥床状態の重心を計測およびモニタリングするシステムを完成した。4台のロードセル (LC-100KF, Kyowa, Japan) およびアンプ (DMP-310A, Kyowa, Japan) を用いてセンシングを行い、そのデータをPCに取り込む。その後、重心がベッド上のどこにあるのかをリアルタイムで図示するソフトウェアをLabVIEW (National Instruments, USA) にて完成

した。重心の図示機能のほか、患者の体重増減も計測可能であり、また各センサーの具体的に数値表示も可能である。さらに、ベッド寸法とセンサー位置の値を入力することで、種々のベッドに対応可能になるようにした。

D. 考察

多くの施設への設置および計測を容易にした。一方で、実際に病院内に持ち込み計測したところ、計測時の床面のひずみもデータ収集に影響することが明らかになり、来年度のシステム開発完成に必要な課題も明らかになった。

E. 結論

臨床評価に向けた装置開発が計画通り実施でき、次年度の臨床評価を実施する。

F. 研究発表

1. 論文発表  
該当なし。
2. 学会発表  
該当なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許 (出願中)  
特願2015-517084
2. 実用新案登録  
該当なし。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
(分担) 研究報告書

三池炭塵爆発による CO 中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ  
応用可能な動作解析装置開発の研究

研究分担者 田川善彦

研究要旨

装置開発：入院患者に有効なベッド上機能評価装置のプロトタイプを作成する。

研究分担者

田川善彦

A. 研究目的

CO中毒患者の高次脳機能障害と身体機能に対するリハビリテーション効果を調査する。身体機能の評価では、ベッド上でも評価可能な装置を開発する。

B. 研究方法

診療ベッドの脚部分にセンサーを取り付け、ベッド上の活動性と頻度をモニタリング可能な装置を作成する。

(倫理面への配慮)

本研究は、実際に臨床で行われているリハビリテーション行為であり、あらたな危険性や不利益は生じない。取得データは、すべて連結可能匿名化を行い管理し、研究終了後に破棄する。研究への参加同意は、口頭と紙面で説明を行い、文面で同意を得る。意識障害や認知機能の低下で本院の同意が得られない場合は、家族からの同意を得る。

C. 研究結果

ベッド上での体動、呼吸、心拍を計測するシステムのセンサー部とデータ処理部の試作を行った。ベッド上での対象者を拘束しない非装着型センサを開発した。健常若年者4名による呼吸では安定した周期5.2秒(呼吸数12回/分)、1名の心拍周期は安定した0.85秒(心拍数70回/分)得られた。

D. 考察

センサー部を小型化、非装着型とすることでベッド上の対象者を拘束することなく測定できると期待される。さらに体動は急激な信号変化により判別可能で、夜間の安静時の呼吸管理、心音からは頻脈や除脈、心拍の乱れなどが管理可能となると考えられた。

E. 結論

臨床評価に向けた装置作成が計画通り実施できた。

F. 研究発表

1. 論文発表  
該当なし。
2. 学会発表  
該当なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許取得  
該当なし。
2. 実用新案登録  
該当なし。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
(分担) 研究報告書

三池炭塵爆発による CO 中毒患者の身体機能解析と見守りが必要な高齢者へ  
応用可能な動作解析装置開発の研究

研究分担者 中村英智

研究要旨

床上活動性評価：寝たきりの CO 中毒患者の状況を確認し、対象者を  
を確定する。

研究分担者

中村英智

A. 研究目的

CO中毒患者の高次脳機能障害と身体機能に対するリハビリテーション効果を調査する。身体機能の評価として、ベッド上でも評価可能な装置で実施する。

B. 研究方法

診療ベッドの脚部分にセンサーを取り付け、ベッド上の活動性と頻度をモニタリング可能な装置を用いて寝たきり患者の活動性を評価する。

(倫理面への配慮)

本研究は、実際に臨床で行われているリハビリテーション行為であり、あらたな危険性や不利益は生じない。取得データは、すべて連結可能匿名化を行い管理し、研究終了後に破棄する。研究への参加同意は、口頭と紙面で説明を行い、文面で同意を得る。意識障害や認知機能の低下で本院の同意が得られない場合は、家族からの同意を得る。

C. 研究結果

患者睡眠時の寝返り奇跡や体重管理を行うための機器を開発し、大牟田吉野病院内病棟に持ち込んでベッド上の活動性と寝返りなどの頻度をCO中毒後遺症患者1名でモニタリングした。

