## THE JOURNAL OF JAPAN ACADEMY OF HEALTH SCIENCES

# 日本保健科学学会誌

March 2016 Vol. 18 No. 4



# 日本保健科学学会誌

The Journal of Japan Academy of Health Sciences



Vol. 18 No. 4

March 2016

日保学誌

J Jpn Health Sci

## C O N T E N T S

## 原著

■整形外科手術を行った脳性麻痺患者の初回手術時期の適否を判断した要因179
楠本 泰士, 蒔田 寛子, 古川 順光, 松田 雅弘, 新田 收
■ Effects of continuous exposure of mouse primitive neural stem cells to methylmercury
in proliferation and differentiation stages · · · · · · · · · 187
Masayoshi Shibata, Masahiro Otsu, Hiroyuki Omori, Hajime Kobayashi,
Asami Suzuki, Takashi Nakayama, Masanobu Kinoshita, Nobuo Inoue
■条件の異なるスクワット動作遂行中の下肢の運動学的解析 ····································
清水 洋治,須永 遼司,宇佐 英幸,市川 和奈,小川 大輔,
島 昌史,松村 将司,竹井   仁
■ Effects of hassles related to wheeled walking aid use on frequency of outings and
quality of life among the elderly living at home
Teppei Mihara, Masafumi Kirino, Takashi Murakoso, Jin Sun Park,
Okuno Tadahide, Kazuo Nakajima
Okuno Tadamue, Kazuo Nakajima
■診断用 X 線装置の Web アプリケーションを用いた品質管理プログラムの開発 ······223
斎藤 祐樹, 安部 真治, 小倉 泉, 小林 剛, 土田 拓治, 根岸 徹

掲載論文一覧231
著者一覧235
学会だより ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・236
日本保健科学学会 会則
日本保健科学学会 細則
日本保健科学学会誌 投稿要領(日英) … 241
編集後記

## ■原著

# 整形外科手術を行った脳性麻痺患者の 初回手術時期の適否を判断した要因

The factors that judged timing for the first surgery in the cerebral palsy patients who had undergone orthopedic surgeries

楠本 泰士 <sup>1</sup> 蒔田 寛子 <sup>2</sup> 古川 順光 <sup>3</sup> 松田 雅弘 <sup>4</sup> 新田 收 <sup>3</sup>
Yasuaki Kusumoto<sup>1</sup>, Hiroko Makita<sup>2</sup>, Yorimitsu Furukawa<sup>3</sup>, Tadamitsu Matsuda<sup>4</sup>, Osamu Nitta<sup>3</sup>

要 旨:【目的】整形外科手術を行った脳性麻痺患者の初回手術時期の適否を判断した要因を明らかにすることとした。【方法】手術を受けた本人による回答 176 名分を対象とした。調査内容は初回手術時年齢・手術回数・手術部位・現在の身体機能変化に対する満足度・初回手術時期の適否とその理由とした。年齢と手術回数を一元配置分散分析と多重比較検定。現在の満足度を $\chi^2$ 検定。手術時期の適否の理由を質的分析法を用いて検討した。【結果】手術時期を適切と判断した群とよくわからないと判断した群とで現在の満足度に差があった。また、カテゴリーは「術後の機能回復状態」「社会全体の専門的な情報」「社会への参加状況との両立」「環境因子の影響」「障害の程度による個別性」が抽出された。【結論】手術時期の判断には術後機能変化における満足度が関与していた。身体機能の維持のための環境設定によって手術時期の判断と術後の満足度は改善する可能性が示唆された。

キーワード:脳性麻痺、環境因子、手術時期、アンケート、質的分析

## I はじめに

脳性麻痺患者に対する整形外科手術の目的は痙性を軽減させることで運動レベルを引き上げること、二次障害である変形や拘縮を改善させ機能を向上させること、疼痛の軽減など様々である 1~3). 手術の目的が異なるならば、その目的に応じて手術を行う最適な時期も異なると考えられる.

我々は整形外科手術を受けた脳性麻痺患者の保護者が手術時期を判断した要因と環境因子との関係について報告した<sup>4)</sup>. 脳性麻痺患者の保護者における手術時期を判断した要因の質的分析では、「術後の機能から判断」、「手術による他部位への効果」、「機能改善とその後の進行」など、手術時期の判断の多くが術後の身体機能変化から行われ

<sup>1</sup> 東京工科大学医療保健学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo University of Technology

<sup>2</sup> 豊橋創造大学保健医療学部看護学科 Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, Toyohashi Sozo University

<sup>3</sup> 首都大学東京健康福祉学部理学療法学科 Division of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>4</sup> 植草学園大学保健医療学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Uekusa-Gakuen University

ていたことが明らかとなった.手術時期の判断には術後機能変化における満足度が影響しており、環境設定によって手術時期の判断と機能変化における術後の満足度は改善する可能性が示唆された<sup>4)</sup>.しかしながら、脳性麻痺患者では、股関節脱臼の重症度や四肢体幹の拘縮の進行、疼痛の出現など、障害の程度の幅が大きいため、患者本人や保護者が手術の時期を判断することは難しい<sup>5)</sup>.専門知識の複雑さや医療側の情報発信不足などの問題も含め、どのように医療者が適切なサービスを提供していくのかは大きな課題の一つである.

そこで本研究の目的は、整形外科手術を行った 脳性麻痺患者の初回手術時期の適否を判断した要 因を明らかにし、環境因子を再考することとした。

## II 方法

## 1. 対象と方法

対象は2005年4月から2009年12月の間に某 整形外科病院で整形外科手術を受けた745名とし た. 調査期間は2010年2月1日~22日とし. ア ンケート調査を郵送法にて行った. 調査内容は記 入者・基礎疾患・初回手術時年齢・手術回数・手 術部位・現在の身体機能変化に対する満足度(以 下, 現在の満足度)・初回手術時期の適否とその 理由(自由記述)とした。現在の満足度は大変満 足・満足・どちらでもない・不満・大変不満の5 件法で調査し、初回手術時期の適否は、適切・不 適切・よくわからないの3件法で調査した。アン ケートの回答は患者本人および保護者に行っても らい, 今回は対象を脳性麻痺患者本人とした. 患 者が幼い場合や障害により自筆が困難な場合など で、患者本人の意見を保護者が代筆した回答は今 回の対象とした.

## 2. 分析方法

対象を初回手術時期の適否から適切群・不適切群・よくわからない群の3群に分類した。初回手術時期の適否の判断に関連する要因を調査するために、初回手術時期の適否の各群と、対象者属性と現在の満足度の関係を分析した。統計手法は変数の性質により、一元配置分散分析およびScheffe 法による多重比較検定。2<sup>2</sup>検定により検討し

た. 統計処理にはエクセル統計 2010 を使用し, 有意水準を 5% とした.

初回手術時期の適否の理由は質的分析方法を用い、共同研究者と内容の確認を行った後に記述内容をラベルとして適切な長さに断片化した。その際、文脈に沿って意味を最小限の言葉で補り、コードとして抽出した。抽出されたコードは、意味的類似性に従って分類し、サブカテゴリー化、カテゴリー化を行った。サブカテゴリー化、カテゴリー化の作業にあたっては、共同研究者との話し合いのもと整理した。なお、今回は、整形外科的手術の共通性として見出される事柄を分析するという視点で分類を実施した。

## 3. 倫理的配慮

全ての対象者と保護者には説明文書を同封する 方法で研究協力依頼を求め、アンケートの回収を もって同意が得られたものとした。なお、本研究 は南多摩整形外科病院倫理審査委員会の承認を受 けて実施した(承認番号 001).

### III 結果

アンケートの回収ができた者は 440 名だった.このうち、アンケート項目の基礎疾患より脳性麻痺と回答のあった者のみを抽出し、脳卒中の者 38 名・脳性麻痺以外の先天性疾患 17 名・データに不備のあった 27 名を今回の検討から除外した. 基礎疾患が脳性麻痺である有効回答は 358 名(有 効回答率: 48.1%)だった. その内、患者本人による回答は 176 通であった. 本研究の分析には 176 名分のデータを使用した. 対象の属性を表 1 に示した.

## 1. 初回手術時期の適否の3群間と各パラメーターの結果

3 群間の性別と初回手術時年齢に有意差はなかった. 手術回数は,適切群とよくわからない群とで有意に異なっており,手術時期を適切と判断した群でよくわからないと判断した群より手術回数が多かった. 現在の満足度は,適切群とよくわからない群とで有意に異なっており,手術時期を適切と判断した群では現在の満足度が高い割合が多く,よくわからないと判断した群では現在の満足度が低い割合が多かった.

表 1 初回手術時期の適否と各パラメーターとの関係

	初回手術時期の適否					タチリ
	全体 (n = 176)	 適切群 (n = 102)	不適切群 (n = 26)	よくわからない群 (n = 48)	p値	多重比較検定 の結果
性別(男性/女性:人)	105/71	62/40	14/12	29/19	0.81	_
初回手術時年齢(歳)	29.4 (3 ~ 68)	27.1 (3 ~ 68)	31.9 (9 ~ 57)	33.1 (4 ~ 65)	0.09	_
手術回数 (回)	1.9 (1 ~ 6)	$2.0 (1 \sim 6)$	2.1 $(1 \sim 6)$	1.5 (1 ~ 4)	0.00 *	0.00 * *
手術部位 (複数回答可)						
頸部(人)	56	30	9	17	_	
腹部(人)	7	4	3	0	_	
背部(人)	10	7	2	1	_	
肩関節 (人)	27	19	3	5	_	
肘関節 (人)	26	17	3	6	_	
手関節(人)	19	13	3	3	_	
手掌(人)	12	8	2	2	_	
股関節 (人)	86	57	11	18	_	
膝関節 (人)	38	23	3	12	_	
足関節(人)	69	43	11	12	_	
足底(人)	8	6	1	1	_	
現在の身体機能変化に対する満足度 (大変満足、満足、どちらでもない、不満、大変不満:人)	31, 81, 52, 7, 5	26, 47, 25, 4, 0	2, 14, 7, 0, 3	3, 20, 20, 3, 2	0.03 *	_

初回手術時年齢、手術回数の比較には一元配置分散、および Scheffe 法による多重比較検定を、性別、現在の身体機能変化に対する満足度の比較には  $\chi^2$  検定を用いた。

## 2. 初回手術時期の適否における理由の解析

176名の脳性麻痺患者からの手術時期に関する自由記述の内容は282のラベルに分けられた. それらは36のコードに分類され, さらに15のサブカテゴリーに分類された. そのサブカテゴリーは5のカテゴリーにまとめられた. 各カテゴリーに分類されたラベル表を表2に, 脳性麻痺患者が手術時期を判断する際に置かれている状況とその対応策として各カテゴリー間の関係性を図1に示した.

以下にカテゴリーごとに概要をまとめた。カテゴリーを『』, サブカテゴリーを「」, コードを""で示した

## 2-1. 『術後の機能回復状態』

『術後の機能回復状態』は、5つのサブカテゴリーから構成された。サブカテゴリーとして「術後の改善」、「手術には限界があるが仕方ない」、「現状維持できた」、「リハビリテーションは重要と強く感じる」、「術後の状態から後悔」が挙げられた。このカテゴリーは全体として、術後の身体機能変化やその推移を術後の一定期間から判断していた。①「術後の改善」

"術後の機能改善"や"疼痛の改善", "手術によ

る他部位への効果"といった術後の心身機能・身体構造レベルでの機能変化に関する記述の他に、 "術後の活動範囲の拡大"と術後の参加や活動レベルの改善が行えたという意見も挙げられた。

## ②[手術には限界があるが仕方ない]

このサブカテゴリーでは"手術へさらに期待する"や"身体機能は改善するも痛みは残存"など、機能改善と手術の限界に関する内容が挙がった.

### ③「現状維持できた」

"悪化を防げた"や"将来に希望が持てた"など、現状の生活を維持したいという希望や将来への展望に関する内容が挙げられた。

## ④「リハビリテーションは重要と強く感じる」

"リハビリテーションへの期待"や"生活自体がリハビリテーション"、"病院でのリハビリテーションは必須"など、身体機能変化とともに術後リハビリテーションの重要性に関する記述が挙げられた

## ⑤「術後の状態から後悔」

"術前よりも機能が低下"や"手術部位の新たな機能障害の出現", "手術による効果がない"などの術前には予想していなかった術後の負の身体機能変化や, "術後の機能改善と時間の経過による

<sup>\*,\*\*:</sup>p<.05. \*\*:多重比較検定による適切群vsよくわからない群.

## 表 2 初回手術時期の適否に関する理由の分析結果

カテゴリー	サブカテゴリー	コード	具体例 日常生活動作が改善した.
		術後の機能改善	日本主点制作が必要され、足が前に出るになった。 姿勢や歩行距離、歩行速度が改善された。 ズボンのホックがかけられるようになった。 長座がとれるようになった。 立ち上がりやすくなった。
	術後の改善	疼痛の改善	痛みが無くなった. 痛みが少なくなった. 痛みが和らぎ,機能が改善した.
		手術による他部位への効果	股関節の手術後に踵が着きやすくなった. 股関節の手術後に呼吸がしやすくなった. 声が出るようになった.
		術後の活動範囲の拡大	復職できた. スポーツが出来るなど生活範囲が広がった. できる日常生活動作が増えた.
		手術へさらに期待する	身体機能が上がったが,さらに良くなりたい. 走れるようになったが,歩容はあまり変化ない.
	手術には限界があるが仕方ない	身体機能は改善するも痛みは残存	痛みは残っているが、立ち座りが出来るようになった. 痛みは残っているが、歩行出来るようになった.
所後の機能 国復状態	現状維持できた	悪化を防げた	足の緊張が無くなり、股関節脱臼の危険が回避された。 症状が悪くなるのを防げたので良かった。 足の変形が進んできていたので早く手術できてよかった。
		将来に希望が持てた	独歩に対する希望が持てた. 安定して歩けるようで希望が持てた.
		リハビリテーションへの期待	リハビリを週に1回は受けたい. もっとリハビリを受ければ良くなった.
	リハビリテーションは重要と強く感じる	生活自体がリハビリテーション	体が大変元気になり、生活すべてがリハビリと思っている. 生活すること自体がリハビリと思っている.
		病院でのリハビリテーションは必須	頻度が少なくても病院でのリハビリは必要. リハビリの頻度が少ない.
	術後の状態から後悔	術前よりも機能が低下	緊張は取れたが、他の筋肉とのバランスが取れない. 痛みは消えたが、他の機能が落ちた.
		手術部位の新たな機能障害の出現	術後、手術部位の痛みが残った. 術後、手術部位のしびれが残った.
		手術による効果がない	効果がわからない. 変わっていない.
		術後の機能改善と時間の経過による症状の再発	手術直後は改善したが元に戻っている。 術直後は痛みが減ったが、3年経ち元に戻りつつある。
		患者本人として情報の獲得が遅かった	もっと早くこの病院を知っていれば良かった. この手術があることを知ったのが遅かった.
	専門的な情報不足	専門職ではないので手術時期は判断できない	手術時期はいつが良いか判断できない. 手術時期は子どもの成長もあり良くわからない.
		社会における医学的な情報量の不足	全国どこでも情報がほしい. 早期治療により良くなることを知らせたい.
社会全体の 専門的な情報	手術は早い方が良いとわかった	更なる機能改善が見込まれるので手術は早くしたかった	もっと早く手術をしていれば痛みは無くなっていたはず. 早くしていれば頚椎の状態も今ほど悪くなっていなかっただろう もっと早くしていれば体の緊張が取れて楽だったかもしれない.
		初回手術が遅く後悔	もっと早くしたかったが、家庭の事情で踏み切れなかった. もっと小さい時に手術していれば良かった.
	リハビリテーションの役割が不明瞭	術後にリハビリテーションの必要性がなくなった	リハビリは受ける必要が無かった. 体が楽になったためリハビリを受けなかった.
		自主トレーニングで対応できると思った	リハビリは自分でできる内容だった. リハビリは自分ですることが大事.
		医師の指示がなかった	リハビリの指示はなかった.
	学業と医療との両立	学業との両立からみて適切と判断	学業の合間でないと長期入院が出来ないので適切だった. 小学生のうちに手術が出来て良かった.
会への参加 況との両立		学業との両立からみて不適切と判断	もっと早くしていれば学業に支障が無かった.
. // C 4/	仕事と医療との両立	仕事との両立からみて適切と判断	手術時期としては仕事の関係上適切だった.
	医療施設の不足	仕事との両立からみて不適切と判断	仕事の勤務上,手術時期が遅れた. 近くにリハビリ施設がない.
		リハビリテーションの施設不足	リハビリを対応してくれる病院がなかった.
環境因子の 影響		手術を受けられる病院の不足 介護者の都合によりリハビリテーションをする時間がない	近くに手術のできる病院がほしい. 小さい兄弟がおり、リハビリに通う暇がない.
	介護者の問題	「	親が高齢なのでリハビリに通えない. 家庭の事情で早い時期に出来なかった.
	医療職との信頼関係	医師・セラピストとの信頼関係	介護してくれる学生が休みなので通院しやすかった.  医師との信頼の上での手術で良かった.
		医師との出会い	リハビリ担当者を信頼していた. 医師との出会いで手術が出来、良かった.
		障害の多様性	医師の判断で手術でき良かった. 適切な時期は人それぞれである. 決まった時期はないと思う.
			広まった時期はないと思う。
障害の程度に よる個別性	障害の重度さによる個別性	個体差による手術時期の違い	環境や人によって時期は異なる.

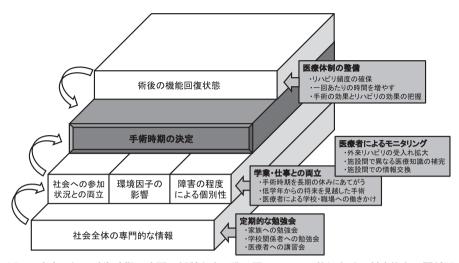


図1 患者が初回手術時期の適否の判断をする際に置かれている状況とその対応策との関係図

『社会全体の専門的な情報』を背景とし、『社会への参加状況との両立』、『環境因子の影響』、『障害の程度による個別性』が相互に関連し、手術時期を決定していた。また、『術後の機能回復状態』を基に初回手術時期の適否の判断を再度確認し、今後の治療計画を立てていた患者本人の状況を示している。

症状の再発"といった機能改善後の症状の再発が 挙がった。

### 2-2. 『社会全体の専門的な情報』

『社会全体の専門的な情報』では、サブカテゴリーとして「専門的な情報不足」、「手術は早い方が良いとわかった」、「リハビリテーションの役割が不明瞭」が挙げられた。これらのサブカテゴリーでは、手術やリハビリテーションに関する医学的な情報不足に関する内容が抽出された。

### ①「専門的な情報不足」

"患者本人として情報の獲得が遅かった"や"専門職ではないので手術時期は判断できない","社会における医学的な情報量の不足"など,医学的な情報が難解で判断が困難な場合や,情報量が少なく情報の獲得が遅れたという意見が挙げられた.

## ②「手術は早い方が良いとわかった」

"更なる機能改善が見込まれるので手術は早くしたかった"や"初回手術が遅く後悔"といった情報を早く得ていたら早期の手術を希望していたという意見が挙がった。

## ③「リハビリテーションの役割が不明瞭」

一部の患者は"術後にリハビリテーションの必要性がなくなった"や"自主トレーニングで対応できると思った". "医師の指示がなかった"など.

自主的に術後リハビリテーションを受ける必要性 を感じていなかった.

## 2-3. 『社会への参加状況との両立』

『社会への参加状況との両立』に関するカテゴリーは、2つのサブカテゴリーからなり、「学業と医療との両立」と「仕事と医療との両立」が挙げられた。このカテゴリーは患者本人の日常生活である学業や仕事と医療との関係についてのサブカテゴリーからなっていた。

### ①「学業と医療との両立 |

"学業との両立からみて適切と判断"や"学業との両立からみて不適切と判断"など、就学状況や学校との関係から手術時期を判断していた.

## ②「仕事と医療との両立」

"仕事との両立からみて適切と判断"や"仕事との両立からみて不適切と判断"など、仕事での勤務状況との関係から手術時期を判断していた.

## 2-4. 『環境因子の影響』

『環境因子の影響』に関するサブカテゴリーは、「医療施設の不足」と「介護者の問題」、「医療職との信頼関係」が挙げられた. このカテゴリーは全体として、手術や術後リハビリテーションを受けられる専門病院や施設、介助者の状況など患者の置かれている全体的な状態から判断していた.

## ① [医療施設の不足 |

"リハビリテーションの施設不足"と"手術を受けられる病院の不足"という医療者側の整備内容が挙げられた.

## ②「介護者の問題」

"介護者の都合によりリハビリテーションをする時間がない"と"手術時期は介護者の有無による"など、一人での入院や外来通院の困難な者が介護者の重要性を挙げていた。

## ③「医療職との信頼関係 |

"医師・セラピストとの信頼関係"と"医師との 出会い"という医療者との人間関係が挙げられた.

## 2-5. 『障害の程度による個別性』

『障害の程度による個別性』に関するサブカテゴリーは、「障害の重度さによる個別性」と「個々の障害の難しさ」が挙げられた. このカテゴリーでは、障害の多様性に関する悩みや障害との関わりについての不安が多く挙げられていた.

## ①「障害の重度さによる個別性」

"障害の多様性"や"個体差による手術時期の違い"など、術後のリハビリや自分での運動の確保などの必要性が挙げられた。

## ② 「個々の障害の難しさ」

"手術時期は適切と思いたい"といった手術に踏み切るまでの葛藤や現在の状況に対する不安が挙げられた

### IV 考察

## 1. 手術時期の判断と術後身体機能変化におけ る満足度との関係

通常,手術時期の判断は,手術前の医師の診察やリハビリテーション専門職による評価を基に,患者本人や保護者と話し合いによって決定される.しかし,本研究の初回手術時期の適否の理由を質的分析法によって解析したところ,カテゴリーとして『術後の機能回復状態』が抽出され,サブカテゴリーでは、「術後の改善」や「リハビリテーションは重要と強く感じる」、「術後の状態から後悔」などがあり、初回手術時期の適否の判断が術後の身体機能変化からも行われていた。また、手術時期を適切と判断した群とよくわからないと判断した群とで手術回数と現在の満足度に差があ

り、よくわからないと判断した群では手術回数が 少なく. 現在の満足度が低い者が多かった. 今回 の対象の平均年齢は29.4歳だった。Hergenroder らは、脳性麻痺患者は成人になると生活における 満足度は低下すると報告している 6) これは加齢 による身体機能の低下によって、今まで過ごして きた身体機能の維持が困難になった結果と考えら れる 現在 2歳以降の脳性麻痺児が将来獲得可 能な最大の運動機能を予測することができるが、 変形や疼痛などの二次障害の出現を予測すること は難しい7,8) 歩行介助レベルの脳性麻痺児は. 日常生活の過ごし方. つまり日常のしている活動 によって数年後の機能が変化すると言われてい る<sup>9)</sup>.しかし、機能低下が必ずしも変形や疼痛に つながるわけではない. このような個々の身体状 況の予測を患者本人が行うことは困難なため. カ テゴリーとして『障害の程度による個別性』が抽出 されたと思われる.

障害像の予測に加えて、『社会全体の専門的な情報』として手術の効果や限界についての「専門的な情報不足」や術後リハビリの効果と有用性などの「リハビリテーションの役割が不明瞭」だったため、初回手術時期の適否が『術後の機能回復状態』から判断されていたと考えられる。特に初回の手術時期が不明瞭で術後の機能変化に不満だった者は、それ以降の手術を積極的に実施しなかったことで、手術時期をよくわからないと判断した群のように手術回数が減り、術後の満足度が低い者が多くなった可能性がある。以上のことから、術後の満足度を上げることができれば、相乗的に手術時期の判断が適切だったという患者本人の自己肯定感の向上にも寄与する可能性がある。

## 2. 手術時期の判断と術前の要因との関係

Capjon らは整形外科手術後の脳性麻痺児と保護者にインタビューを行い、施設間におけるリハビリの情報交換や施設間でのコミュニケーションの欠如、学校の受け入れ態勢の地域差を指摘しており、医療者側による地域をまたぐ学術的かつシステマティックな知見の確立の必要性を提唱している 10). 本研究では、手術時期に関係するカテゴリーの一つである『環境因子の影響』の中の「医療施設の不足」で、"リハビリテーションの施設不

足"や"手術を受けられる病院の不足"が挙げられた、術後リハビリの頻度や一回あたりの時間を増やすなど、不十分な医療体制を整えることで術後満足度は向上する可能性があることから、他院での術後における外来リハビリの受入れ拡大や施設間で異なる医療知識の補完を図る必要がある。そのためには、医療職に対する講習会の開催や学術発表会の場で手術の効果や術後リハビリによる効果などの発表が今後重要となってくる。

患者本人による手術時期の判断には、カテゴ リーの『社会への参加状況との両立』にあるように 「学業と医療との両立」や「仕事と医療との両立」が 関係していた. 児童にとって. 手術により長期間 学校を休むことは, 本人の精神的な受け入れや学 業との両立の観点から考えて適切ではない、手術 時期を長期の休みにあてがうことや低学年のうち に将来を見越して必要な手術を行う事の提案. 医 療者による学校への働きかけが必要と思われ る<sup>4)</sup> 現在 多くの市町村で地域連携パスやリハ ビリマップの作成が進められている $^{11,12)}$ .この ような各種ツールをリハビリ施設間の情報交換に 使用するだけでなく、学校も含めて連携をとるこ とが今後求められてくると考えられる。また、働 いている障害者にとって複数回の入院や長期入院 は、雇用継続の困難や経済的負担を強いる場合が ある. そのため. 医療者は患者に合わせた入院期 間の設定や術後の経過観察など、柔軟な対応が求 められる.

## 3. 初回手術時期の適否を判断した要因と今後 の対応策

図1に患者本人が手術時期を判断する際に置かれている状況とその対応策との関係図を示した. 『社会全体の専門的な情報』の不足や「医療施設の不足」や「介護者の問題」などの負の『環境因子の影響』が強い場合は、結果として手術への不安が強くなる. 四角の中に記載している内容はそれらに対する対応策である. 手術への不安は、医療体制の整備や医療者による定期的なモニタリング、障害の見通しを持てるように患者や家族への勉強会の開催、家庭への福祉サービスの強化などによって、減少させることが可能と思われる. このような環境設定によって患者本人が手術時期を

判断する助けとなり、さらに術後の満足度は改善する可能性が示唆された。

## 4. 本研究の限界

整形外科手術では患者の重症度や手術部位によって、術後満足度の結果に差が出ることが予想される。本研究のようなアンケート調査では、ご本人や保護者の方々に重症度や手術部位を想起して記載して頂くが、術後かなり経過してから記載している方もおり、各データの信頼性が乏しくなってしまうという欠点がある。また、手術時期の適否の理由に関して群ごとに質的分析を行うことで、手術時期の適否を判断した詳細な理由を把握できるが、今回は不適切群やどちらでもない群の自由記述の記述量が十分ではなく、群ごとに分けてカテゴリー化をする事が困難だった。今後はアンケート内容を再考し、症例数を増やしていくことが必要である。

## V まとめ

整形外科手術を受けた脳性麻痺患者における初回手術時期の適否の判断に関与した要因と環境因子との関係について検討した。初回手術時期の適否の判断には、背景として社会全体の専門的な情報が不足しており、術後機能変化における満足度が関与していた。環境設定によって手術時期の判断と術後の満足度は改善する可能性が示唆された。

謝辞:本アンケート調査に協力していただいた患者様とご家族に対し心より感謝申し上げます.本研究報告は平成22年度日本理学療法士協会学術活動助成を受け実施したものであることを付記し、深く謝意を表します.

## 文 献

- 松尾隆:脳性麻痺の整形外科的治療.第一版:147-173, 創風社, 東京, 1998.
- 2) 池田啓一, 川上宏治, 山口浩司, 他: 痙性に対する整 形外科的アプローチ―整形外科的選択的痙性コン トロール手術―. Jpn J Rehabil Med, 46(3): 176– 185, 2009.
- 3) 松尾隆: 整形外科的選択的痙性コントロール手術

- (OSSCS).  $p_1 = p_2 + p_3 = p_4 = p_4 = p_5 = p_5 = p_5 = p_6 =$
- 4) 楠本泰士: 整形外科手術の手術時期を判断した要因 と環境因子との関係~脳性麻痺患者の保護者の場 合~. 保健医療福祉連携,7(2):118-125,2014.
- 5) 楠本泰士: 発達障害児の整形外科手術後の理学療法 と生活指導. PTジャーナル, 48(2): 111-117, 2014.
- 6) Hergenroder H, Blank R: Subjective well-being and satisfaction with life in adults with spastic cerebral palsy: a pilot study of a randomized sample. Dev Med Child Neurol, 51(5): 389–396, 2009.
- Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, et al.: Prognosis for Gross Motor Function in Cerebral Palsy: Creation of Motor Development Curves. JAMA, 288 (11): 1357–1363, 2002.
- 8) Day SM, Wu YW, Strauss DJ, et al.: Change in ambulatory ability of adolescents and young adults with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol, 49(9): 647–

- 653, 2007.
- Bottos M, Feliciangeli A, Sciuto L, et al.: Functional status of adults with cerebral palsy and implications for treatment of children. Dev Med Child Neurol, 43 (8): 516–528, 2001.
- 10) Capjon H, Bjork IT: Rehabilitation after multilevel surgery in ambulant spastic children with cerebral palsy: children and parent experiences. Dev Neurorehabil, 13(3): 182–191, 2010.
- 11) 前島伸一郎,大沢愛子,棚橋紀夫:広域および都市部 における地域連携パスの運用 地域連携クリニカル パス 埼玉西部地域の現状と特徴. Jpn J Rehabil Med, 50(6): 441-447, 2013.
- 12) 加藤千鶴, 木元稔, 野呂康子, 他: 秋田県理学療法士 会会員における「小児理学療法マップあきた」の活 用度についての調査. 秋田理学療法, 16(1). 53-61, 2008.

**Abstract**: [Purpose] This study aimed to clarify the factors that judged timing for the first surgery in the cerebral palsy patients who had undergone orthopedic surgeries.

[Methods] 176 questionnaires answered by guardians were selected among 358 patients who had undergone the orthopedic surgery and be able to collect a questionnaire. We clarified appropriate group and inappropriate group, unclear group from the query with timing for surgeries. We carried out one-way analysis of variance and square test among three groups and analyzed the reasons of query with timing for surgeries by qualitative analysis.

[Results] Compared with the unclear group, the appropriate group showed a significantly greater the current satisfaction for the physical function change. In addition, these categories were selected "postoperative function recovery state", "specialized information of the society", "compatibility with the participation in society situation", "effect of environment factor", "individuality as severity of impairment".

[Conclusions] The current satisfaction for the physical function change influenced a judgment of timing for surgeries, and it was possibility that a judgment of timing for surgeries and the postoperative satisfaction might improved by environmental setting.

**Key words**: cerebral palsy, environmental factor, timing for surgeries, questionnaire, qualitative analysis

(2015年8月21日 原稿受付)

## ■原著

## Effects of continuous exposure of mouse primitive neural stem cells to methylmercury in proliferation and differentiation stages

Masayoshi Shibata<sup>1, 2</sup>, Masahiro Otsu<sup>3</sup>, Hiroyuki Omori<sup>1</sup>, Hajime Kobayashi<sup>1</sup>, Asami Suzuki<sup>1</sup>, Takashi Nakayama<sup>4</sup>, Masanobu Kinoshita<sup>5</sup>, Nobuo Inoue<sup>1</sup>

Abstract: Methylmercury (MeHg) is a potent neurotoxin that causes Minamata disease and is particularly harmful during pregnancy, causing abnormal pregnancy or various adverse effects including congenital Minamata disease. Neural stem cells (NSCs) can proliferate and differentiate into neurons and glia, playing a key role in the formation of the CNS. Here, we examined the effects of continuous exposure of homogeneous embryonic stem cell-derived primitive NSCs to MeHg in the proliferation and differentiation stages. Cultured without MeHg in the proliferation stage, NSCs showed an exponential increase in the number of the cells up to day 4. However, continuous exposure of NSCs to MeHg induced apoptosis and caused a decrease in the number of NSCs in a dose- and time-dependent manner. Continuous exposure of NSCs to MeHg in the differentiation stage also caused a decrease in the number of NSCs but had no or little effect on differentiation from surviving NSCs into neurons and glia. The NSCs were about 20 times more susceptible to MeHg in the proliferation stage than the differentiation stage. These effects of continuous MeHg exposure on NSCs may be valuable in elucidating the mechanisms by which MeHg exposure during pregnancy causes congenital Minamata disease and reproductive problems. In particular, the present results suggests that MeHg even at a very low concentration may decrease the number of proliferating NSCs in the early stages of development of central nervous system (CNS) and cause shortage of NSCs required for normal development of CNS.

**Key words**: Methylmercury, Neural stem cells, Developmental neurotoxicity, Congenital Minamata disease, Abnormal pregnancy

<sup>1</sup> Laboratory of Regenerative Neurosciences, Department of Frontier Health Sciences, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>2</sup> Department of Rehabilitation, University of Human Arts and Sciences

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Kyorin University School of Medicine

<sup>4</sup> Department of Biochemistry, Yokohama City University School of Medicine

<sup>5</sup> Department of Frontier Health Sciences, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

## **I** Introduction

Methylmercury (MeHg) is a notorious neurotoxin that was shown to be responsible for Minamata disease. The initial case of Minamata disease was officially reported as a peculiar severe neurological disease of unknown etiology in May 1956 in Minamata City, Kumamoto Prefecture, Japan. At the end of the year, it was revealed that there had been 54 patients with similar symptoms since 1953 in the area around Minamata Bay, and that 17 of the patients had already died  $^{1\sim3)}$ . Typical symptoms of Minamata disease in children and adults were sensory disturbance, ataxia, muscle weakness, visual deficit, and auditory deficit<sup>1~5)</sup>. Extensive studies performed mainly by researchers at Kumamoto University finally established that the disease was caused by the daily consumption of fish and shellfish that were heavily polluted by MeHg in waste water from a chemical factor $\mathbf{v}^{6\sim8)}$ . In addition to children and adults, MeHg was shown to harm the embryonic/ fetal nervous system through the mother's body and result in abnormal pregnancy defined as fetal death<sup>9)</sup> or congenital (or fetal) Minamata disease<sup>10, 11)</sup>. As of 2005, a total of 2265 people have been officially certified as Minamata disease patients in the Minamata area, and as many as 12300 people suffering from two or more symptoms of the Minamata disease acquired official support for medical expenses<sup>3)</sup>. In addition to the Minamata area, outbreaks of Minamata disease were also reported along the Agano River in Niigata prefecture, Japan, in the 1950s and 1960s<sup>12)</sup>, where 690 people were officially certified $^{3)}$ , and in Iraq in  $1971-1972^{13)}$ .

Children with serious congenital Minamata disease showed symptoms similar to cerebral palsy together with symptoms characteristic of congenital Minamata disease, including intelligence disturbance, cerebellar symptoms, and strabismus, although their mothers had moderate symptoms<sup>10, 11)</sup>. These results suggest that the

nervous system is highly susceptible to MeHg in the developmental stage. During development of the nervous system, neural stem cells (NSCs) play a key role in proliferation and differentiation into neurons, astrocytes, and oligodendrocytes<sup>14</sup>. Therefore, it is necessary to assess the influence of MeHg on NSCs to understand its effects on development of the fetal nervous system, NSCs, as well as neurons and glia<sup>15)</sup>, have been reported to be induced to undergo apoptotic cell death by MeHg exposure using several types of NSCs, rat primary embryonic cortical NSCs and an NSC line originally derived from the neonatal mouse cerebellum (C17.2 cells) 16), human NSC line derived from umbilical cord blood (HUCB-NSCs)<sup>17)</sup>, and neural progenitor cells derived from the embryonic brain<sup>18)</sup>. However, NSCs were acutely exposed to MeHg in these previous studies, although fetuses in the uterus are generally exposed to MeHg chronically or continuously.

We reported previously that a large number of homogeneous NSCs can be directly produced via unidirectional neuronal differentiation from embryonic stem cells (ESCs) by the simple neural stem sphere (NSS) method<sup>19~21)</sup>. ESC-derived NSCs can be stably expanded exponentially 22) and differentiated into neurons and glia 19, 23, 24. The NSCs have been used successfully to study their responses to acute extrinsic stimuli, i.e., X-irradiation<sup>25)</sup> and heat shock<sup>26)</sup>. Here, we investigated the responses of NSCs to a not acute but continuous extrinsic stimulus, MeHg exposure, in the proliferation and differentiation stages. In addition, we focused on analyses of changes in cell number during MeHg exposure, because a sufficient number of NSCs is necessary to generate appropriate numbers of neurons and glia required for development of a normal central nervous system (CNS). Consequently, we found that continuous MeHg exposure induces apoptotic cell death and decreases the number of NSCs in a timeand dose-dependent manner, and that NSCs are

more susceptible to MeHg in the proliferation stage than in the differentiation stage.

## II Materials and methods

## 1. Preparation of NSCs and culture

Homogeneous NSCs were prepared from mouse ESCs by the NSS method, as described previously 19, 20). NSCs were plated onto dishes coated with Matrigel (BD Matrigel<sup>TM</sup> Basement Membrane Matrix Growth Factor Reduced: Invitrogen, Carlsbad, CA) and allowed to proliferate exponentially in proliferation medium (PM) consisting of neurobasal medium (Invitrogen) supplemented with 2% B-27 (Invitrogen) and 20 ng/ml fibroblast growth factor-2 (FGF-2) (R & D Systems, Minneapolis, MN). The medium was replaced every 2 days. To induce differentiation of NSCs into neurons and glia, the medium was switched from PM to differentiation medium (DM) consisting of neurobasal medium supplemented with 2% B-27 and 10% astrocyteconditioned medium (ACM). The cells were cultured for up to 4 days without medium change.

## 2. Exposure of NSCs to MeHg

Proliferating NSCs were suspended in PM and plated at a density of  $2 \times 10^3 / \text{cm}^2$  on Matrigelcoated dishes. To evaluate the effects of exposure of NSCs to MeHg in the proliferation stage, the culture medium was replaced by PM containing various concentrations (0-1000 nM) MeHg (methylmercury chloride; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) on the next day after plating. The cells were cultured in media containing MeHg for 4 days, with culture medium changed on day 2. To investigate the effects of the exposure of NSCs to MeHg in the neural differentiation stage, proliferating NSCs in PM were plated as above. The PM was replaced by DM containing MeHg on the next day after plating. The cells were cultured for 4 days without medium change. The numbers of cells on dishes were determined every 24 hours using five or ten images acquired using an inverted

phase-contrast microscope (Eclipse TE300; Nikon, Tokyo, Japan).

## 3. Immunofluorescence analysis

Cells plated and cultured on Matrigel-coated coverslips were fixed with 4% paraformaldehyde in phosphate-buffered saline (PBS). Immunocytochemistry was performed using standard protocols and antibodies as follows: Nestin (Rat-401, 1:100: Developmental Studies Hybridoma Bank, Iowa City, IA); microtubule-associated protein 2 (MAP2) (1:200; Chemicon, Temecula, CA); glial fibrillary acidic protein (GFAP) (1:400; Chemicon); Alexa Fluor<sup>®</sup> 488- and 546-conjugated secondary antibodies (1:200; Molecular Probes, Eugene, OR). The nuclei were counterstained with 4',6-diamidine-2'-phenylindole dihydrochloride (DAPI). All fluorescence images were acquired using a fluorescence microscope (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany).

## Terminal deoxynucleotidyl transferasemediated dUTP nick end labeling (TUNEL) staining

Cells on coverslips were fixed, and apoptotic cells were detected by TUNEL staining with an In situ Cell Death Detection Kit, Fluorescein (Roche Applied Science, Mannheim, Germany) according to the manufacturer's instructions. Nuclei were counterstained with DAPI, and TUNEL<sup>+</sup> nuclei were assessed by fluorescence microscopy.

## Real-time reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) analysis

Poly (A) + RNA was extracted from the cells cultured as above using Illustra TM QuickPrep Micro mRNA Purification Kits (GE Healthcare Bio-Sciences Corp., Piscataway, NJ). Each mRNA preparation was reverse transcribed into cDNA using random hexamer primers. Quantitative real-time RT-PCR was performed using a StepOnePlus TM Real Time PCR System (Applied Biosystems, Foster City, CA) and *Power* SYBR GREEN PCR Master Mix (Applied Biosystems) with specific primer pairs. The primer pairs for

glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH), Nestin, MAP2, GFAP, and myelin basic protein (MBP), which have been used previously  $^{24}$ , and the following sense and antisense primers were designed using Primer Express  $^{TM}$  software (Version 2.0; Applied Biosystems):  $\beta$ -actin (ACTB), 5'-ATGGTGGGAATGGGTCAGAA-3' and 5'-CCAGTTGGTAACAATGCCATGT-3'; ribosomal protein S29 (RPS29), 5'-TACTGGAGTCACCCACGGAAGT-3' and 5'-GGCACATGTTCAGCCCACGGAAGT-3'; ribosomal protein L4 (RPL4), 5'-AAAGCTCCCATTCGACCAGAT-3' and

5'-TCTGATGACCTGCCAATTCACT-3'. The expression level of each gene was normalized relative to that of the housekeeping gene, RPS29.