計測したデータは開発状況と若干条件が違うことから、データの整合性に若干のずれが生じることが明らかになり、

データ補正が必要であることが分かった。

D. 考察

データ計測にあたり、患者がセンサーなどの存在を過度に意識することはなかったが、さらなる小型化および設置や操作の容易さを洗練させることで、より広範な利用が可能と思われた。

E. 結論

ベッド脚部に取り付けたセンサーにより、ベッド上の活動性と頻度についてモニタリングが可能である。

F. 研究発表

1. 論文発表  
該当なし。
2. 学会発表  
該当なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許 (出願中)  
特願2015-517084
2. 実用新案登録  
該当なし。

表 1. 各身体機能評価項目と級内相関係数から算出した最小有効変化量

評価項目	級内相関係数	最小有効変化量
握力 (kg)	0.98	1.67-1.75
膝伸展筋力 (N)	0.99	1.97-2.52
片足起立時間 (秒)	0.86	3.67-5.28
Timed up & go test (秒)	0.99	0.80
10m歩行時間 (秒)	0.98	0.52
Chair standing test (秒)	0.69	3.15
3分間歩行 (m)	0.99	4.83

表 2. ADL (FIM) 評価

ID	介入前		介入後	
	運動		認知	
Y01	59	59	29	29
Y02	58	58	23	23
Y03	73	76	24	24
Y04	37	33	29	29
Y06	32	34	12	12
Y07	87	87	32	32
Y08	13	13	12	12
Y10	57	47	29	31
Y13	77	76	31	31
Y14	88	84	27	26
Y15	68	70	28	28

表 3. 認知機能 (HDM-R・MMSE) 評価

ID	介入前	介入後
Y01	8	7
Y02	17	14
Y03	23	15
Y04	20	22
Y05	14	13
Y06	7	9
Y07	24	24
Y08		-
Y10	10	9
Y12	11	9
Y13	7	-
Y14	20	17
Y15	21	18

ID	介入前	介入後
Y01	15	10
Y02	22	15
Y03	20	16
Y04	18	21
Y06	12	5
Y07	25	25
Y08		-
Y10	16	15
Y13	15	-
Y14	19	18
Y15	21	20

表 4. 上肢機能動画解析 (起動軌跡長) 健常者とCO中毒者比較結果

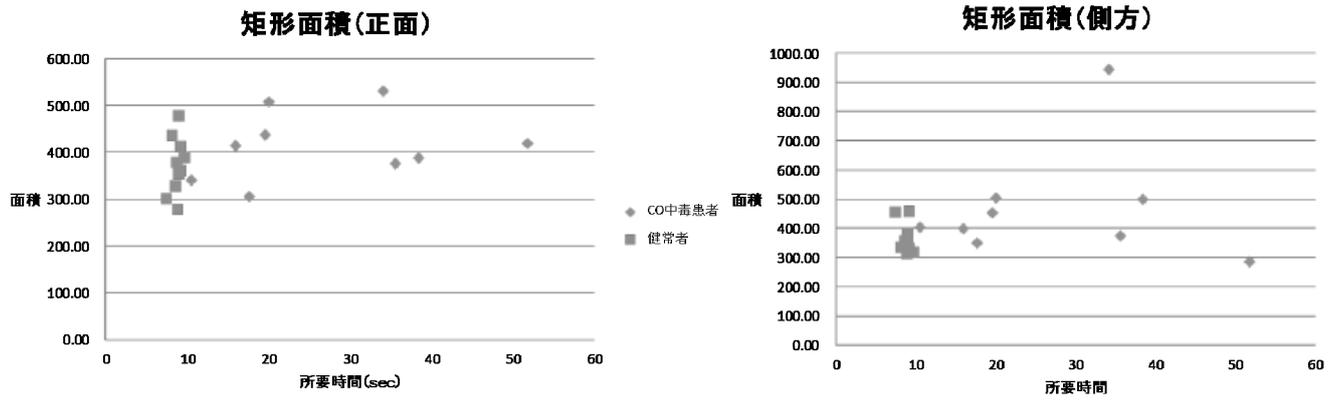


図 1, 2. ベッド上評価装置センサー

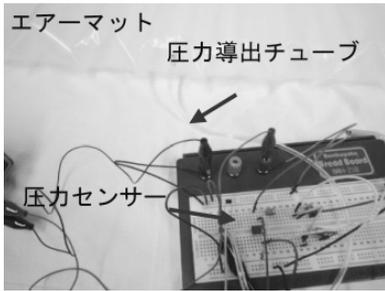


図 1 呼吸音センサー部



図 2 心拍 (心音) センサー部

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
該当なし。							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
該当なし。					