### III Results

 Dose- and time-dependent decreases in the number of NSCs in the proliferation stage associated with MeHg exposure

The effects of continuous MeHg exposure on the number of proliferating NSCs were evaluated by culturing NSCs in PM containing various concentrations of MeHg for 4 days. The morphologies of the cells exposed to MeHg were similar to those

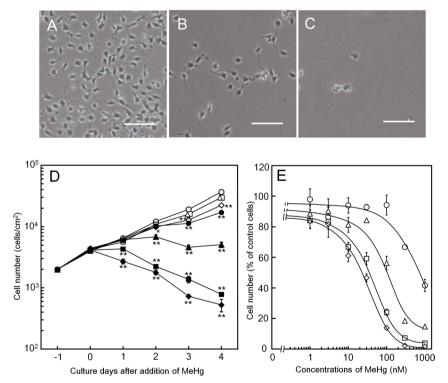


Figure 1 Changes in morphologies and cell numbers of NSCs after MeHg exposure in PM

(A–C) Phase-contrast micrographs of NSCs cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (A), 100 nM MeHg (B), or 1000 nM MeHg (C). Scale bars: 100  $\mu$ m. (D) Cell growth analysis of proliferating NSCs after MeHg exposure. NSCs were plated at a density of  $2\times10^3/\text{cm}^2$  on dishes and cultured for 1 day in PM and subsequently for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) ( $\bigcirc$ ), 1 nM MeHg ( $\triangle$ ), 3 nM MeHg ( $\square$ ), 10 nM MeHg ( $\bigcirc$ ), 30 nM MeHg ( $\square$ ), 100 nM MeHg ( $\square$ ), 300 nM MeHg ( $\square$ ), or 1000 nM MeHg ( $\square$ ). The numbers of cells were counted every day. The values represent the means  $\pm$  SEM (bars). \*P < 0.05, \*\*P < 0.01 compared with control. (E) Dose-response curves on day 1 ( $\bigcirc$ ), day 2 ( $\triangle$ ), day 3 ( $\square$ ), and day 4 ( $\bigcirc$ ). The cell numbers are shown as percentages of control cells and are expressed as means  $\pm$  SEM (bars) of four determinations.

of control cells (Fig. 1A-C). Cultured without MeHg, NSCs showed an exponential increase in the number of the cells up to day 4, with a doubling time of about 24 hours (Fig. 1D). However, increases in the numbers of cells were inhibited by culture in the presence of MeHg in a dose-dependent manner (Fig. 1D). The numbers of cells cultured with more than 10 nM MeHg were significantly lower than those in the controls, and the number of cells cultured with 100 nM MeHg reached the maximum on day 2 of culture but did not increase thereafter (Fig. 1D). The majority of NSCs were lost during culture in the presence of > 300 nM MeHg, and the cell number dropped below the initial number on day 4 (Fig. 1D). The dose-response curve of each day in cell culture (i.e., days 1, 2, 3, and 4; Fig. 1E), indicated that the susceptibility of NSCs to MeHg increased in a time-dependent manner. Finally, the dose-response curve on day 4 showed a 50% inhibitory concentration (IC<sub>50</sub> value) of about 20 nM MeHg. The results indicated that exposure of NSCs to MeHg in the proliferation stage decreases the number of cells in a dose- and time-dependent manner.

## Induction of apoptosis in proliferating NSCs by MeHg exposure

To determine whether the dose- and time-dependent decreases in number of proliferating NSCs by MeHg were due to apoptotic cell death, TUNEL staining was performed on the cells on day 1 after MeHg exposure. The ratio of TUNEL<sup>+</sup> to DAPI-stained (total) nuclei increased in a dose-dependent manner, with the percentage of apoptotic cells following incubation at 100 nM being 44.2%, which was 3.8-fold higher than that of the control cells (**Fig. 2**). These results indicated that MeHg at 100 nM induced severe apoptotic cell death in proliferating NSCs and caused the almost complete inhibition of increase in cell number of NSCs (**Fig. 1**D and E).

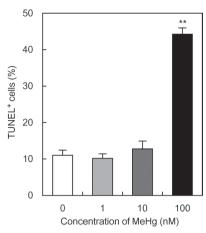


Figure 2 TUNEL detection of apoptotic cells after MeHg exposure in PM

TUNEL assay was performed on NSCs cultured for 1 day in PM with 0 nM MeHg (white bar), 1 nM MeHg (light gray bar), 10 nM MeHg (dark gray bar), or 100 nM MeHg (black bar). The TUNEL cells are shown as percentages of the total cell number. All data are presented as the means  $\pm$  SEM (bars) of three determinations.  $^{**}P < 0.01$  compared with control.

## Effects of continuous exposure to MeHg on NSCs at the differentiation stage

To evaluate the effects of continuous exposure to MeHg in the differentiation stage, NSCs were induced to differentiate by changing the culture medium from PM to DM, ACM-supplemented medium, containing various concentrations of MeHg and cultured for 4 days. The control cells, which were cultured without MeHg, showed changes in morphology, and many neuron-like cells appeared (Fig. 3A), and the morphologies of the cells exposed to MeHg were similar to those of control cells (**Fig. 3**B, C). The control cells showed an exponential increase in cell number up to day 2, after which the increase gradually slowed and stopped by day 3 (Fig. 3D). The increase in cell number was inhibited by MeHg in a dose-dependent manner (**Fig. 3**D). The numbers of cells cultured in the presence of >300 nM MeHg were significantly lower than the controls from day 2 (**Fig. 3**D). The dose-response curves of cells

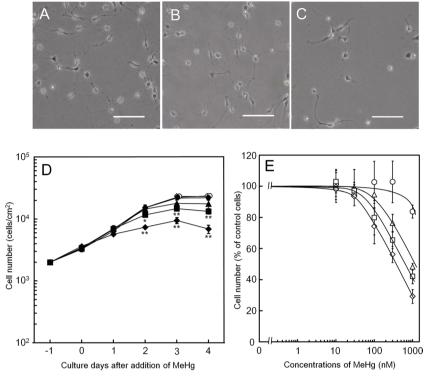


Figure 3 Changes in morphologies and cell number of NSCs after MeHg exposure in DM

(A–C) Phase-contrast micrographs of NSCs cultured for 4 days in DM with 0 nM MeHg (A), 100 nM MeHg (B), or 1000 nM MeHg (C). Scale bars: 100  $\mu$ m. (D) Cell growth analysis of differentiating NSCs after MeHg exposure. NSCs were plated at a density of  $2 \times 10^3/\text{cm}^2$  on dishes and cultured for 1 day in PM and subsequently for 4 days in DM with 0 nM MeHg (control) ( $\bigcirc$ ), 10 nM MeHg ( $\bigcirc$ ), 30 nM MeHg ( $\bigcirc$ ), 100 nM MeHg ( $\bigcirc$ ), 300 nM MeHg ( $\bigcirc$ ), or 1000 nM MeHg ( $\bigcirc$ ). The numbers of cells were counted every day. The values represent the means  $\pm$  SEM (bars). \*P < 0.05, \*P < 0.01 compared with control. (E) Dose-response curves on day 1 ( $\bigcirc$ ), day 2 ( $\triangle$ ), day 3 ( $\square$ ), and day 4 ( $\bigcirc$ ). The cell numbers are shown as percentages of control cells and are expressed as means  $\pm$  SEM (bars) of four determinations.

cultured for a prolonged period indicated that the more prolonged exposure resulted in the more decrease in cell number (**Fig. 3**E), and the curve at day 4 showed an IC<sub>50</sub> value of about 400 nM for MeHg. The value in the differentiation stage was about 20 times higher than that in the proliferation stage. These results suggest that the effects of MeHg on the number of NSCs in the differentiation stage are both dose- and time-dependent and NSCs in the differentiation stage were less susceptible to MeHg than those in the proliferation stage.

 Effects of MeHg exposure on neural cell marker gene and protein expression in NSCs in the proliferation and differentiation stages

Real-time RT-PCR analysis was performed to investigate whether exposure of NSCs to MeHg in the proliferation and differentiation stages induces changes in cellular characteristics. The expression level of each target gene was normalized relative to that of *RPS29* mRNA in this experiment. In previous studies, we used the *GAPDH* gene as a housekeeping gene to normalize the expression level of the target genes<sup>20, 22, 24–26)</sup>. However, because exposure to 100 nM MeHg upregulated

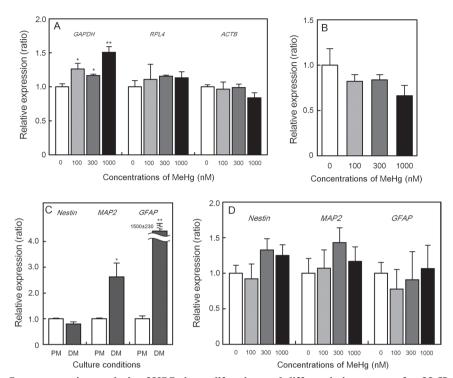


Figure 4 Gene expression analysis of NSCs in proliferation and differentiation stages after MeHg exposure Gene expression levels were measured by quantitative real-time RT-PCR and normalized relative to that of RPS29. Data are presented as the means  $\pm$  SEM (bars) of four determinations. \*\*P < 0.01 and \*P < 0.05 compared with control. (A) Determination of the expression levels of various housekeeping gene candidates, including GAPDH, RPL4, and ACTB. NSCs were cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) (white bars), 100 nM MeHg (light gray bars), 300 nM MeHg (dark gray bars), or 1000 nM MeHg (black bars). The ordinate represents the ratio of gene expression level to that of control. (B) Gene expression of Nestin, a neural stem cell marker, after MeHg exposure in the proliferation stage. NSCs were cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) (white bars), 100 nM MeHg (light gray bars), 300 nM MeHg (dark gray bars), or 1000 nM MeHg (black bars). The ordinate represents the ratio of gene expression level to that of control. (C) Gene expression of neural cell markers after induction of neural differentiation. NSCs were cultured for 4 days in PM (control) (white bars) or DM (gray bars). The values of the gene expression levels of Nestin (left), MAP2 (center), and GFAP (right) were standardized relative to those in PM. The means of gene expression level were 0.09 (Nestin in PM), 0.07 (Nestin in DM), 0.16 (MAP2 in PM), 0.41 (MAP2 in DM),  $6 \times 10^{-5}$  (GFAP in PM), and 0.10 (GFAP in DM). (D) Gene expression of neural cell markers after MeHg exposure in the differentiation stage. NSCs were cultured for 4 days in DM with 0 nM MeHg (control) (white bars), 100 nM MeHg (light gray bars), 300 nM MeHg (dark gray bars), or 1000 nM MeHg (black bars). The ordinate represents the ratio of gene expression level to that of control.

*GAPDH* gene expression but not that of the *RPS29* gene as well as the other candidate housekeeping genes, *RPL4* and *ACTB* genes<sup>26)</sup> (**Fig. 4**A), we adopted the *RPS29* gene as a housekeeping gene in this analysis.

Quantitative gene expression analysis demonstrated high levels of expression of the *Nestin* gene, a marker of NSCs, in proliferating control

cells cultured in PM without MeHg for 4 days (**Fig. 4**B and C, left, white bar), whereas *MAP2* and *GFAP* genes, markers of neurons and astrocytes, respectively, were expressed at low levels (**Fig. 4**C, center and right, white bar, respectively), as reported previously<sup>20, 22, 25, 26)</sup>. The level of *Nestin* gene expression in the control cells was not significantly different from that in cells cultured for

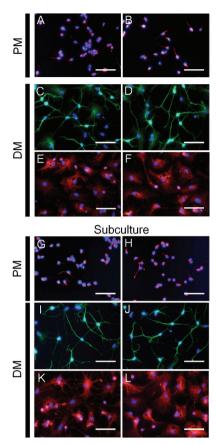


Figure 5 Immunofluorescence analysis of NSCs cultured in PM and DM, and surviving NSCs after MeHg exposure subcultured in PM and DM

 $(A-F)\,$  NSCs were cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) (A) or 100 nM MeHg (B), or were cultured for 5 days in DM with 0 nM MeHg (control) (C and E) or 100 nM MeHg (D and F). (G–L) NSCs were cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) (G, I and K) or 100 nM MeHg (H, J and L). Surviving cells after exposure were collected and subcultured for 4 days in PM (G and H) or for 1 day in PM and subsequently for 5 days in DM (I, J, K, and L). Fluorescence microscopy images of Nestin (red in A, B, G, and H), MAP2 (green in C, D, I, and J), and GFAP (red in E, F, K , and L) with DAPI counterstaining for nuclei (blue). Scale bars:  $50\,\mu m$ .

4 days with higher concentrations of MeHg (100, 300, and 1000 nM) (**Fig. 4**B). Similarly, low levels of *MAP2* and *GFAP* genes expression were ob-

served in cells exposed to high concentrations of MeHg (data not shown). In addition to gene expression analyses, immunofluorescence staining showed that almost all of the cells exposed to 100 nM MeHg for 4 days were positive for Nestin (**Fig. 5**A and B). These results indicated that the cells surviving after MeHg exposure in the proliferation stage retain the characteristics of NSCs represented by capacity for Nestin gene and protein expression.

Real-time RT-PCR analysis proved that NSCs in DM can be induced to undergo differentiation into neurons and astrocytes, as reported previously<sup>25, 26)</sup>. Induction of differentiation in the control cells reduced the level of Nestin gene expression slightly but not significantly (Fig. 4C, left, dark bar), and, in contrast, significantly upregulated the levels of MAP2 and GFAP gene expression (Fig. 4C, center and right, dark bars). The expression levels of MAP2 and GFAP gene in the cells exposed to MeHg were upregulated (data not shown) but were not different from those of the control cells (Fig. 4D, center and right, dark and black bars). Expression of the MBP gene, a marker of oligodendrocytes, was not detectable in this experiment (data not shown). Immunofluorescence staining confirmed that control NSCs differentiated into MAP2-positive neurons (**Fig. 5**C) and GFAP-positive astrocytes (Fig. 5E) after culture for 5 days in DM, as reported previously 25, 26). Similarly, the NSCs exposed to MeHg differentiated into MAP2positive neurons (**Fig. 5**D) and GFAP-positive astrocytes (Fig. 5F). These results suggest that differentiation from NSCs to neurons and astrocytes is not significantly affected by exposure to MeHg.

## Proliferation and differentiation capacities of surviving NSCs after MeHg exposure

To investigate whether the cells surviving after MeHg exposure retain the characteristics of NSCs, such as capacity for self-renewal and differentia-

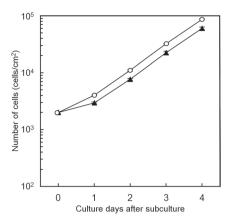


Figure 6 Cell growth analysis of subcultured NSCs after MeHg exposure in PM

After NSCs were cultured for 4 days in PM with 0 nM MeHg (control) ( $\bigcirc$ ) or 100 nM MeHg ( $\blacktriangle$ ), the surviving NSCs were collected. The cells were plated at a density of  $2\times 10^3/\text{cm}^2$  on dishes and subcultured for 4 days in PM. The numbers of cells were counted every day.

tion, the cells were exposed to 100 nM MeHg for 4 days and surviving cells were subcultured in PM. First, the surviving cells increased exponentially in number in PM for 4 days similar to the control cells (Fig. 6). Immunofluorescence analysis indicated that almost all of the cells expressed Nestin protein after subculture of both surviving cells and control cells (Fig. 5H and G). These results indicated that the surviving cells after exposure to 100 nM MeHg for 4 days retained the capacities for proliferation and Nestin gene expression. Next, to examine whether the surviving cells after MeHg exposure retained neural differentiation capability, the cells were subcultured in PM for 1 day and subsequently in DM for 5 days to induce differentiation. Immunofluorescence analysis demonstrated that many MAP2-positive and GFAP-positive cells were present after subculture of the surviving cells and control cells (Fig. 5J and I, L and K). These results suggest that the surviving cells after MeHg exposure retained the characteristics of NSCs, i.e., capacities for proliferation and differentiation into neurons and glia.

## IV Discussion

The present study clearly demonstrated that continuous exposure of NSCs to MeHg induces apoptosis in the proliferation stage and causes a decrease in the number of NSCs in a dose-dependent manner. Interestingly, the results presented here also indicated that the susceptibility of NSCs to MeHg in the proliferation stage increased during continuous MeHg exposure in a time-dependent manner, and became very high after exposure for 4 days (IC<sub>50</sub>, 20 nM). On the other hand, previous studies have not indicated changes in the susceptibility of NSCs to MeHg during continuous exposure. For example, acute MeHg exposure for short periods (24 or 48 hours) has been reported to induce apoptotic cell death in various types of proliferating NSCs, including rat primary embryonic cortical culture<sup>16)</sup>, mouse NSC line (C17.2) 16), and human NSC line (HUCB-NSC) 17). Although another study indicated that MeHg exposure for 6 days induced apoptosis in proliferating mouse neural progenitor cells derived from different regions of the embryonic brain (telencephalon and diencephalon), the authors have not reported the time-dependent changes in susceptibility to MeHg<sup>18)</sup>. The IC<sub>50</sub> values estimated from the results of previous reports  $^{16\sim18)}$ , from 100 to 600 nM, are much higher than that of the present study after exposure for 4 days (IC<sub>50</sub>, 20 nM). The biological half-life of MeHg has been reported to be considerably long, from 35 to 189 days, with an average of 72 days<sup>28</sup>. Therefore, embryos/fetuses in utero are generally thought to be exposed to MeHg continuously or chronically rather than acutely. The time-dependent increase in susceptibility of NSCs is thus very informative to estimate the neurotoxic effects of MeHg on nervous system development in utero.

It is speculated that apoptotic cell death is the main cause of the time-dependent increase in susceptibility to MeHg. Continuous MeHg exposure induces apoptosis in some NSCs. Therefore, the pool of proliferating NSCs decreases gradually during exposure, while all of the control cells continued to proliferate exponentially. In addition to apoptosis, other groups have shown that acute MeHg exposure inhibits proliferation of HUCB-NSCs<sup>17)</sup> and primary fetal CNS cells in culture<sup>29)</sup>. Further study remains to elucidate fully in which mechanism MeHg exposure inhibits proliferation of NSCs.

The susceptibility of NSCs to MeHg at the differentiation stage has been demonstrated to be lower than that at the proliferation stage, but it is comparable to or higher than the other types of neural cells, neurons and glia<sup>15)</sup>. In addition, we showed that MeHg exposure decresed the number of cells but did not significantly affect the process of differentiation from the surviving NSCs to neurons and glia itself. The results regarding neuronal differentiation conflict with those obtained in rat primary cortical culture 16) but agree with those obtained in HUCB-NSCs<sup>17)</sup>. With regard to differentiation into astrocytes, however, the present results were inconsistent with those obtained in HUCB-NSCs<sup>17)</sup>. The reasons for these discrepancies are unclear, but may be due to the differences in origin of the NSCs. In fact, the susceptibilities of NSCs derived from the telencephalon and the diencephalon to MeHg were different<sup>18)</sup>. In contrast, we employed ESC-derived primitive NSCs<sup>19~22)</sup>, which was in the default state<sup>14)</sup>.

From the present results, the effect of chronic exposure of embryos/fetuses to MeHg *in vivo* is presumed to be a decrease in the number of NSCs, and it likely explain CNS maldevelopment and reproductive problems caused by prenatal MeHg exposure. Normal development of the CNS requires the concomitant and coordinated ontogeny of proliferation and differentiation to occur in a temporally and spatially controlled manner. Therefore, perturbations of the processes

during development by MeHg exposure can result in disturbance of the structure and function of the CNS<sup>30)</sup>. A number of *in vivo* studies in rodents and non-human primates have demonstrated the effects of MeHg exposure on neurodevelopment  $^{31\sim34)}$ . On the other hand, in humans, congenital Minamata disease was established to be caused by MeHg exposure of embryo/fetus during pregnancy 10, 11). Patients with this disease develop severe various neurological and mental symptoms, such as intelligence disturbance, primitive reflex, cerebellar symptoms, disturbance of body growth and nutrition, dysarthria, deformity of limbs, strabismus, etc. 10, 11). Pathological studies have demonstrated that cortical lesions of the brain are distributed more widely and more severely in congenital Minamata disease than in infantile and adult cases<sup>35, 36)</sup>. In addition, in many cases, hypoplasia and dysplasia of the nervous system were observed in congenital Minamata disease, and a specifically small brain was reported in two of three autopsy cases<sup>35)</sup>. Microcephaly accompanying congenital Minamata disease was indirectly suggested by the report that small heads were observed in 40% of children that were exposed to high levels of MeHg in utero<sup>37</sup>. A sufficient number of NSCs is necessary for normal ontology of developmental processes in the CNS. Therefore, the decrease in NSC number by MeHg exposure may result in the pathogenesis of congenital Minamata disease, microcephaly, hypoplasia, and disturbance of CNS function. In addition, if the influence of MeHg on the NSCs is not so severe, it may result in moderate symptoms depending on the severity. In the case of Iraqi infants that had been exposed to MeHg during pregnancy, a dose-response relationship was reported between the severity of symptoms and MeHg concentration in maternal hair<sup>38)</sup>. In addition, an epidemiological study suggested a relationship between pre- or postnatal exposure to MeHg and psychiatric symptoms among the general population in

Minamata<sup>39)</sup>. Severe loss of NSCs during ontology may terminate development of the embryo/fetus and result in reproductive problems, such as miscarriage, abortion, and stillbirth. In fact, an epidemiological study indicated that the incidence rates of reproductive problems, defined as fetal death, stillbirth, and spontaneous abortion, were increased in two areas heavily contaminated with MeHg, around Minamata Bay in the period between 1956 and 1968, when the pollution became serious<sup>9)</sup>.

An epidemiological study on neurotoxicity suggested that MeHg exposure is more hazardous prenatally than postnatally 40). MeHg in the environment is therefore a matter of great concern, and to protect human health and the environment from anthropogenic emissions and release of mercury and mercury compounds, the "Minamata Convention on Mercury" was agreed at the Intergovernmental Negotiating Committee in Geneva, Switzerland, in 2013. Epidemiological studies performed to date have mainly focused on assessment of the neurotoxic effects of MeHg on infants and children. However, as shown above, it will be necessary to assess the effects of MeHg on reproductive problems in addition to neurotoxic effects in future studies.

Acknowledgments: We thank Drs. Kyozo Yonemoto and Hisataka Kasai for their valuable discussions. This research was partially supported by Research Grant for Long-range Research Initiative from JCIA, Selective Research Fund of Tokyo Metropolitan University and Grant-in-Aids for Scientific Research (20500339 to N.I.).

## References

- 1) Harada, M: Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Crit Rev Toxicol, 25: 1–24, 1995.
- The Social Scientific Study Group on Minamata Disease: In the Hope of Avoiding Repetition of the Trag-

- edy of Minamata Disease. —What We Have Learned from the Experience of Minamata Disease—. National Institute for Minamata Disease, 1–126, 2001.
- Hachiya, N: The history and the present of Minamata disease. —Entering the second half a century—. JMAJ, 49: 112-118, 2006.
- WHO: Environmental health criteria 1: mercury.
   World Health Organization, 1976.
- WHO: Environmental health criteria 101: methylmercury. World Health Organization, 1990.
- 6) Takeuchi, T, Morikawa, N, Matsumoto, H, et al.: A pathological study of Minamata disease in Japan. Acta Neuropathol, 2: 40–57, 1962.
- 7) Inoue, T: Psychiatric studies on Minamata disease (in Japanese). Psychiat Neurol Jap, 65: 1–14, 1963.
- 8) Takagi, M: Neurological studies on Minamata disease (in Japanese). Psychiat Neurol Jap, 65: 163–172, 1963.
- Itai, Y, Fujino, T, Ueno, K, et al.: An epidemiological study of the incidence on abnormal pregnancy in areas heavily contaminated with methylmercury. Environ Sci, 11: 83-97, 2004.
- Harada, M: Neuropsychiatric disturbances due to organic mercury poisoning during the prenatal period (in Japanese). Psychiat Neurol Jap, 66: 426– 468, 1964.
- Harada, M: Congenital Minamata disease: Intrauterine methylmercury poisoning. Teratol, 18: 285-288, 1978.
- 12) Tsubaki, T, Shirakawa, K, Kambayashi, K, et al.: Clinical features of organic mercury poisoning in the Agano River area (in Japanese). Shinkei Kenkyu No Shimpo, 13: 85–88, 1969.
- 13) Bakir, F, Damluji, S F, Amin-Zaki, L, et al.: Methylmercury poisoning in Iraq. Science, 181: 230-241, 1973.
- 14) Temple, S: The development of neural stem cells. Nature, 414: 112–117, 2001.
- 15) Ceccatelli, S, Daré, E, Moors, M: Methylmercury-induced neurotoxicity and apoptosis. Chem Biol Interact, 188: 301-308, 2010.
- 16) Tamm, C, Duckworth, J, Hermanson, O, et al.: High susceptibility of neural stem cells to methylmercury toxicity: effects on cell survival and neuronal differentiation. J Neurochem, 97: 69–78, 2006.

- 17) Buzanska, L, Sypecka, J, Nerini-Molteni, S, et al.: A human stem cell-based model for identifying adverse effects of organic and inorganic chemicals on the developing nervous system. Stem Cells, 27: 2591– 2601, 2009.
- 18) Watanabe, J, Nakamachi, T, Ogawa, T, et al.: Characterization of antioxidant protection of cultured neural progenitor cells (NPC) against methylmercury (MeHg) toxicity. J Toxicol Sci, 34: 315-325, 2009.
- Nakayama, T, Momoki-Soga, T, Inoue, N: Astrocytederived factors instruct differentiation of embryonic stem cells into neurons. Neurosci Res, 46: 241–249, 2003.
- 20) Nakayama, T, Inoue, N: Neural stem sphere method: induction of neural stem cells and neurons by astrocyte-derived factors in embryonic stem cells in vitro. Methods Mol Biol, 330: 1–13, 2006.
- 21) Otsu, M, Nakayama, T, Inoue, N: Pluripotent stem cell-derived neural stem cells: From basic research to applications. World J Stem Cells, 26: 651–657, 2014.
- 22) Nakayama, T, Momoki-Soga, T, Yamaguchi, K, et al.: Efficient production of neural stem cells and neurons from embryonic stem cells. Neuroreport, 15: 487– 491, 2004.
- 23) Nakayama, T, Sai, T, Otsu, M, et al.: Astrocytogenesis of embryonic stem-cell-derived neural stem cells: Default differentiation. Neuroreport, 17: 1519–1523, 2006.
- 24) Otsu, M, Sai, T, Nakayama, T, et al.: Uni-directional differentiation of mouse embryonic stem cells into neurons by the neural stem sphere method. Neurosci Res, 69: 314-321, 2011.
- 25) Isono, M, Otsu, M, Konishi, T, et al.: Proliferation and differentiation of neural stem cells irradiated with X-rays in logarithmic growth phase. Neurosci Res, 73: 263–268, 2012.
- 26) Omori, H, Otsu, M, Suzuki, A, et al.: Effects of heat shock on survival, proliferation and differentiation of mouse neural stem cells. Neurosci Res, 79: 13–21, 2014.
- 27) de Jonge, H J, Fehrmann, R S, de Bont, E S, et al.: Evidence based selection of housekeeping genes. PLoS ONE, 2: e898, 2007.

- 28) Al-Shahristani, H, Shihab, K M: Variation of biological half-life of methylmercury in man. Arch Environ Health, 28: 342–344, 1974.
- 29) Ponce, R A, Kavanagh, T J, Mottet, N K, et al.: Effects of methyl mercury on the cell cycle of primary rat CNS cells in vitro. Toxicol Appl Pharmacol, 127: 83–90, 1994.
- 30) Rice, D, Barone, S Jr: Critical periods of vulnerability for the developing nervous system: evidence from humans and animal models. Environ Health Perspect, 108 (Suppl. 3): 511–533, 2000.
- 31) Burbacher, T M, Rodier, P M, Weiss, B: Methylmercury developmental neurotoxicity: a comparison of effects in humans and animals. Neurotoxicol Teratol, 12: 191–202, 1990.
- 32) Gilbert, S G, Grant-Webster, K S: Neurobehavioral effects of developmental methylmercury exposure. Environ Health Perspect, 103 (Suppl 6): 135–142, 1995.
- 33) Myers, G J, Davidson, P W: Prenatal methylmercury exposure and children: neurologic, developmental, and behavioral research. Environ Health Perspect, 106 (Suppl 3): 841–847, 1998.
- 34) Farina, M, Rocha, J B, Aschner, M: Mechanisms of methylmercury-induced neurotoxicity: evidence from experimental studies. Life Sci, 89: 555–563, 2011.
- 35) Matsumoto, H, Koya, G, Takeuchi, T: Fetal Minamata disease. A neuropathological study of two cases of intrauterine intoxication by a methyl mercury compound. J Neuropathol Exp Neurol, 24: 563-574, 1965.
- 36) Takeuchi, T: Pathology of Minamata disease. With special reference to its pathogenesis. Acta Pathol Jpn, 32 (Suppl 1): 73–99, 1982.
- 37) Marsh, D O, Myers, G J, Clarkson, T W, et al.: Fetal methylmercury poisoning: new data on clinical and toxicological aspects. Trans Am Neurol Assoc, 102: 69–71, 1977.
- 38) Marsh, D O, Myers, G J, Clarkson, T W, et al.: Dose-response relationship for human fetal exposure to methylmercury. Clin Toxicol, 18: 1311–1318, 1981.
- 39) Yorifuji, T, Tsuda, T, Inoue, S, et al.: Long-term exposure to methylmercury and psychiatric

symptoms in residents of Minamata, Japan. Environ Int, 37: 907-913, 2011. 40) Julvez, J, Yorifuji, T, Choi, A L, et al.: Epidemiological evidence on methylmercury neurotoxicity. Ceccatelli, S, Aschner, M (eds), Methylmercury and Neurotoxicity, Current Topics in Neurotoxicity: 13–35, Springer, New York, 2012.

	/0015 左 10 日 11 日

## ■原著

## 条件の異なるスクワット動作遂行中の下肢の運動学的解析

Kinematic analysis of the lower limbs in different squatting conditions

清水 洋治  $^{1}$ , 須永 遼司  $^{1,2}$ , 宇佐 英幸  $^{3}$ , 市川 和奈  $^{1,2}$ , 小川 大輔  $^{2,4}$ , 畠 昌史  $^{1,2}$ , 松村 将司  $^{5}$ , 竹井 仁  $^{2}$ 

Yoji Shimizu<sup>1</sup>, Ryoji Sunaga<sup>1, 2</sup>, Hideyuki Usa<sup>3</sup>, Kazuna Ichikawa<sup>1, 2</sup>, Daisuke Ogawa<sup>2, 4</sup>, Masafumi Hata<sup>1, 2</sup>, Masashi Matsumura<sup>5</sup>, Hitoshi Takei<sup>2</sup>

要 旨:本研究の目的は、条件の異なるスクワット動作遂行中における下肢関節角度の関係と下肢関節間の運動比率の存在、筋活動量の特性を明らかにすることとした。対象は、健常成人男性8名とした。運動課題は、足圧中心の3つの異なる条件(1:中間位,2:前方位,3:後方位)での両脚スクワット動作とした。結果、3条件とも股関節角度に対する膝・足関節角度の関係は、直線回帰式で示せた。股関節角度を基準とした膝・足関節角度の運動比率(膝/股比、足/股比)は、3条件とも一定に推移したがその値は条件間で異なり、条件1・2ではそれぞれ1.1、0.4、条件3では0.9、0.2となった。筋活動量は3条件とも、大腿直筋、内側広筋、外側広筋、前脛骨筋の活動が動作開始から終了にかけて有意に増加した。前脛骨筋のみ動作間の違いがあり、条件2、1、3の順で有意に活動量が多かった。本研究より、スクワット動作では下肢関節間に一定の運動比率が存在したが、その値は足圧中心位置により異なり中間・前方位より後方位で小さいことが示された。

キーワード:スクワット動作,筋活動量,運動比率

## I はじめに

スクワット動作は、一般的に立位の状態から下 肢関節の屈曲・伸展を繰り返す動作であり、しゃ がみ込み運動と立ち上がり運動の組み合わせであ る。日常生活動作では、起立・着座動作をはじめ 様々な動作でスクワット動作の要素は必要とな る。とりわけ、腰痛患者では、靴を履たり、下にある物を拾ったりする際のしゃがみ込み動作で疼痛を訴えることを臨床ではよく経験する。そして、往々として腰痛患者のスクワット動作では、股関節の動きが少なく、腰部の屈曲が代償として生じていることが多い。そこで、本研究ではスクワッ

- 1 千川篠田整形外科 Senkawa Shinoda Orthopedic Clinic
- 2 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域 Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 3 首都大学東京大健康福祉学部理学療法学科 Division of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 4 目白大学保健医療学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Mejiro University
- 5 杏林大学保健学部理学療法学科 Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Kyorin University

ト動作におけるしゃがみ込み運動に着目すること とした。

スクワット動作は、主に股関節・膝関節・足関節を協調させて運動している。スクワット動作中における股関節と膝関節の屈曲角度の関係は、速度によらず高い決定係数の直線回帰式で示せたという報告<sup>1)</sup>がある。また歩行中においても、大腿、下腿、足部の各分節と床からの垂線との間の角度が歩行周期全体を通じてほとんど一定の比率で変化したという報告<sup>2,3)</sup>がある。これらより、動作中の下肢関節はある一定の関係を保ちながら変化すると考える。

運動の協調性が保たれていることを示す身体分 節間の不変関係に関する報告は、下肢関節間のみ ではなく様々な関節間で報告されている。竹井 ら <sup>4-6)</sup>は、他動的な片側および両側股関節屈曲運 動中の仙腸関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の関係 を検討し、とりわけ股関節屈曲と骨盤後傾の関係 では、ある角度を境にそれ以降は股関節屈曲角度 が増すに従って骨盤後傾角度の割合がより大きく なるという二次回帰曲線で示せたと報告してい る。Codman により提唱された肩甲上腕リズムに 関して、Inman VT ら<sup>7)</sup>は肩関節運動は4つの関 節(胸鎖関節・肩鎖関節・肩甲胸郭関節・肩甲上 腕関節)が関与しているとした上で、とりわけ肩 関節屈曲と外転における肩甲上腕関節と肩甲胸郭 関節の関係は、ある角度(setting phase)以降は、 肩関節全体が15° 挙上する際. 肩甲上腕関節が 10° 挙上し肩甲骨は5° 上方回旋すると報告して いる。竹井らは $^{8)}$ . 肩関節 $0^{\circ} \sim 170^{\circ}$ までの範囲 での上腕骨と肩甲骨の動きの比率は、肩関節の角 度範囲により異なるが全体を平均すると約2.1:1 であったと報告している。このような不変関係を 踏まえると、臨床でよく経験する、股関節の動き が少なく腰部での屈曲あるいは伸展の代償を伴う 腰痛患者や、肩甲上腕リズムが破綻している肩関 節周囲炎の患者は、動作における身体分節間の不 変関係が破綻することで障害をきたしているので はないかと考える。このように、ある身体分節間 の不変関係は臨床における多様な疾患を評価する 一助になりうるが、股関節・膝関節・足関節間の 不変関係(運動比率)は不明である。したがって.

下肢関節の運動を伴う動作における障害を評価する上で, 股関節・膝関節・足関節間の運動比率の存在を確認することは重要であると考える。

またスクワット動作は様々な動作パターンで運 動ができ、その動作パターンによって活動する筋 群は異なってくる。そのため、運動の協調性を保 つためには筋活動の要素を考慮すべきである。重 心位置の違いが筋活動に及ぼす影響 <sup>9-11)</sup> に関し て、池添ら<sup>9)</sup>は、大腿四頭筋や前脛骨筋は、足圧 中心位置を後方位にして屈曲角度の大きいスク ワット肢位でより高い筋活動量が得られたと報告 している。この研究では、あるスクワット肢位で の静止性の筋活動量を測定しており、他の研究報 告 <sup>9,11-14)</sup>でも静止性の筋活動量を示したものが 多い。一方で動作中の筋活動量を検討した研究も いくつかあり、真鍋ら 10)は、スクワット動作の 全過程における各筋の筋活動量の平均値を,条件 の異なるスクワット動作間で比較する方法を用い ていた。Valdeci ら <sup>15)</sup>は、三次元光学システムを 用いてスクワット動作中の下肢関節の角速度から 動作の加速相と減速相に大きく分けて、筋電図を 用いて得られたこれらの相におけるスクワット動 作遂行中の筋活動量の違いを比較する方法を用い ていた。しかし、スクワット動作の開始から終了 にかけての関節角度の推移と動作遂行中の筋活動 量の推移を合わせて運動学的に検討した報告は渉 猟する限りみあたらない。よって、スクワット動 作遂行中の筋活動量の特性を捉えることは、運動 の協調性を保つために必要な筋活動を特定できる と考える。

そこで本研究では、健常者を対象に、条件の異なるスクワット動作遂行中における股関節・膝関節・足関節の角度推移を測定し、同時に筋活動量を測定することで、各スクワット動作において下肢関節角度の変化にはどのような関係があるのか、下肢関節間に一定の運動比率が存在するのか、また動作の違いが筋活動量にどのような影響を及ぼすかを比較検討したので報告する。

### II 対象

対象者は整形外科的既往のない健常成人男性8名で,平均年齢(範囲)は23.0(21-27)[歳],身

長と体重の平均値(標準偏差)は,172.4(1.9) [cm],61.1(4.7) [kg]であった。なお、本研究は首都大学荒川キャンパス研究安全倫理審査委員会の承認(承認番号:12088)を得た上で、被験者に研究趣旨について十分説明した後、書面での同意を得て実施した。

## III 方法

## 1. 運動課題

運動課題は、足圧中心を前後方中間位としたスクワット(Normal Squat:以下 NS)、足圧中心を前方位としたスクワット(Forward Squat:以下 FS)、足圧中心を後方位としたスクワット(Backward Squat:以下 BS)の3条件のスクワット動作とした。

全ての課題において、両手を胸の前で組み両足を肩幅に開いた立位を開始肢位とし、膝関節と足部の向きは正中のまま、下腿の傾斜と並行になるよう体幹を前傾させながらしゃがみ込み、最終肢位はバランスが崩れない範囲でのスクワット肢位とした。また、腰椎の屈曲が著明に生じないことを、被験者への口頭指示と検者の視覚による確認をしながら事前練習と本測定を実施した。加えてNSは、開始肢位から足底全面に重心がかかるようにそのまま真下にしゃがむよう指示した。FSは、開始肢位からつま先に徐々に重心が移動するよう指示し、その際踵が浮かないよう口頭指示にて注意した。BSは、開始肢位から踵に徐々に重心が移動するよう指示し、その際つま先が浮かないよう口頭指示にて注意した。

各条件でそれぞれ3回ずつ実施し,無作為に1 試行のみを抽出してデータ解析は行った。また, 各条件の行う順序は,各被験者で無作為に実施し た。

## 2. 関節角度, 足圧中心の測定

三次元動作解析装置(Vicon MX, VICON motion systems 社製;以下, VICON)を用いて,直径20 mm の赤外線反射マーカーの位置から経時的な空間変位座標をサンプリング周波数100 Hzで記録することで,動作中の下肢関節の関節角度を測定した。同時に,床反力計(フォースプレート, Kisler 社製)を用いて,足圧中心データを測定し

た。赤外線反射マーカーは、VICON に設定されている Plug-in Gait モデルに従い、被験者の両側の上前腸骨棘、上後腸骨棘、大腿外側中央、膝裂隙外側中央、下腿外側中央、外果、第二中足骨頭背側面、踵骨背側面に貼付した。測定する関節角度は、股関節、膝関節、足関節とした。

関節角度のデータ処理では、各動作の開始肢位を股関節 0°中間位、膝関節 0°中間位、足関節 0°中間位と設定した上で、股関節角度が 5°屈曲するごとの膝関節屈曲角度と足関節背屈角度を算出した。

足圧中心のデータ処理は、各被験者の足長に対する、踵から足圧中心(終了肢位の時点)までの距離の割合を足圧中心の前後成分のデータを用いて算出した。

### 3. 筋活動量の測定

筋活動量は、表面筋電図(多チャンネルテレメータシステム WEB-1000, 日本光電社製)を用いて測定した。導出筋は、大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大腿二頭筋、半腱様筋、腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の計 8 筋とした。ピッカー貼付部は事前に剃毛処理を行い、表面筋電図マニュアル 16) に従って各当該筋に貼付した。筋電図から測定された生波形を全波整流し、ノイズ除去の目的で 2.6 Hz のローパスフィルター、平滑化(Root Mean Square:以下 RMS)による処理を行った。

また、表面筋電図と VICON は同期して測定を実施した。筋活動量は、股関節角度が  $5^\circ$  屈曲するごとの区間を相として定義(たとえば股関節屈曲角度  $0 \sim 5^\circ$  は第 1 相) し、それぞれの相ごとに各筋の RMS 値を算出し、各筋の最大等尺性収縮(maximum voluntary contraction、以下 MVC)時の RMS 値を 100% としてそれぞれ正規化(% MVC) した。

## 4. 統計処理

統計処理は、IBM SPSS 22.0 を使用した。

事前に、筋活動量の正規化の方法の再現性を確認するため、再テスト法による検者内信頼性 ICC (1,1) を、被験者 8 人の日をあけて 2 回測定したデータから求めた。また、被験者が指示通りに 3 条件のスクワット動作を区別して行っていたかを

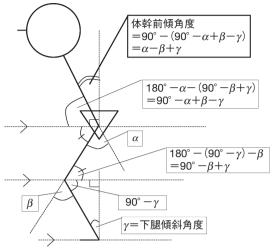


図1 体幹傾斜角度と下腿傾斜角度の関係式

確認するために、足長に対する踵から足圧中心までの距離の割合に対して反復測定による一元配置分析および多重比較検定(Bonferroni 法)を用いた。それから、3条件のスクワット動作の試行時間に違いがあるかを確認するため、VICONより得られた試行時間に対して、反復測定による一元配置分析および多重比較検定(Bonferroni 法)を用いた。さらにスクワット動作遂行中における体幹傾斜角度と下腿傾斜角度が実際に並行に保たれていたかを確認するため、下記の計算式を用いて算出した各動作における各相の両者の値に対して、対応のある t 検定を用いて両者間に統計的有意差がないかを検討した(図1)。

体幹傾斜角度[ $^{\circ}$ ] =  $\alpha - \beta + \gamma$ , 下腿傾斜角度[ $^{\circ}$ ] =  $\gamma$ 

 $(\alpha: \mathbb{R})$  股関節屈曲角度 $[^{\circ}]$ ,  $\beta: \mathbb{R}$  限関節屈曲角度 $[^{\circ}]$ ,  $\gamma: \mathbb{R}$  足関節背屈角度 $[^{\circ}]$ )

各動作における股関節に対する膝関節・足関節の関係を検討するため、単回帰分析を用いた。また、各動作における相ごとの膝関節角度/股関節角度の比率(膝/股比)と足関節角度/股関節角度の比率(足/股比)に対して、動作による違いと相による違いを確認するため、反復測定による二元配置分散分析および多重比較検定(Bonferroni 法)を

用いた。さらに、各動作における各筋の筋活動量(% MVC)に対して、動作による違いと相による違いを確認するため、反復測定による二元配置分散分析および多重比較検定(Bonferroni 法)を用いた。

すべての統計の有意水準は5%とした。

## IV 結果

3条件のスクワット動作において、股関節屈曲50°までは全被験者で共通して到達していた。そこで、安静立位姿勢(股関節・膝関節・足関節0°中間位)を開始肢位、股関節が50°まで屈曲した際を終了肢位とし、股関節が5°屈曲するごとの膝関節角度と足関節角度のデータ(全10相)を解析した。

各筋の筋活動量の正規化の方法に関する ICC (1,1)は、大腿直筋が0.67、内側広筋が0.91、外 側広筋が0.90、大腿二頭筋が0.98、半腱様筋が 0.95. 腓腹筋内側頭が 0.73. 腓腹筋外側頭が 0.85. 前脛骨筋が 0.88 で、すべての筋で再現性が確認 できた。足長に対する踵から足圧中心(終了肢位 の時点)までの距離の割合(標準偏差)[%]は、 NS  $\hbar$  60.5(6.8). FS  $\hbar$  79.2(4.9). BS  $\hbar$  20.5(5.8) であり、各条件間で有意差がみられたため、被験 者は指示通りに3条件のスクワット動作を区別し て行っていたことが確認できた。各スクワット動 作の試行時間の平均値(標準偏差) [sec] は、NS が 1.15(0.47), FS が 1.49(0.59), BS が 1.40(0.55) で、NSがFS・BSより有意に試行時間が短かっ た。各スクワット動作遂行中の全相における体幹 傾斜角度と下腿傾斜角度の平均値を.表1に示 した。各スクワット動作の全相において体幹傾斜 角度と下腿傾斜角度との間には有意差はみられ ず、すべてのスクワット動作で体幹と下腿は並行 に保たれていたことが示唆された。

股関節屈曲角度に対する膝関節屈曲角度と足関節背屈角度の関係を**図 2**, **3** に示した。これより,3条件ともすべて高い決定係数 $(0.994 \le R^2 \le 0.999)$ の直線回帰式で示すことができた。また股関節  $50^\circ$  屈曲位に到達した時点での膝関節屈曲角度と足関節背屈角度の平均値(標準偏差)は,それぞれ NS で 53.8(9.5),19.7(5.3),FS で 54.5(8.7).

	NS		FS		BS	
相	体幹	下腿	体幹	下腿	体幹	下腿
1	1.2 (1.0)	2.1 (1.3)	1.7 (1.1)	1.9 (0.7)	2.1 (0.4)	1.0 (1.5)
2	2.5 (1.8)	4.3 (2.2)	3.3 (1.6)	4.2 (1.4)	3.8 (0.8)	2.0 (2.2)
3	4.4 (2.4)	6.1 (2.9)	5.3 (2.0)	6.2 (1.9)	5.9 (1.1)	3.1 (3.3)
4	6.3 (2.8)	7.6 (3.3)	7.2 (2.5)	8.4 (2.4)	8.0 (1.5)	4.2 (4.1)
5	8.3 (3.2)	9.2 (3.7)	9.4 (2.8)	10.9 (2.7)	9.9 (2.1)	5.6 (4.6)
6	10.1 (3.5)	11.2 (4.0)	11.4 (3.0)	12.9 (3.0)	11.6 (2.4)	7.0 (5.3)
7	11.7 (3.9)	13.5 (4.4)	12.9 (3.1)	14.9 (3.3)	13.2 (2.8)	8.6 (5.9)
8	13.2 (4.1)	15.6 (4.8)	14.7 (3.1)	17.2 (4.0)	14.8 (3.2)	10.3 (6.7)
9	14.7 (4.5)	17.8 (5.0)	15.9 (3.3)	19.3 (4.6)	16.1 (4.1)	11.9 (8.1)
10	16.0 (4.6)	19.7 (5.3)	17.7 (3.0)	22.2 (5.9)	17.6 (4.7)	13.1 (8.8)

表 1 各スクワット動作における体幹傾斜角度と下限傾斜角度の平均値(標準偏差)[°]

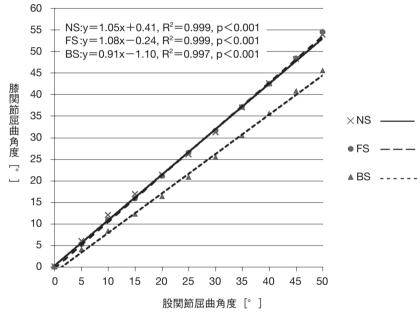


図2 股関節屈曲角度に対する膝関節屈曲角度

22.2(5.9), BS で 45.4(13.3), 13.1(8.8) であった。 反復測定による一元配置分散分析・多重比較検定より, 両関節とも BS が NS・FS と比較して有意に低値であった (p < 0.05)。

各動作における膝/股比・足/股比を**表2**に示した。膝/股比・足/股比ともに相による主効果と交互作用はみられなかったが,動作による主効果 (膝/股比:F=25.053, p<0.001, 足/股比:F=19.904, p<0.001)を認めた。つまり,すべての動作で相間には有意差はみられなかったが,動作間では有意差がみられた。膝/股比・足/股比の平均

値は、 $NS \cdot FS$  ではそれぞれおおよそ 1.1、0.4、BS では 0.9、0.2 となり、両比とも  $NS \cdot FS$  に対して BS が有意に低値であった。

各動作における筋活動量は、有意差のあった筋のみを**表3**に示した。

大腿直筋、内側広筋、外側広筋では、動作による主効果と交互作用はみられなかったが、相による主効果を認めた。大腿直筋の相による主効果(F=6.032, p<0.005)は、第1相より第 $8\sim10$ 相、第2相より第9,10相,第 $3\sim6$ 相より第10相で有意に筋活動量が多かった。内側広筋の相によ

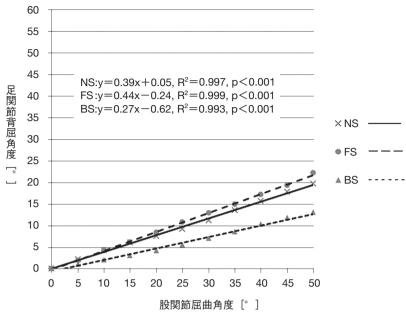


図3 股関節屈曲角度に対する足関節背屈角度

表2 各スクワット動作における膝/股比と足/股比の各相および全相の平均値(標準偏差)

		膝/股比			足/股比	
相	NS	FS	BS	NS	FS	BS
1	1.19 (0.43)	1.05 (0.34)	0.79 (0.30)	0.43 (0.25)	0.39 (0.15)	0.20 (0.30)
2	1.18 (0.39)	1.09 (0.29)	0.82 (0.27)	0.43 (0.22)	0.42 (0.14)	0.20 (0.22)
3	1.12 (0.34)	1.06 (0.25)	0.81 (0.27)	0.41 (0.19)	0.41 (0.13)	0.21 (0.22)
4	1.06 (0.30)	1.06 (0.23)	0.81 (0.25)	0.38 (0.16)	0.42 (0.12)	0.21 (0.20)
5	1.04 (0.27)	1.06 (0.22)	0.83 (0.25)	0.37 (0.15)	0.43 (0.11)	0.23 (0.18)
6	1.04 (0.25)	1.05 (0.20)	0.85 (0.2)	0.37 (0.13)	0.43 (0.10)	0.23 (0.18)
7	1.05 (0.24)	1.06 (0.18)	0.87 (0.24)	0.39 (0.13)	0.43 (0.10)	0.25 (0.17)
8	1.06 (0.22)	1.06 (0.18)	0.89 (0.25)	0.39 (0.12)	0.43 (0.10)	0.26 (0.17)
9	1.07 (0.20)	1.08 (0.17)	0.91 (0.27)	0.40 (0.11)	0.43 (0.10)	0.26 (0.18)
10	1.08 (0.19)	1.09 (0.17)	0.91 (0.26)	0.39 (0.11)	0.44 (0.12)	0.26 (0.18)
全相の平均値	1.09 (0.06)	1.07 (0.01)	0.85 (0.04)	0.40 (0.02)	0.42 (0.02)	0.23 (0.03)
動作による主効果		$NS \cdot FS > BS^*$			$NS \cdot FS > BS^*$	

\* : p < 0.05

る主効果(F = 12.846, p < 0.001) は,第1相より第6~10相,第2,3相より第7~10相,第4相より第9,10相,第5,6相より第10相で有意に筋活動量が多かった。外側広筋の相による主効果(F = 31.725, p < 0.001) は,第1相より第5~10相,第2,3相より第6~10相,第4,5相より第8~10相,第6,7相より第9,10相で有意に筋活動量が多かった。

前脛骨筋では、交互作用はみられなかったが、

動作による主効果と相による主効果を認めた。相による主効果(F=11.624, p<0.001)は、第 1 相より第 6  $\sim$  10 相、第 2 相より第 7  $\sim$  10 相、第 3 相より第 8  $\sim$  10 相、第 4 相より第 9,10 相、第 5,6 相より第 10 相で有意に筋活動量が多かった。動作による主効果(F=3.833, p<0.005)は、FSより NS、NSより BSで有意に筋活動量が多かった。

表 3 各スクワット動作における各筋活動量の平均値(標準偏差) [%] 4 5 9 2 3 6 7 8 4.47 5.33 5.63 5.69 7.27 5.07 6.64 8.53 8.18 (0.69)(1.81)(0.97)(1.87)(2.29)(4.53)(4.62)(5.98)(3.85)4.85 4.99 6.70 5.63 6.02 6.59 7.04 7.95 8.67 (1.12)(1.37)(4.52)(2.09)(2.30)(3.75)(3.12)(5.24)(5.34)5.43 5.75 6.69 7.47 7.85 11.75 11.16 6.81 11.97 (1.76)(2.44)(3.25)(3.07)(3.91)(5.27)(10.06)(9.30)(10.50)IV V VI VI VI VI n.s. n.s. n.s. 10.95 12.71 14.26 15.84 17.56 20.40 22.46 22.94 23.56 (12.30)(4.98)(5.02)(5.56)(6.85)(5.92)(8.62)(11.77)(8.61)

16.70

(4.71)

10.93

(3.62)

VI

14.39

(7.92)

11.71

(3.93)

8.59

(2.60)

IV

14.16

(9.80)

17.34

(8.66)

VI

16.42

(4.65)

15.22

(8.92)

VI

13.28

(4.95)

14.88

(5.80)

10.90

(4.11)

V

13.81

(10.63)

24.09

(9.38)

VΙ

21.41

(9.04)

16.83

(7.75)

n.s.

15.85

(7.54)

14.92

(6.43)

11.14

(4.77)

17.02

(14.55)

25.68

(13.32)

n.s.

(4.03)3.01 4.17 5.01 8.54 8.42 9.11 10.16 前脛骨筋\* FS (1.38)(3.87)(5.87)(12.67)(13.50)(15.11)(15.86)13.83

(10.27)

IV

15.41

(6.89)

10.43

(4.79)

Ш

7.37

(2.61)

9.21

(4.35)

7.29

(2.68)

Ш

7.24

多重比較: Bonferroni 法での多重比較検定にて、相ごとに筋活動量を比較した結果.

12.63

(4.95)

8.24

(2.71)

Ш

7.37

(2.61)

9.21

(4.35)

7.29

(2.68)

Ш

6.16

(3.65)

14.11

(11.44)

Ш

n.s.: 他の相との比較でいずれも p > 0.05 (not significant), I:第5  $\sim 10$  相すべてに対して p < 0.05,

II: 第6~10相すべてに対してp<0.05, III: 第7~10相すべてに対してp<0.05,

IV: 第8  $\sim$  10 相すべてに対して p < 0.05, V: 第9  $\sim$  10 相すべてに対して p < 0.05, VI: 第10 相に対して p < 0.05

16.06

(5.44)

10.69

(2.77)

V

9.93

(4.33)

12.05

(6.22)

9.80

(2.54)

IV

9.19

(7.38)

15.87

(8.58)

V

\*:動作による主効果あり(p < 0.05). Bonferroni 法での多重比較検定にて、BS、NS、FS の順に有意に筋活動量が多い。

### 考察

NS

FS

BS

NS

FS

BS

NS

FS

BS

NS

BS

8.24

(2.63)

7.72

(2.92)

Ш

6.08

(1.95)

7.48

(1.20)

6.64

(1.63)

6.31

(4.49)

8.38

(4.14)

Ш

大腿直筋

多重比較

内側広筋

多重比較

外側広筋

多重比較

多重比較

1. 下肢関節角度の関係と下肢関節間の運動比 率

図2より股関節と膝関節の直線回帰式の勾配 は、NSが1.05、FSが1.08、BSが0.91であり、BS が最も低値であった。図3より股関節と足関節 の直線回帰式の勾配は、NS が 0.39、FS が 0.44、 BSが 0.27 であり、股関節と膝関節の勾配同様、 BSが最も低値であった。

また3条件のスクワット動作における股関節屈 曲角度に対する膝関節屈曲角度および足関節背屈 角度の比率は動作を通じて一定であった。膝/股 比の平均値は、NS が 1.09、FS が 1.07、BS が 0.85 であり、足/股比の平均値は、NSが 0.40、FSが 0.42. BS が 0.23 であった。両比とも BS が NS・

FS に比べて有意に低値であった。これより、す べての条件で下肢関節間の運動比率は動作を通じ て一定であったが、その値に関しては、NS・FS と BS 間に違いがあることが確認できた。

19.78

(7.52)

18.28

(6.30)

n.s.

20.08

(8.12)

17.70

(6.81)

14.24

(4.59)

n.s.

20.79

(21.63)

11.72

(16.04)

25.95

(11.09)

n.s

18.59

(5.78)

19.55

(6.79)

n.s.

20.17

(7.84)

18.89

(5.25)

17.73

(9.81)

n.s.

21.10

(20.38)

12.33

(13.36)

30.11

(12.74)

n.s.

10

10.36

(4.97)

9.01

(5.11)

14.22

(14.17)

n.s.

28.38

(14.87)

21.37

(8.43)

21.14

(7.55)

n.s.

21.83

(6.96)

18.44

(4.25)

21.43

(12.42)

n.s.

26.16

(22.57)

13.66

(14.44)

37.01

(15.72)

n.s.

直線回帰式の勾配と運動比率は、両者とも股関 節角度が決定するともう一方の関節角度が決定で きることから、両者は同一のものとして解釈でき ると考える。そこで、両者の結果を合わせて考察 を述べていく。

表1より股関節50° 屈曲位に到達した終了肢 位での膝関節・足関節の関節角度では、NSと FS 間には統計的有意差はみられなかった。しかし、 NS・FSとBS間では、膝関節屈曲角度と足関節 背屈角度は BS が NS・FS と比較して有意に低値 であった。直線回帰式は、股関節屈曲角度に比例

して変化する膝関節・足関節の関節角度を表しているため、回帰式の勾配は各条件における終了肢位での関節角度の違いを反映している。よって、終了肢位での各関節角度が有意に低値であったBSは、勾配に関してもNS・FSと比較して低値となったと考えた。運動比率でも同様に、膝/股比と足/股比ともに、BSがNS・FSに比べて低値であり、統計的な有意差も確認できた。

本研究のBSは、床面に対して下腿と体幹の傾 斜が並行な状態を保ちながら重心を後方に移動さ せるスクワット動作である。スクワット動作では その他の関節がすべて中間位と仮定すると、股関 節屈曲と足関節背屈が重心を前方に移動させる要 素、膝関節屈曲が重心を後方に移動させる要素で ある。そのため、BSでは前方への重心移動を極 力抑えることと、膝関節屈曲により重心を後方に 移動させることが運動戦略となると考えた。3条 件のスクワット動作の運動比率をみると、膝/股 比. 足/股比ともに NS・FS と比較して BS が有 意に低値であった。これより足/股比に着目する と、被験者らは、足関節の背屈角度を少なくする ことで、重心の前方移動を抑えたと考えた。また 膝関節の要素については、足関節の背屈角度が減 少した分だけ重心は後方に移動するため、NS・ FS同様に膝関節屈曲をするとより後方に重心は 移動してしまう。そこで重心を後方に移動させる 要素である膝関節の屈曲角度を少なくすることで バランスを保とうとしたと考えた。

ここで、NS・FSでは、股関節屈曲角度と膝関節屈曲角度の比がおおよそ 1.1、股関節屈曲角度と足関節背屈角度の比がおおよそ 0.4 であるため、股関節が 5° 屈曲すれば、膝関節は 5.5° 屈曲し、足関節は 2° 背屈することが示唆された。

一方 BS に関しては、股関節屈曲角度と膝関節屈曲角度の比はおおよそ 0.9、股関節屈曲角度と足関節背屈角度の比がおおよそ 0.2 であるため、股関節が 5° 屈曲すれば、膝関節は 4.5° 屈曲し、足関節は 1° 背屈することが示唆された。

## 2. 筋活動量の特性

本研究では被験者の快適速度でスクワット動作を実施している。試行時間は、NSがFS・BSより有意に短かった。同一条件のスクワット動作で

その速度を変えて筋活動量の違いを検討した先行研究 <sup>17)</sup>では、大殿筋、中殿筋、半膜様筋および大腿二頭筋は、動作速度が速いほどより大きな筋活動量を要したが、大腿直筋、内側広筋、外側広筋は速度の違いによる有意差は認められなかったと報告している。しかし、今回は異なる条件のスクワット動作間の比較であるため、一概に動作速度だけでは筋活動量を比較できないと考える。そのため、今回は各スクワット動作の特性を考慮して考察していく。

大腿直筋,内側広筋,外側広筋については,交 互作用と動作による主効果はみられなかったが, 相による主効果がみられた。これらの3筋は股関 節の屈曲角度が増すにつれて筋活動量が増加し た。重心位置の異なる条件下での体幹を垂直位に 保ったスクワット肢位における筋活動量に関する 報告<sup>9)</sup>では,重心が後方に移動したスクワット肢 位で,大腿直筋,内側広筋,外側広筋は有意に筋 活動量が増加し,また,膝関節の屈曲角度が増す につれて,筋活動量が増加していた。スクワット 肢位を深くしていくと筋活動量が増すという点に おいては本研究の結果と同様であるといえる。

しかし、本研究で行った重心位置の条件をかえた3つのスクワット動作においては、上記の3筋の筋活動量は動作間に有意差はみられなかった。これは、スクワット動作時の体幹の傾斜角度(股関節の屈曲角度)の影響によると考えた。先行研究<sup>9)</sup>では体幹を垂直位に保ったまま重心を後方に移動させていたため、股関節の伸展トルクと膝関節の屈曲トルクが増加したことで、大腿直筋や広筋群の遠心性の収縮が増したと考える。一方、下腿の傾斜と体幹の傾斜をなるべく同じようにスクワット動作をさせた本研究では、先行研究<sup>9)</sup>と異なり、重心を後方に移動させた場合でも股関節の伸展トルクと膝関節の屈曲トルクは過剰に増加しなかったことで、有意な筋活動量の増加がみられなかったと考えた。

前脛骨筋については、交互作用はみられなかったが、相による主効果と動作による主効果がみられた。相による主効果は、大腿直筋、内側広筋、外側広筋と同様、股関節の屈曲角度が増すにつれて筋活動量が増加していった。各スクワット動作

中の最大% MVC は、NS が約25%、FS が約15%、BS が約35%で、最もBS で筋活動量が多かった。これは、重心が後方に移動することで、外部モーメントの底屈モーメントが増加し、前脛骨筋の遠心性収縮の活動が増加したためと考えた。

本研究では、スクワット動作の開始から終了に かけて. 下肢の前面に位置する大腿直筋や内側広 筋、外側広筋、前脛骨筋の活動が有意に増加した が、後面に位置する大腿二頭筋や半腱様筋、腓腹 筋の活動は動作を通じて有意な変化はないことが 確認できた。ハムストリングスは、スクワット動 作では一定の強度で働いていることが重要である と報告されている 18)。本研究でも、大腿二頭筋 と半腱様筋は動作を通じて筋活動量が増加するこ となく、一定の筋活動量を維持していた。真鍋 ら 10) は、本研究と同様に体幹を傾斜させて重心 位置の条件をかえたスクワット動作中の筋活動を 測定し、腓腹筋の筋活動量は条件間で有意差はな く. すべての条件で低値であったと報告している。 本研究でも、動作を通じて腓腹筋の筋活動量は一 定であり,真鍋らと同様の結果になった。よって, スクワット動作遂行中(股関節が $0 \sim 50$ ° まで屈 曲する間)は、腓腹筋の筋活動量がほとんど変化 しないと考える。

## VI 本研究の臨床応用

健常成人男性を対象にして実施した本研究のスクワット動作においては、股関節、膝関節、足関節が常に一定の比率で運動することが確認できた。 $NS \cdot FS$  では、股関節が $5^\circ$  屈曲すれば、膝関節は $5.5^\circ$  屈曲し、足関節は $2^\circ$  背屈することが示唆された。BS では、股関節が $5^\circ$  屈曲すれば、膝関節は $4.5^\circ$  屈曲し、足関節は $1^\circ$  背屈することが示唆された。

また本研究のスクワット動作において,動作開始から終了にかけて下肢前面の筋(大腿直筋,内側広筋,外側広筋,前脛骨筋)が有意に活動を増加させ,股関節の屈曲角度が増すにつれて筋活動量も増加するという規則的な変化がみられた。とりわけ前脛骨筋は、後方へ重心を移動させて行うスクワット動作ほど筋活動量が有意に高値であっ

た。

たとえば、靴を履く際や下にある物を拾う際な どのしゃがみ込み動作で疼痛や不安定感。関節可 動域制限を訴える患者に対して、本研究で設定し た条件でスクワット動作を実施してもらう。そこ で、上記に示した下肢関節間の運動比率から逸脱 する場合. いろいろな問題点が考えられるが、筋 の要素としては本研究結果からは、大腿直筋や内 側広筋, 外側広筋, 前脛骨筋の筋活動に何らかの 問題が生じている可能性が示唆される。また、特 にBSで運動比率の明らかな破綻がみられた場合 は、特に前脛骨筋の筋活動量が、何らかの要因に よって不十分となっていると考える。そのため. このような場合はその他の関節や筋に対しての治 療も考慮しなければならないが、本研究結果から は特に前脛骨筋の筋活動量を高めることが、前述 のようなしゃがみ込み動作における疼痛や不安定 感等を改善するための治療選択肢の一つになりう ると考える。

### 文 献

- 田上義之:スクワット動作における協調性.東北文 化学芸大学 リハビリテーション学科 紀要 第2巻 第 1号:27-37,2006.
- F Lacquaniti, R Grasso, M Zago: Motor Patterns in Walking. News Physiol. Sci, 14: 168–174, 1999.
- R Grasso, L Bianchi, F Lacquaniti: Motor Patterns for Human Gait-Backward Versus Forward Locomotion. J Neurophysiol 80: 1868–1885, 1988.
- 4) 竹井仁, 根岸徹, 中俣修, 他: MRIによる股関節屈曲 運動の解析. 理学療法学29(4):113-118,2002.
- 5) 竹井仁: 仙腸関節はどれだけ可動するのか. 理学療 法ジャーナル40(6): 477-486, 2006.
- 6) 竹井仁, 宇佐英幸, 根岸徹, 他: MRI(磁気共鳴画像) による背臥位での両股関節屈曲運動の解析—仙腸 関節・腰仙関節・腰椎椎間関節の関与について—. 理学療法学33(7): 363-369, 2006.
- Inman V T, Saunders J B M, Abbott L C: Observations of the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg, 26A: 1–30, 1944
- 8) 竹井仁, 根岸徹, 後藤保正, 他: MRIによる肩関節屈 曲運動の解析. 日本保健科学学会誌14(1):13-23, 2011.

- 9) 池添冬芽, 市橋則明, 森永敏博: スクワット肢位にお ける足圧中心位置の違いが下肢筋の筋活動に及ぼ す影響. 理学療法学, 30(1): 8-13, 2003.
- 10) 真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣貢:動作形態の異なるスクワットが股関節と膝関節まわりの筋の活動および関節トルクに与える影響. 体力科学, 53:321-336, 2004.
- 11) Gaston Ariel Nishiwaki, Yukio Urabe, Kosuke Tanaka: EMG Analysis of Loweer Extremity Muscles in Three Different Exercises. J Jpn Phys Ther Assoc, 9:21–26, 2006.
- 12) 市橋則明,吉田正樹,篠原英記,他:スクワット動作の筋電図学的考察.理学療法学,19(5):487-490,1992.
- 13) Felipe S J, Maira R R, Marcio M, et al.: Optimization proposal for squatting exercise-An EMG analysis. J Phys Educ Sport Manag, 2(4), 37–43, 2011.
- 14) Yiu-Ming Wong, Rachel K S, Christopher M P: The

- VMO-VL activation ratio while squatting with hip adduction is influenced by the choice of recording electrode. Journal of Electromyoraphy and Kinesiology 23: 443–447, 2013.
- 15) Valdeci C D, Gil L A, Marcos D, et al.: Kinematic Kinetic and EMG patterns during downward squatting. Journal of Electromyoraphy and Kinesiology 18:134-143, 2008.
- 16) 下野俊哉: 表面筋電図マニュアル 基礎・臨床応用. 酒井医療株式会社, 東京, 2010.
- 17) 池添冬芽, 市橋則明, 万久里知美, 他: スクワット動作における速度の違いが下肢筋の筋活動量に及ぼす影響について. 運動・物理療法, 11(1): 51-57, 2000.
- 18) Brad J S: Squatting Kinematics and Kinetics and their application to exercise performance. J Strength Cond Res, 24(12): 3497–3506, 2010.

**Abstract**: The purpose of this study was to show the relationship and the definite flexion angle proportion among the lower limb joint angles and the characteristics of muscle activity in different squatting conditions. The subjects were eight healthy men. Exercise tasks were squatting in three CFP (center of foot pressure) positions; 1:neutral, 2:forward and 3:backward. As a result, the relationships between two specific flexion angles (knee joint vs. hip joint, and ankle joint vs. hip joint) were shown in linear regression equation in every CFP position. The flexion angle proportion of the knee and ankle joint angle to the hip joint angle (knee to hip ratio, ankle to hip ratio) remained constant, but the value differed according to the CFP positions. The above mentioned proportions were 1.1 and 0.4 respectively in conditions 1 and 2, but were 0.9 and 0.2 in conditions 3. Muscles activity of rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, and tibial anterior effectively increased throughout the motion in every condition. There was a difference among the motions only in the tibial anterior. The muscle activity was significantly higher in order of conditions 2,1,3. The above results suggest that there were the definite flexion angle proportions between lower limb joint angles during squatting, but the value of flexion angle proportion differed depending on the CFP positions and the value of the backward squatting was smaller than the value of the neutral and forward squatting.

**Key words**: Squat, Muscle activity, Flexion angle proportion

(2014年11月26日 原稿受付)

#### ■原著

# Effects of hassles related to wheeled walking aid use on frequency of outings and quality of life among the elderly living at home

Teppei Mihara<sup>1,2</sup>, Masafumi Kirino<sup>3</sup>, Takashi Murakoso<sup>3</sup>, Jin Sun Park<sup>4</sup>, Tadahide Okuno<sup>2</sup>, Kazuo Nakajima<sup>5</sup>

**Abstract**: This study was conducted to identify effects of hassles related to wheeled walking aid use on the frequency of outings and quality of life (QOL) of elderly individuals using wheeled walking aids. In total, 219 elderly individuals living at home participated in this survey. These respondents used the Community General Support Centers in Prefecture A and used wheeled walking aids when going out. Survey items included the following: subjects' gender; age; family composition; place of residence; physical fitness; type of wheeled walking aid currently used; frequency of outings using wheeled walking aids; frequency of hassles associated with wheeled walking aid usage and negative feelings toward these hassles; and QOL. In this study, cause-and-effect relationship models were hypothesized: (1) wheeled walking aid-related hassles affect the frequency of outings using a wheeled walking aid through negative feelings associated with the use of a wheeled walking aid and (2) the frequency of outings has an effect on QOL. Structural equation modeling was used to confirm that the data generally fit this cause-and-effect relationship model. Results suggested that in order to promote a higher frequency of outings among the elderly using wheeled walking aids, hassles attributable to wheeled walking aid and negative feelings toward these hassles (e.g., "psychological stresses about wheeled walking aid use," "instability," "difficulties with storage," "difficulties with operation," and "difficulties with sitting") must be minimized.

Key words: The Elderly, Wheeled walking aid, Frequency of outings, QOL

<sup>1</sup> Graduate school of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University

<sup>2</sup> Department of Design and Technology, Faculty of Design, Okayama Prefectural University

<sup>3</sup> Department of Health and Welfare, Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University

<sup>4</sup> School of Social and Child Welfare, College of Health and Welfare, Woosong University

<sup>5</sup> RYOBI General Research Institute of Community Care

#### **I** Introduction

The going-out rate of community-dwelling residents (the ratio of the number of individuals who went out of their homes to that of the total population) and the number of trips (the number of times a person goes from one place to another with a certain purpose) dramatically declines in the age hierarchy from 60 years old<sup>1)</sup>. This decrease in goingout rate and number of trips observed in the elderly suggest decrease in the frequency of purposeful outings<sup>2, 3)</sup>. Previous studies have demonstrated that the decreased frequency of outings in the elderly is closely related to personal factors such as decreased physical fitness and a decreased need to leave home as well as environmental factors such as the use of a walking aid and the walking environment of the community  $^{4\sim10)}$ . Walking aids that are typically used by the elderly include canes, walkers, and wheeled walking aids. Wheeled walking aids, including the traditional Japanese 'silver carts', are used by elderly in Japan<sup>7)</sup>. This study adopted the following definition wheeled walking aids: a walking aid with two or more wheels that ambulatory elderly individuals use to walk, carry items, or rest when going out from their home. In other words, a wheeled walking aid is not only a walking aid for persons who experience ambulatory disabilities, but also includes functions for carrying items (e.g. when shopping) and a seat for resting (the seat is not designed for moving while seated). According to an approval announcement by the Consumer Product Safety Association, the number of approved wheeled walking aids in Japan increased from approximately 225,000 in 2000 to approximately 400,000 in 2010. The rate of use of wheeled walking aids among the elderly aged ≥65 years increased from 5.7% in 2000 to 6.4% in 2010; this clearly demonstrates that wheeled walking aids are widely used in Japan. Because an increase in outing opportunitues to improve QOL in the elderly 12, 13, it is speculated that demands for wheeled walking aids for such individuals will continue to increase in the future.

In Japan, wheeled walking aids are intended for the elderly who can walk independently and are thus not covered except for the model of the part by long-term care insurance. Therefore, private enterprises emphasize on the "lightness, stability, and price" of their wheeled walking aids as selling points. As a result, there is no great progress against the expansion of the market. However, in Japan, it has implemented a welfare policy that has the goal of 2025, which aims to build a "comprehensive community care system" that provides integrally a dwelling, medical care, nursing care, prevention and life support 14). This means a transformation of policy to home care from the facility care, along with the increase burden on family, is expected to promote the self-reliance of the elderly themselves. From the perspective of the social welfare, Identifying effects of daily hassles associated with wheeled walking aid usage on the frequency of outings among the elderly may offer significant suggestions for wheeled walking aid design. Moreover, these observations can serve as important information for building safe communities for the elderly in aging societies.

Therefore, this study aimed to identify effects of hassles experienced by the elderly when using a wheeled walking aid on the frequency of their outings and their QOL. With the results of this study, it is possible to obtain basic information about developing safe and highly functional wheeled walking aids contributes to keeping and the improved QOL of the community-dwelling elderly residents.

#### II Methods

#### 1. Participants

Participants for this study were selected from 38 locations that agreed to participate of 61 Community General Support Centers in Prefecture A. Surveyors (Persons with social welfare professional qualifications who work at the above mentioned center) individually explained the purpose of the

study to 305 elderly participants (aged  $\geq 65$  years),

who both regularly visited the above-mentioned centers and used wheeled walking aids, and then requested their participation in the study. Eventually, 219 individuals agreed to participate in this study. This study was reviewed by the Okayama Prefectural University Ethics Committee (No. 286).

#### 2. Procedure

The surveyor distributed a self-administered survey form and this surveyor collected it one month later. Survey questions included subjects' gender, age, family composition, place of residence, physical fitness, type of wheeled walking aid currently used, frequency of outings using a wheeled walking aid, frequency of hassles associated with wheeled walking aid usage as well as the cognitive stress experienced because of these hassles, and QOL.

Considering the influence that family composition has on the degree of support for the elderly in going out, responses to the "family composition" question were divided into following groups: (1) "single-person household" and "married-couple households" where little familial assistance can be expected (hereafter "elderly households"); (2) "two-generation households"; (3) "three-genera-

tion households"; and (4) "other households," where a considerable amount of familial assistance can be expected (hereafter "other households").

Answer choices for the "place of residence" question were "residential area," "urban area," "rural area," "industrial area," and "other areas."

Physical fitness was measured using "Motor Function Scale," the ninth item of the "Tentative Measures of Functional and Structural Integrity" developed by Futoyu et al<sup>15)</sup>. A dichotomous scale [1 point: yes (can); 0 point: no (cannot)] was used for these questions. The construct validity and reliability of this scale has already been verified by its developers.

Participants selected the type of wheeled walking aid that they used on a daily basis from the sample types presented in **Figure 1**. Answers to "frequency of outings using a wheeled walking aid" were based on wheeled walking aid usage over the past month (four options; 0 point: less than once per month; 1 point: about once per week; 2 points: about once every two or three days; 3 points: daily).

Thirty-six hassles experienced by elderly individuals when using a wheeled walking aid (hereafter "wheeled walking aid-related hassles") were uniquely identified on the basis of preliminary in-



Figure 1 Types of wheeled walking aids used by participants

terviews conducted by the present study's authors. A dichotomous scale was used to ask whether or not participants had experienced these wheeled walking aid-related hassles (1 point: yes; 2 points: no). Furthermore, three answer options were provided for the cognitive stress that participants experienced because of these hassles (hereafter "negative feelings regarding wheeled walking aid use") (0 point: no stress, 1 point: some stress, 2 points: considerable stress).

The Revised Health-Related QOL Satisfaction Scale developed by Kirino et al. was used to measure QOL<sup>16</sup>. Three answer options were provided (2 points: yes, 1 point: neither yes nor no, 0 point: no). The construct validity and reliability of this scale has already been verified by its developers.

The survey was conducted over three months, from January to March 2013. Of 219 survey forms collected, data from 204 forms, which had no missing values for questions such as gender or age, were used in analysis.

#### 3. Statistical analysis

To build a measurement scale for wheeled walking aid-related hassles, the content validity of the scale was first analyzed using exploratory factor analysis (promax rotation)<sup>17)</sup>. Wheeled walking aid-related hassles experienced by  $\geq 90\%$  or < 10% of participants were excluded from this exploratory factor analysis because there is a risk of multicollinearity and unicity. Items with a factor loading of  $\geq 0.4$  were used to interpret factors. Conversely, items with a factor loading of < 0.4 or items that had a factor loading of  $\geq 0.4$  on two or more factors were considered to not load on any factor and therefore excluded from the scale.

Second, using items and factors selected through the abovementioned process as references, the construct validity of the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" in a factorial structure model was assessed using confirmatory factor analysis<sup>18)</sup>. A second-order factor model using factors obtained through the confirmatory factor analysis

ysis as first-order factors and "wheeled walking aid-related hassles" as second-order factor was hypothesized as the factorial structure model of the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale."

The "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale," which measures the cognitive stress<sup>19)</sup> caused by wheeled walking aid-related hassles, was also developed, and its reliability was assessed. The same factorial structure model (the number of factors and their component items) as the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" was hypothesized as the factorial structure model of the "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale." The construct validity of the scale in that factorial structure model was assessed using confirmatory factor analysis.

The reliability of the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" was determined using the Kuder-Richardson Formula 20 (KR-20), whereas the reliability of the "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale" was determined using Cronbach's coefficient alpha.

The conformability to the data and the relation between variables to the causality model who supposed ("wheeled walking aid-related hassles" and "negative feelings regarding wheeled walking aid use" influenced "QOL" via "frequency of outings using a wheeled walking aid") were considered by a structure equation modeling<sup>20)</sup>. To avoid making the model overly complex and to obtain a stable estimate with the abovementioned analysis, cumulative total scores were used for items of "wheeled walking aid-related hassles," "negative feelings regarding wheeled walking aid use," "QOL," and "physical fitness," which comprised primary factors. Control variables in this model were gender, age, family composition, and physical fitness of participants.

In all above statistical analyses, tetrachoric (polychoric) correlation was used to calculate correlation coefficients between dichotomous (polytomous) items, and the weighted least squares

method adjusted for means and variances (WLSMV) was used to estimate parameters<sup>21)</sup>. Three indices of fit are the Comparative Fit Index (CFI), the Tucker-Lewis Index (TLI), and Root Mean Square Error Approximation (RMSEA). In general, the proposed model is accepted when CFI and TLI are  $\geq 0.90^{22}$ . RMSEA is an index that refers to the magnitude of discrepancy per degree of freedom, and values closer to zero indicate a stronger fit. In the factorial structure model, based on the value of the unstandardized coefficient divided by its standard error, standardized coefficients (path coefficients) with an absolute value of  $\geq 1.96$ (5% significance level) were determined to be statistically significant<sup>23)</sup>. The software used was Mplus Version 2.14<sup>24</sup>.

#### III Results

#### 1. Distribution

Demographics of participants are presented in **Table 1**. Participants comprised 17 males (8.3%) and 187 females (91.7%). Mean age was 84.0 years (standard deviation: 6.0, range: 65-98 years). Twelve participants were aged 65-74 years (5.9%), and 192 were aged  $\geq 75$  years (94.1%). Ninety-three participants lived alone (45.6%), 29 lived with their spouses (14.2%), 46 lived in two-generation house-

holds (22.6%), 27 lived in three-generation households (13.2%), and 9 lived in other households (4.4%). Half participants (n = 102) lived in residential areas, and 83 (40.7%) lived in rural areas.

The distribution of answers for physical fitness is presented in **Table 2**. The average cumulative score on the motor function scale was 1.2 points (standard deviation: 1.5, range: 0–8 points). This value suggests participants experienced difficulties mobilizing without assistive devices.

Types of wheeled walking aid currently used by participants are presented in **Table 3**. Seventy-seven participants (37.7%) used a large silver car, 26 (12.7%) used a compact silver car, 67 (32.8%) used a rollator with handles, 29 used a basic rollator (14.2%), and 5 (2.5%) used a four-wheeled shopping cart. Among participants other types of wheeled walking aids were not used. The frequency of wheeled walking aid use on outings is presented in **Table 4**. Eight participants (3.9%) used a wheeled walking aid "less than once a month," 25 (12.3%) used one "about once per week," 42 (20.1%) used one "about once every two or three days," and 130 (63.7%) used one "daily."

The distribution of answers regarding "wheeled walking aid-related hassles" and "negative feelings regarding wheeled walking aid use" is presented

Table 1 Demographic distribution of participants (n = 204)

		Units:Participants(%				
Gender	Male	17	(	8.3	)	
	Famale	187	(	91.7	)	
Age	65-74 years old	12	(	5.9	)	
	≥75 years old	192	(	94.1	)	
	Mean ± Standard deviation(range)	84.0±6.0	84.0±6.0 ( 65~98years			
Family	Single-person household	93	(	45.6	)	
	Married-couple household	29	(	14.2	)	
	Two-generation household	46	(	22.6	)	
	Three-generation household	27	(	13.2	)	
	Other household	9	(	4.4	)	
Place of	Residential area	102	(	50.0	)	
	Urban area	14	(	6.9	)	
	Rural area	83	(	40.7	)	
	Other area	5	(	2.5	)	

Table 2 Distribution of answers regarding participants' physical abilities (n = 204)

			Units:	Participants(%)			
	Item		Respons	e categories			
	iteiii		Yes	No			
a1	Can jump	7	( 3.4	) 197 ( 96.6 )			
a2	Can speed up and overtake other people who are walking	7	( 3.4	) 197 ( 96.6 )			
a3	Can walk continuously for 30 min or longer	50	( 24.5	) 154 ( 75.5 )			
a4	Can carry a full bucket of water	10	( 4.9	) 194 ( 95.1 )			
a5	Can lift a 10-kg bag of rice	18	( 8.8	) 186 ( 91.2 )			
a6	Can pick up a fallen bicycle	22	( 10.8	) 182 ( 89.2 )			
a7	Can open the lids of jars such as jam jars	88	( 43.1	) 116 ( 56.9 )			
a8	Can stand up from a chair with no hand support	26	( 12.7	) 178 ( 87.3 )			
a9	Can stand on tiptoes without holding onto anything	9	( 4.4	) 195 ( 95.6 )			
	Mean ± Standard deviation(range) 1.2±1.5 (0~8 point)						

Table 3 Distribution of answers regarding the types of wheeled walking aid currently used by participants (n = 204)

		Units: Participants(%)
Type of wheeled walking aid	Large silver car	77 ( 37.7 )
	Compact silver car	26 ( 12.7 )
	Rollator with handles	67 ( 32.8 )
	Basic rollator	29 ( 14.2 )
	Four-wheeled shopping car	t 5 ( 2.5 )

Table 4 Frequency of outings during which participants used a wheeled walking aid (n = 204)

		Inite: Deutinia anta (0/)
		Jnits: Participants(%)
Frequency of outings using a	Less than once per month	8 ( 3.9 )
wheeled walking aid	About once per week	25 ( 12.3 )
	About once every two or three da	ys 41 ( 20.1 )
	Daily	130 ( 63.7 )

in **Table 5**. Three wheeled walking aid-related hassles that were most prevalent were "b34: It is difficult to carry when it is folded up" (38.7%), "b35: It is difficult to fit into a car" (38.7%), and "b36: There is no place to accommodate it when travelling in public transportation" (38.2%). In contrast, the least experienced hassle was "b18: The positioning of the brake is not good" (1.5%). The feature that most frequently caused participants "considerable stress" or "some stress" was "b1: I feel sad that it is hard to go out on a walk without using a wheeled walking aid" (20.6%). However, participants were not bothered by "b18: The positioning of the brake

is not good" (1.5%), "b17: The brake does not respond well" (2.0%) and "b20: It is hard to understand how to operate it" (2.0%).

The distribution of answers regarding QOL is summarized in **Table 6**. The average cumulative score on the QOL scale was 11.0 points (standard deviation: 5.7, range: 0-24). This result suggests that subject is not an extreme group.

#### 2. Development of scale of measurement

Development steps in the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" to measures the wheeled walking aid-related hassles and "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use

Table 5 Distribution of answers on wheeled walking aid-related hassles (n = 204)

		Units: Participants (%) Hassle
	Item	Yes No
b1	I feel depressed that it is hard to go out on a walk without using a wheeled walking aid	54 ( 26.5 ) 150 ( 73.5 )
b2	It ruins my reputation	23 ( 11.3 ) 181 ( 88.7 )
b3	Other people do not understand (removed)	16 ( 7.8 ) 188 ( 92.2 )
b4	I have no support from people around me	25 ( 12.3 ) 179 ( 87.7 )
b5	It has poor functionality	21 ( 10.3 ) 183 ( 89.7 )
b6	It is not very portable	45 ( 22.1 ) 159 ( 77.9 )
b7	I do not like the design (removed)	12 ( 5.9 ) 192 ( 94.1 )
b8	I do not like the color (removed)	11 ( 5.4 ) 193 ( 94.6 )
b9	Expensive	32 ( 15.7 ) 172 ( 84.3 )
b10	It is not suited to my body type (removed)	13 ( 6.4 ) 191 ( 93.6 )
b11	It is not suited to my health (removed)	10 ( 4.9 ) 194 ( 95.1 )
b12	It is heavy and difficult to move (removed)	17 ( 8.3 ) 187 ( 91.7 )
b13	It is big and difficult to move (removed)	18 ( 8.8 ) 186 ( 91.2 )
b14	I cannot lift the front wheels over steps	41 ( 20.1 ) 163 ( 79.9 )
b15	The steering is not intuitive	30 ( 14.7 ) 174 ( 85.3 )
b16	The position of the handles is not good (removed)	9 ( 4.4 ) 195 ( 95.6 )
b17	The brake does not respond well (removed)	5 ( 2.5 ) 199 ( 97.5 )
b18	The position of the brake is not good (removed)	3 ( 1.5 ) 201 ( 98.5 )
b19	It gets in the way of moving my feet (removed)	14 ( 6.9 ) 190 ( 93.1 )
b20	It is hard to understand how to operate it (removed)	6 ( 2.9 ) 198 ( 97.1 )
b21	It is hard to latch the folding lock	23 ( 11.3 ) 181 ( 88.7 )
b22	It is hard to move with items on it	33 ( 16.2 ) 171 ( 83.8 )
b23	It is difficult to sit on it	31 ( 15.2 ) 173 ( 84.8 )
b24	It is light and unstable (removed)	15 ( 7.4 ) 189 ( 92.6 )
b25	It is small and unstable (removed)	15 ( 7.4 ) 189 ( 92.6 )
b26	It does not support my balance (removed)	13 ( 6.4 ) 191 ( 93.6 )
b27	I easily lose my balance on slopes (especially downward slopes)	47 ( 23.0 ) 157 ( 77.0 )
b28	I easily lose my balance on steps	51 ( 25.0 ) 153 ( 75.0 )
b29	I easily lose my balance when loading items	24 ( 11.8 ) 180 ( 88.2 )
b30	I easily lose my balance when I try to sit down	29 ( 14.2 ) 175 ( 85.8 )
b31	The folding lock unlatches unexpectedly (removed)	11 ( 5.4 ) 193 ( 94.6 )
b32	I cannot fold it	46 ( 22.5 ) 158 ( 77.5 )
b33	I cannot move it when it is folded	59 ( 28.9 ) 145 ( 71.1 )
b34	It is difficult to carry when it is folded	79 ( 38.7 ) 125 ( 61.3 )
b35	It is difficult to fit into a car	79 ( 38.7 ) 125 ( 61.3 )
b36	There is no place to take it on public transportation	78 ( 38.2 ) 126 ( 61.8 )

Note) grey shading : wheeled walking aid-related hassles experienced by ≥90% or <10% of participants.

Scale" to measures the cognitive stress caused by wheeled walking aid-related hassles is as follows.

As presented in **Table 5** and **Table 6**, ≥90% (or <10%) participants answered "yes" to 16 of 34 items that comprised wheeled walking aid-related hassles and Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid, including "b3: Other people do not understand," "b7: I do not like the design," and "b8: I do not like the color." Therefore, these 16

items were excluded from exploratory factor analysis (promax rotation) because there is a risk of multicollinearity and unicity, which was therefore conducted with remaining 20 items (**Table 7**).

On the basis of concordance (fit) of the data to the model (RMSEA = 0.048) and latent factor interpretations, five factors were considered as optimal solutions.

Items "b1: I feel sad that it is hard to go out on a

Table 6 Negative feelings regarding wheeled walking aid use (n = 204)

					Unit	s: P	articipa	ants (	%)
	Itom	Negative feelings N/A Some Considerable							_
	ltem			Some stress			Considerable stress		
b1	I feel depressed that it is hard to go out on a walk without using a wheeled walking aid	162 ( 79.4	)	32 (	( 15.7	)	10 (	4.9	)
b2	It ruins my reputation	185 ( 90.7	)	13	( 6.4	)	6 (	2.9	)
b3	Other people do not understand (removed)	190 ( 93.1	)	9	( 4.4	)	5 (	2.5	)
b4	I have no support from people around me	185 ( 90.7	)	16	( 7.8	)	3 (	1.5	)
b5	It has poor functionality	185 ( 90.7	)	15	( 7.4	)	4 (	2.0	)
b6	It is not very portable	174 ( 85.3	)	22	( 10.8	)	8 (	3.9	)
b7	I do not like the design (removed)	197 ( 96.6	)	4	( 2.0	)	3 (	1.5	)
b8	I do not like the color (removed)	197 ( 96.6	)	4	( 2.0	)	3 (	1.5	)
b9	Expensive	187 ( 91.7	)	14	( 6.9	)	3 (	1.5	)
b10	It is not suited to my body type (removed)	195 ( 95.6	)	8	( 3.9	)	1 (	0.5	)
b11	It is not suited to my health (removed)	198 ( 97.1	)	5	( 2.5	)	1 (	0.5	)
b12	It is heavy and difficult to move (removed)	188 ( 92.2	)	13	( 6.4	)	3 (	1.5	)
b13	It is big and difficult to move (removed)	188 ( 92.2	)	10	( 4.9	)	6 (	2.9	)
b14	I cannot lift the front wheels over steps	173 ( 84.8	)	26	12.7	)	5 (	2.5	)
b15	The steering is not intuitive	180 ( 88.2	)	17	( 8.3	)	7 (	3.4	)
b16	The position of the handles is not good (removed)	196 ( 96.1	)	6	( 2.9	)	2 (	1.0	)
b17	The brake does not respond well (removed)	200 ( 98.0	)	3	( 1.5	)	1 (	0.5	)
b18	The position of the brake is not good (removed)	201 ( 98.5	)	2	( 1.0	)	1 (	0.5	)
b19	It gets in the way of moving my feet (removed)	193 ( 94.6	)	8	( 3.9	)	3 (	1.5	)
b20	It is hard to understand how to operate it (removed)	200 ( 98.0	)	3	( 1.5	)	1 (	0.5	)
b21	It is hard to latch the folding lock	189 ( 92.6	)	10	( 4.9	)	5 (	2.5	)
b22	It is hard to move with items on it	177 ( 86.8	)	18	( 8.8	)	9 (	4.4	)
b23	It is difficult to sit on it	183 ( 89.7	)	17	( 8.3	)	4 (	2.0	)
b24	It is light and unstable (removed)	193 ( 94.6	)	8	( 3.9	)	3 (	1.5	)
b25	It is small and unstable (removed)	194 ( 95.1	)	7	( 3.4	)	3 (	1.5	)
b26	It does not support my balance (removed)	194 ( 95.1	)	6	( 2.9	)	4 (	2.0	)
b27	I easily lose my balance on slopes (especially downward slopes)	169 ( 82.8	)	22	( 10.8	)	13 (	6.4	)
b28	I easily lose my balance on steps	164 ( 80.4	)	28	13.7	)	12 (	5.9	)
b29	I easily lose my balance when loading items	186 ( 91.2	)	12	( 5.9	)	6 (	2.9	)
b30	I easily lose my balance when I try to sit down	182 ( 89.2	)	16	7.8	)	6 (	2.9	)
b31	The folding lock unlatches unexpectedly (removed)	197 ( 96.6		6	:	)	1 (		)
b32	I cannot fold it	195 ( 95.6	)	8	( 3.9	)	1 (	0.5	)
b33	I cannot move it when it is folded	192 ( 94.1	′	7	`	)	5 (		,
b34	It is difficult to carry when it is folded	177 ( 86.8			( 7.4	)	12 (		)
b35	It is difficult to fit into a car	159 ( 77.9			( 11.8	′		10.3	′
b36	There is no place to take it on public transportation	167 ( 81.9	′	18	•	)	19 (		)

Note) grey shading : wheeled walking aid-related hassles experienced by ≥90% or <10% of participants.

walk without using a wheeled walking aid," "b2: It makes me look bad," and "b4: Other people do not help me" comprised Factor 1. However, unlike other two items, the meaning of the item "b4: Other people do not help me" did not reflect the factor well, and hence, that item was excluded. Items that comprised Factor 1 were all related to psychological stresses that participants felt about using a wheeled walking aid; therefore, Factor 1 was named "psychological stresses about wheeled walking aid use." Factor 2 comprised three items, including "b27: I easily lose my balance on slopes

(particularly downward slopes)," "b28: I easily lose my balance on steps," and "b29: I easily lose my balance when loading items." These items all focus on balance while using a wheeled walking aid; therefore, Factor 2 was named "instability." Factor 3 comprised six items, including "b21: It is hard to latch the folding lock," "b32: I cannot fold it," and "b33: I cannot move it when it is folded." These items all relate to difficulties with storing or moving a wheeled walking aid; therefore, Factor 3 was named "difficulties with storage." Factor 4 comprised five items, including "b5: It has poor func-

Table 7 Distribution of answers regarding QOL (n = 204)

			Units: Par	ticipants (%)
	Question items	esponse categorie	es	
	Question items	Yes	Neither yes nor no	No
Р	Physical QOL:			
c1 A	are you satisfied with your physical condition?	23 ( 11.3	) 52 ( 25.5 )	129 ( 63.2 )
c2 A	re you satisfied with your fitness?	25 ( 12.3	) 43 (21.1)	136 ( 66.7 )
c3 A	are you satisfied with how your body movements?	18 ( 8.8	) 28 ( 13.7 )	158 ( 77.5 )
c4 A	are you satisfied with your ability to recover from fatigue?	22 ( 10.8	) 52 ( 25.5 )	130 ( 63.7 )
N	Mental QOL:			
c5 A	are you satisfied with your mental clarity?	52 ( 25.5	) 72 ( 35.3 )	80 ( 39.2 )
c6 A	re you satisfied with your own decision-making?	81 ( 39.7	) 72 ( 35.3 )	51 ( 25.0 )
c7 A	re you satisfied with your beliefs (principles)?	87 ( 42.6	) 68 ( 33.3 )	49 ( 24.0 )
c8 A	are you satisfied with your concentration when working on things?	86 ( 42.2	) 61 (29.9)	57 ( 27.9 )
S	Social QOL:			
c9 A	are you satisfied with your relationships with friends?	103 ( 50.5	) 56 ( 27.5 )	45 ( 22.1 )
c10 A	are you satisfied with your relationships with family and relatives?	121 ( 59.3	) 49 ( 24.0 )	34 ( 16.7 )
c11 A	are you satisfied with your relationships with neighbors and community members (center staff)?	105 ( 51.5	) 53 ( 26.0 )	46 ( 22.5 )
c12 A	are you satisfied with your relationships with the opposite sex?	42 ( 20.6	) 107 ( 52.5 )	55 ( 27.0 )
	Mean ± Standard deviation(range)	11	.0±5.7 (0~24 poi	nt)

Table 8 Results of exploratory factor analysis of items that comprise wheeled walking aid-related hassles (n = 204)

Factor name		ltem	Factor I	Factor II	Factor III	FactorIV	Factor V
	b1	I feel depressed that it is hard to go out on a walk without using a wheeled walking aid	0.927	-0.056	0.041	0.012	-0.053
Psychological stresses	b2	It ruins my reputation	0.835	0.212	-0.088	-0.148	0.198
51165565	b4	I have no supports from people around me	0.641	0.032	0.137	0.071	-0.032
	b27	I easily lose my balance on slopes (especially downward slopes)	0.158	0.689	-0.009	0.173	-0.182
Instability	b28	I easily lose my balance on steps	-0.026	1.004	-0.062	0.063	0.059
	b29	I easily lose my balance when loading items	0.166	0.680	0.082	0.037	0.049
	b21	It is hard to latch the folding lock	0.102	0.166	0.400	0.056	0.010
	b32	I cannot fold it	0.063	-0.160	0.871	-0.154	0.204
Difficulties with	b33	I cannot move it when it is folded	0.024	0.106	0.841	-0.133	0.061
storage	b34	It is difficult to carry when it is folded up	0.074	0.026	0.896	-0.039	-0.145
	b35	It is difficult to fit into a car	-0.159	-0.023	0.788	0.327	-0.040
	b36	There is no place to accommodate it when travelling in public transportation	-0.042	-0.015	0.785	0.135	-0.115
	b5	It has poor functionality	0.122	0.213	-0.175	0.779	-0.240
	b6	It is not very portable	0.183	-0.248	0.318	0.650	0.032
Difficulties with	b14	I cannot lift the front wheels over steps	-0.209	0.276	0.064	0.571	0.173
operation	b15	The steering is not intuitive	-0.194	0.095	0.088	0.837	0.144
	b22	It is hard to move with items on it	0.165	0.165	-0.061	0.520	0.135
	b9	Expensive	0.243	-0.219	-0.241	0.329	0.191
Difficulties with	b23	It is difficult to sit on it	0.082	-0.048	-0.041	0.065	0.979
sitting	b30	I easily lose my balance when I try to sit down	-0.004	0.337	0.080	0.018	0.562

Note) grey shading: Items with a factor loading of ≥0.4. The item b4 did not reflect the factor well, and hence, that item was excluded

tionality," "b6: It is not very portable," and "b14: I cannot lift the front wheels over steps." These items all relate to the operation of a wheeled walking aid; therefore, Factor 4 was named "difficulties with operation." Factor 5 comprised two items, including "b23: It is difficult to sit down" and "b30: I easily lose my balance when I try to sit down." These items all reflect instability experienced by participants when sitting down on a wheeled walk-

ing aid; therefore, Factor 5 was named "difficulties with sitting."

On the basis of abovementioned results of the exploratory factor analysis, construct validities of the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" and the "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale" in this factorial structure model were assessed using confirmatory factor analysis. A second-order factor model with the five

first-order factors of the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" generally fits with the data [ $\chi^2$  (df) = 62.314 (43), CFI = 0.962, TLI = 0.975, RMSEA = 0.047]. In addition, the KR-20 reliability coefficient of the scale was 0.819. The second-order factor model with the five first-order factors of the "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale" fits with the data [ $\chi^2$  (df) = 35.676 (26), CFI = 0.984, TLI = 0.987, RMSEA = 0.043]. Cronbach's alpha reliability coefficient of the scale was 0.859.

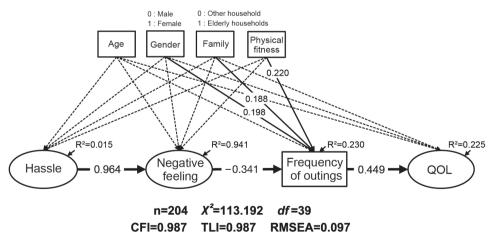
 Effects of wheeled walking aid -related hassles and negative feelings regarding wheeled walking aid use on frequency of outings and QOL

The concordance (fit) of the data to the cause-and-effect relationship model hypothesized in this study [ $\chi^2$  (df) = 113.192 (39), CFI = 0.987, TLI = 0.987, and RMSEA = 0.097] met generally acceptable statistical standards (**Fig. 2**). The contribution rate of "frequency of outings" was 23.0%, and the contribution rate of "QOL" was 22.5%.

A significant positive correlation was observed between "wheeled walking aid-related hassles" and "negative feelings regarding wheeled walking aid use" (path coefficient = 0.964). Moreover, a significant negative correlation was observed between "negative feelings regarding wheeled walking aid use" and "frequency of outings" (path coefficient = -0.341). Furthermore, a significant positive correlation was observed between "frequency of outings" and "QOL" (path coefficient = 0.449). The items, "gender," "physical fitness," and "family composition," which were introduced as control variables, revealed a statistically significant positive correlation with "frequency of outings" alone. Because statistically significant correlation had not been seen, item "Residential areas" and "Types of wheeled walking aid" were excluded from the control variable.

#### IV Discussion

This study aimed to identify effects of hassles experienced by the elderly when using a wheeled walking aid on the frequency of their outings and their QOL. This findings provide basic information that can be used for developing safe and highly functional wheeled walking aids contributes to keeping and the improved QOL of the community-dwelling elderly residents.



Note)

Figure 2 Effects of wheeled walking aid-related hassles and negative feelings regarding wheeled walking aid use on frequency of outings and QOL

<sup>1)</sup> To avoid overcomplicating the figure, the indicators (observable variables) of each latent variable and their respective errors are omitted.

<sup>2)</sup> Because wheel walking aid-related hassles and negative feelings share same items, a significant correlation was evident among errors of corresponding items.

As a first step in this study we have developed the "Wheeled Walking Aid-Related Hassles Scale" to measures the wheeled walking aid-related hassles and "Negative Feelings Regarding Wheeled Walking Aid Use Scale" to measures the cognitive stress caused by wheeled walking aid-related hassles. It confirmed the content validity by using the exploratory factor analysis in developing. Five factors that were identified were "psychological stresses about using a wheeled walking aid." "instability," "difficulties with storage," "difficulties with operation," and "difficulties with sitting." The concordance (fit) of the data from abovementioned scales to a second-order factor model with five factors identified as first-order factors and negative feelings regarding wheeled walking aid use as second-order factors was assessed using structural equation modeling. The construct validity of these scales in a factorial structure model was statistically supported. These results suggest that both scales developed in this study are each conceptually unidimensional. Scales that we developed for measuring wheeled walking aid-related hassles and negative feelings regarding wheeled walking aid use among the elderly could play an important role in wheeled walking aid development in the future. For example, "instability," "difficulties with storage," "difficulties with operation," and "difficulties with sitting" could yield valuable suggestions for developing better wheeled walking aids for elderly individuals. Although several previous studies associated with the wheeled walking aid have focused on the "stability" and "usability" of wheeled walking aids, very few studies have focused on "difficulties with storage" or "difficulties with sitting." "Psychological stresses about using a wheeled walking aid" is another important point that very few previous studies have identified. In future, it is necessary to eliminate these psychological stress by redesigning wheeled walking aids following recommendations that can be inferred from the measures.

Second, results of this study confirmed a cause-and-effect relationship, wherein wheeled walking aid-related hassles affected the frequency of outings as well as QOL through negative feelings associated with these hassles. The empirical findings are in line with the theory of stress with "wheeled walking aid-related hassles" as the stressor, "negative feelings regarding wheeled walking aid use" as the cognitive appraisal of the stress, "frequency of outings" as the coping mechanism, and "QOL" as the response to the stress <sup>19)</sup>. Previous researches on wheeled walking aids have primarily focused on biomechanics <sup>25, 26)</sup>, but a psychological approach will also be necessary in the future <sup>27, 28)</sup>.

The Ministry of Health, Labour and Welfare classifies individuals who go out "less than once per week" as homebound, which is an established cause of becoming bedridden or requiring care among elderly individuals<sup>29, 30)</sup>. Previous epidemiological surveys estimate this prevalence as approximately 15%, and this study, which focused on elderly individuals using wheeled walking aids, yielded a similar prevalence. A recent review on homebound behavior among elderly individuals broadly identified that physical, psychological, and social factors influence homebound behavior in a complex way<sup>31)</sup>, but factors that were identified in this study offer new knowledge not found in previous studies. If, as suggested by earlier research, the frequency of outings of the elderly has a large impact on their QOL, the design and layout of wheeled walking aids to assist these individuals in their outings should be carefully studied. Wheeled walking aid manufacturers and other companies that sell wheeled walking aids, as well as individuals who buy wheeled walking aids for elderly family members, should focus on the stress of the individual who will use the wheeled walking aid and potential users should be offered trial periods to assess the usability of recommended wheeled walking aids. In Japan, developing orthoses and daily living aids require expert judgment from doctors, physical therapists, occupational therapists and care-managers. In the future, engineers and design professionals will probably also need to intervene in a comprehensive manner with elderly individuals who wish to use wheeled walking aids.

To summarize results of this study, elderly individuals who used wheeled walking aids were surveyed to identify how hassles they experience when using a wheeled walking aid (wheeled walking aids-related hassles and negative feelings regarding wheeled walking aid use) influence the frequency of their outings and their QOL. These findings empirically verify the cognitive theory of stress. Furthermore, the study results suggest that "psychological stresses about using a wheeled walking aid," "instability," "difficulties with storage," "difficulties with operation," and "difficulties with sitting" should be taken into account in the development of wheeled walking aids.

As a limit of this study, results obtained in this study are those areas which are limited as A prefecture B city. Therefore, in order to arrive at generalizable findings the present study should be replicated among elderly from different geographical regions and to arrive at a sample representative of the population of elderly using wheeled walking aids. In addition to research on wheeled walking aids themselves, developing the walking environment of areas wherein elderly individuals live will be another important issue in promoting going out and social participation, as well as for preventive care, among the elderly. To solve this problem, barriers that the elderly using wheeled walking aids encounter in their cities must be quickly and efficiently identified.

#### References

- Kondo K: Characteristics of out-of-home trips made by aged people. Journal of the University of Marketing and Distribution Sciences. economics, informatics & policy studies, 18(1): 1-11, 2010.
- 2) Kakutani H: Research on senior citizen's going out

- characteristics in Higashihiroshima city. Research reports of the Faculty of Engineering, Kinki University, 44:67–71, 2010.
- Shinkai S: Current status and issues of research homebound. Akita Journal of Pubic Health, 2(1): 1– 6, 2005.
- 4) Inoue N, Hoshi T: The causal structural analysis of the physical, social, psychological health factors which prescribe the functional ability to go out for the elderly residents. Journal of Japanese Society of Health Education and Health Promotion, 19(1): 36– 46, 2011.
- 5) Ajimi A, Tokuda K, Mizuno T: Going-out status of elderly users of rollators and traffic issues to address. IATSS Review, 35(2):77–84, 2010.
- Ajimi A: Relation to the outing of elderly people and four-wheeled walker. Journal of East Asian Studies, 1:17-27, 2010.
- 7) Ajimi A, Tokuda K: Status of outing of elderly people using four-wheeled walker. Understanding Handicaps, 11: 19–28, 2009.
- Nakamura K, Yamada K: Factors which determine how often frail elderly people go outdoors. Journal of Japan Society of Nursing Research, 22(5): 29–38, 2009.
- 9) Fujita K, Fujiwara Y, Kumagai S, et al.: The frequency of going outdoors, and physical, psychological and social functioning among community-dwelling older adults. Japanese Journal of Public Health, 51 (3): 168–180, 2004.
- 10) Hatono Y, Tanaka H, Furukawa K, et al.: Housebound of elderly individuals in the community and its background factors. Journal of Japan Academy of Community Health Nursing, 3(1): 26–31, 2001.
- 11) Kitajima E: Present state and risk management of walking aids for the elderly people. Health science research, 25(1):11-17,2013.
- 12) Morishita M, Kawasaki R, Nakao R, et al.: The correlation of the QOL of the elderly women aged 75 years and older living alone with their length of residence, their lifestyles and their health. Health science research, 19(2): 31–41, 2007.
- 13) Kuno T, Shirai M, Kadoma A, et al.: Social activities and the relationship of those items with depression and subjective well-being on the elderly in communi-

- ty. Bulletin of the Faculty of Nursing, Nagoya City University, 2: 67–74, 2002.
- 14) Tsutsui T: The concept of service delivery system in the Regional Comprehensive care system of Japan. Social Security Research, 47: 368–381, 2012.
- 15) Futoyu Y, Nakashima N, Kawasaki M, et al.: A study of ICF-based criteria for measuring the functional and structural integrity of elderly persons. Bulletin of Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University, 17:7–17, 2010.
- 16) Kirino M, Park J, Kondo R, et al.: The relationship between participation of father's child care and mother's psychological well-being in Dual-earner Households. Journal of Health and Welfare Statistics, 58(3): 1–8, 2011.
- 17) Fabrigar L R, Wegener D T, MacCallum R C, et al.: Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. Psychological Methods, 4 (3): 272–299, 1999.
- 18) Toyoda H, Maeda T, Yanai H: Statistics to explore the cause (Covariance structure analysis Introduction). Kodansha, 1992.
- Lazarus R S, Folkman S: Stress, appraisal, and coping. Springer, New York, 1984.
- 20) Toyoda H: An annotated bibliography for the study of structural equation modeling. The Japanese journal of behaviormetrics, 27(1): 35–42, 2000.
- 21) Strutz T: Data Fitting and Uncertainty (A practical introduction to weighted least squares and beyond). Vieweg+Teubner, 2011.
- 22) Hu L T, Bentler P M: Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis. Structural Equation

- Modeling, 6: 1-55, 1999.
- 23) Peek M K: Structural equation modeling and rehabilitation research. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 79(3): 301–309, 2000.
- 24) Muthén L K, Muthén B O : Mplus User's Guide. Los Angeles, 1998.
- 25) Takanokura M: Optimal handgrip height of fourwheeled walker on various road conditions to reduce muscular load for elderly users with steady walking. Journal of Biomechanics, 43: 843–848, 2010.
- 26) Fujita D, Kobara K, Osaka H, et al.: The influence of rollators with forearm support on walking speed, endurance and dynamic balance. Journal of Physical Therapy Science, 24 (8): 667–670, 2012.
- 27) Samuelsson K, Wressle E: User satisfaction with mobility assistive devices. Disability & Rehabilitation, 30(7):551-558,2008.
- 28) Brandt A, Iwarsson S, Stahl A: Satisfaction with rollators among community-living users. Disability & Rehabilitation, 25(7): 343–353, 2003.
- 29) Yokokawa H, Yasumura S, Tanno K, et al.: Association between homebound status and newly certified need of care among elderly in a rural community. Japanese Journal of Geriatrics, 46(5): 447–457, 2009.
- 30) Kubo M, Yokoyama M: The Characteristics of Homebound Elderly Living in the Community. Japanese Journal of Social Services, 46(3): 38–47, 2006.
- 31) Hirai H, Kondo K: Review of the literature on the 'Tojikomori' elderly in Japan Study trends, definition, and review of cohort studies. Japanese Journal of Public Health, 54(5): 293–303, 2007.

(2014年5月7日	原稿受付

#### ■原著

# 診断用 X 線装置の Web アプリケーションを用いた 品質管理プログラムの開発

Development of quality control program using a Web application of diagnostic X-ray equipment

齋藤 祐樹  $^{1,2}$ , 安部 真治  $^{1}$ , 小倉 泉  $^{1}$ , 小木 剛  $^{1,3}$ , 土田 拓治  $^{1,4}$ , 根岸 徹  $^{5}$ 

Hiroki Saito<sup>1, 2</sup>, Shinji Abe<sup>1</sup>, Izumi Ogura<sup>1</sup>, Tsuyoshi Kobayashi<sup>1, 3</sup>, Takuji Tsuchida<sup>1, 4</sup>, Toru negishi<sup>5</sup>

要 旨:臨床施設において、安全かつ良質な医療画像を提供するためには、診断用 X 線装置の品質管理が重要である。X 線装置の品質管理は、管電圧、管電流、照射時間および空気カーマなどのデータ管理に表計算ソフトを用いて行うことが多かった。今回、インターネット環境で動作する Web アプリケーションを用いた X 線装置の QC プログラムを開発し RDB を構築した。開発した QC プログラムにより、受入・現状試験、不変性試験および日常点検などの各項目の把握と施設間の評価、分析が容易になった。また、データ集計の簡素化と分析時間の大幅な短縮により品質管理の効率化が図られた。本 QC プログラムは、臨床施設における X 線装置の品質管理に有用と考える。

**キーワード**: 診断用 X 線装置,品質管理,受入・現状試験,不変性試験,Web アプリケーション

#### I 諸言

安全で良質な医療画像を提供するためには X 線装置の品質管理が重要である。品質管理の遂行により、 X 線装置の性能維持および使用者の装置管理に対する責任感および意識づけが期待できる <sup>1)</sup>. 現在、IEC (International Electrotechnical Commission:国際電気標準会議) <sup>2)</sup> および JIS (Japanese Industrial Standards:日本工業規格) <sup>3~5)</sup>

において、医用画像部門における品質維持の評価および日常試験方法が規定され、使用者における X 線装置の品質管理が重要となっている <sup>6,7)</sup>. しかし、臨床施設において品質管理に必要な測定機器を有する施設は少なく、病院間が連携し、組織的に品質管理に取り組むことが必要である <sup>8)</sup>. 安部らは、校正された一つの非接続形測定器を用いて、病院施設間を持ち回り、測定結果を表計算ソ

- 1 首都大学東京大学院人間健康科学研究科放射線学域 Department of RadiologySciences, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 2 東洋公衆衛生学院診療放射線技術学科 Department of Radiology, Toyo public health college
- 3 東京都立広尾病院 Medical Radiology, Tokyo Metropolitan Hiroo Hospital
- 4 埼玉県済生会川口総合病院 Radiation Technology Department, Saiseikai Kawaguchi General Hospital
- 5 群馬県立県民健康科学大学診療放射線学部診療放射線学科 Department of Radiology,Gunma Prefectural College of Health Sciences

フト(EXCEL)で収集する X 線装置品質管理シス テムを構築している $^{9\sim11)}$ . このシステムでは. 年度末に各施設の品質管理責任者が年間の品質管 理データの評価、検討、分析を行うことにより、 病院間の品質管理において成果を得ている. また 小倉らは、日常管理用簡易形測定器を開発し各施 設に配布することで、診断用X線装置の日常管 理を可能としている <sup>12)</sup>. これらのシステムでは EXCEL を用いたデータ管理を行なっているため、 データの集計および管理に多くの時間を要するな ど課題を残していた. そこで著者らは, 品質管理 の効率化に向けて、ACCESS(Microsoft社)を用 いた品質管理プログラムを開発した<sup>13)</sup>. しかし. この品質管理プログラムは各施設のPCにAC-CESS がインストールされていることが前提であ り、データ集計に RDB (Relational Data Base) の 再構築が必要で多くの手間と時間が必要であっ た、そこで、これらの問題を解決するために、イ ンターネット環境で動作する Web アプリケー ションを用いたX線装置の品質管理プログラム を開発した。

#### II 方法

#### 1. Web アプリケーションの環境設定

**Fig.1** に示すように、サーバにOS: Linux (CentOs 6.4)をダウンロードし、サーバプログラム: Apache2.4.3、データベース: MySQL 5.5.27、サーバスクリプト言語: PHP 5.4.7 をインストー

ルし環境設定を行った. また, JavaScript ライブラリである Bootstrap, Javascript charts をサーバ側にアップロードした. jQuery は Web ブラウザで Chase していることが多いため, QC プログラムから毎回読み出すことにした <sup>14)</sup>.

#### 2. QC プログラム

JIS Z 4751-2-54:撮影・透視用 X 線装置—基礎安全および基本性能  $^{15)}$  で規定されている空気カーマ、管電圧、管電流、照射時間を把握するために、RDB、QC プログラムを構築した。QC プログラムは、装置の導入または性能変更時に行う受入・現状試験(Acceptance tests: Acce)、定期的な測定を行う不変性試験(Constancy tests: Cons)と毎朝、X 線管のエージングを兼ねた毎日点検(Daily tests)、その他、それらの基本となる病院情報(Hospitalinfo)、検査室情報(Roominfo)のプログラムとした。

受入・現状試験は非接続形測定器の使用を想定して、管理項目を空気カーマ(X線出力)、管電圧、半価層、管電流、照射時間として再現性(acce\_repro)、管電圧・管電流の出力値(acce\_kvma)、照射時間の出力値(acce\_times)およびこの3つの結果を表示する一覧プログラムからなる。再現性は管電圧80kV、管電流200mA、照射時間50msの照射条件で5回照射を行い、管理項目の平均値と変動係数C値を求め、DBに登録、更新および削除するプログラムとDBから該当データを抽出する一覧プログラムからなる。管電圧の出力値は

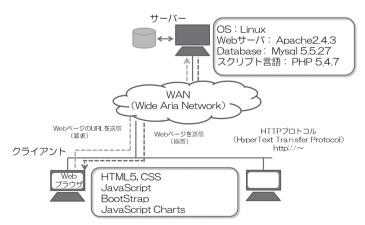


Figure 1 Configuration of the client-server system

管電流 200 mA, 照射時間 50 ms で,管電圧を60,80,100,120 kV に変化させ,管電流の出力値は管電圧 80 kV,照射時間 50 ms で,管電流を100,200,400 mA と変化させたときの管理項目をDB に登録,更新および削除するプログラムとDB から該当データを抽出する一覧プログラム、管電圧および管電流の変化に対する空気カーマのグラフプログラムからなる.照射時間の出力値では管電圧 80 kV,管電流 200 mA で,照射時間を10,50,100 ms に変化させたときの管理項目をDB に登録,更新および削除するプログラムとDB から該当データを抽出する一覧プログラムおよび照射時間の変化に対する空気カーマのグラフプログラムからなる.

不変性試験では簡易形測定器を想定して管理項目を空気カーマ、管電流、照射時間として受入・現状試験プログラム体系と同様に、再現性(repro)、管電圧・管電流の出力値(kvma)、照射時間の出力値(times)およびこの3つの試験結果を表示する一覧プログラムおよび経時変化に対するC値および空気カーマのグラフプログラムからなる。この再現性、管電圧・管電流の出力値および照射時間の出力値の照射条件は受入・現状試験と同様である。

毎日点検では不変性試験同様、簡易形測定器を想定して、X線装置のエージングを兼ねて管電流 200 mA、 照射 時間 50 ms で管電圧を 60、80、100、120 kV に変化させたときの空気カーマと照射時間を DB に登録、更新および削除するプログラムと DB から該当データを抽出する一覧プログラムおよび経時変化に対する空気カーマと照射時間のグラフプログラムとした。

#### 3. QC プログラムの運用テスト

今回開発した QC プログラム(新規法: Web application)の有効性を評価するために、不変性試験(再現性:15項目)結果の入力作業時間と経時的な一覧およびグラフ作成を6人の共同研究者で従来法: EXCEL と比較した、入力作業時間の比較は、従来法、新規法ともに6人が同時に測定値を入力した時間を計測し、それを3回繰り返して入力時間の平均および標準偏差を算出し、wilcoxonの符号付順位和検定(有意水準5%)を行っ

た. 一覧作成時間の比較は、従来法では EXCEL ファイルをあらかじめ30ファイル用意し、ファ イル中にあるデータを新たな EXCEL ファイルに コピー&ペーストして一覧表を作成し、ファイル 数を30ファイルまで、10ファイルごとのラップ タイムを計測した. 新規法ではあらかじめ、DB に 10. 20. 30 件用のデータをそれぞれ用意して おき、検索ボタンが押されてから表示されるまで の時間を計測した. グラフ作成時間の比較でも. 従来法では、あらかじめ30ファイルを用意して おき. 管電圧・管電流の出力値の80kV. 200 mA, 50 ms の照射条件の空気カーマのデータ を新たなファイルにコピー&ペーストして. 10 ファイルごとのグラフが作成されるまでのラップ タイムを計測した. このときグラフは10件ごと 3系列に表示させた. 新規法でも同様にDBに 10.20.30 件用のデータをそれぞれ用意しておき. メニューボタンが押されてから表示されるまでの 時間を計測した.

#### III 結果

#### 1. プログラム開発

Table 1 に開発したテーブル, Table 2 に開発 したプログラムを示す. また, Fig.2 に QC プロ グラムの画面例を示す.ユーザID.パスワード を管理する管理者テーブル(adminuser). 受入・ 現状試験と不変性試験のために、それぞれ再現性 テーブル(acce repro, reproducible), 管電圧・ 管電流テーブル(acce\_kvma, kvma), 照射時間 テーブル (acce\_times, times), 毎日点検の毎日 テーブル(daily)および基本情報としての病院情 報テーブル(hospitalinfo), X線装置の情報を管理 する検査室情報テーブル (roominfo) の計 10 テー ブルからなる. それらのテーブルに対してデータ を登録,一覧表示, 更新, 削除するプログラムを 開発した。受入・現状試験と不変性試験では、再 現性、管電圧・管電流、照射時間データをユーザ ID, 病院 ID, 検査室 ID ごとに抽出して表示する 一覧プログラムを開発した。また、グラフとして 受入・現状試験と不変性試験では管電圧、管電流 および照射時間における各変化因子に対する空気 カーマの直線性を描画させたプログラムと不変性

試験と日常点検ではユーザ ID, 病院 ID, 検査室 ID で抽出されたデータに対して, C 値および管 電圧, 管電流, 照射時間変化における空気カーマの経時変化を表示させるプログラムを開発した. 総プログラム数は 175 本, プログラム総ステップ数は 19k ステップで開発期間は約半年であった.

#### 2. QC プログラムの運用テスト

Table 3 および Fig.3 に入力作業時間の結果を示す. 従来法の平均値は 1分 05 秒,新規法の平均値は 1分 07 秒で差はなかった (Wilcoxon の符号付順位和検定,p=0.52>0.05). Table 4 に一覧作成のラップタイム,Fig.4 に一覧作成の経過時間を示す. 従来法ではデータ件数が多いほど経過時間が多くなるが,新規法ではデータ件数に大きな変化はなかった. 従来法のラップタイムはデータ件数が多くなるほど減少傾向にあった. 新

規法では 10,20 件には大きな変化はなかったが 30 件の時に多少時間を要した. Table 5 にグラフ作成のラップタイム, Fig.5 にグラフ作成の経過時間を示す. 一覧作成同様の傾向を示したが, 従来法で 20 件のデータを 2 系列でグラフ表示をする際に多くの時間を要していたが,30 件の時は 10 件の時と同等だった. また,新規法ではデータ件数に大きな差はなかった.

#### IV 考察

X線装置における品質管理は、各施設で表計算 ソフトを用いてデータを管理し評価していること が多い、施設間での比較の際には、データを email などで送付して品質管理の代表者が再集計 をする必要があるが、今回開発した QC プログラ ムはインターネットを使ってデータを収集し、分

Table 1 Details of database

Tables	Primary Keys	columns	Data length (kB)
adminuser	admin_id, admin_pass	2	0.8
hospitalinfo	admin_id, hospital_id	7	2.0
roominfo	admin_id, hospital_id, room_id	15	1.7
acce_repro	admin_id, hospital_id, room_id	30	2.7
acce_kvma	admin_id, hospital_id, room_id	35	3.3
acce_times	admin_id, hospital_id, room_id	20	2.7
reproducible	admin_id, hospital_id, room_id, testdate	25	1.0
kvma	admin_id, hospital_id, room_id, testdate	29	1.4
times	admin_id, hospital_id, room_id, testdate	17	1.6
daily	admin_id, hospital_id, room_id, testdate	13	1.4

Table 2 Number and steps of programs

		LIT				programs	ID	Tot	al	
Programs		HTML		JavaScript		PHP		Total		
		program	steps	program	steps	program	steps	program	steps	
Login, Menu		1	722	1	908	4	540	6	2,170	
Acce	repro	1	342	2	1,166	10	292	13	1,800	
	kvma	3	555	3	924	14	370	20	1,849	
	times	3	443	3	742	10	286	16	1,471	
	list	1	68	1	329	3	136	5	533	
Cons	repro	1	317	2	1,087	12	325	15	1,729	
	kvma	3	591	3	1,004	14	521	20	2,116	
	times	3	456	3	874	13	352	19	1,682	
	list	1	75	1	384	4	230	6	689	
	graph	4	585	0	0	8	517	12	1,102	
Daily test		5	1,147	1	648	18	756	24	2,551	
Hospitalinfo		1	177	1	235	7	117	9	529	
Roominfo		1	276	1	367	8	188	10	831	
Total		28	5,754	22	8,668	125	4,630	175	19,052	

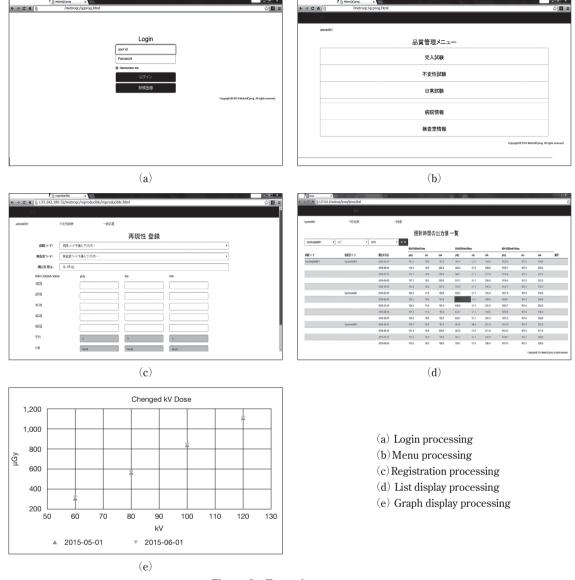


Figure 2 Example programs

析する形態を取っている.このため各施設のデータを再集計する必要がなく,リアルタイムで施設間での分析が可能になった.ここでは,プログラム開発時に考慮したこと,Webアプリケーションの運用の課題を述べる.

#### 1. データ集計方法

サーバ上のテーブルにデータを登録するとき, テーブルからデータを表示するときは, インターネットを使ってサーバと通信が行われる. プログ ラム言語をサーバサイドで動作する PHP とクライアントサイドで動作する JavaScript の Asynchronous JavaScript + XML: Ajax(非同期通信)を使うことで、サーバにアクセスしないで画面遷移が行える  $^{16)}$ . それにより、パケットが約半数に削減することを可能にした。使用者が http でサーバにアクセスすると、最初にユーザ認証画面が表示される (**Fig.2** a). ここではセキュリティ対策として使用者の許可権限の確認とともに同じユー

Table 3 Elapsed times of registration processing

Members		EXCEL		Web	applicat	tion
Members	1	2	3	1	2	3
А	1'11"	59"	1'05"	1'05"	1'12"	1'03"
В	1'11"	1'01"	1'06"	1'05"	1'13"	1'05"
С	1'11"	59"	1'05"	1'06"	1'11"	1'05"
D	1'12"	58"	1'06"	1'06"	1'11"	1'06"
E	1'12"	59"	1'06"	1'06"	1'12"	1'05"
F	1'11"	1'00"	1'06"	1'06"	1'12"	1'05"
Average		1'05"			1'07"	
SD		5"			3"	

Table 4 Elapsed times of displaying list

Members		EXCEL			Web application			
Members	10	20	30	10	20	30		
А	4'52"	3'33"	2'47"	0.1"	0.7"	5"		
В	2'30"	3'08"	3'21"	0.2"	1.08"	5.25"		
С	4'27"	3'15"	3'05"	0.7"	0.7"	4.9"		
D	5'22"	3'45"	3'40"	0.8"	1.2"	6.13"		
Е	3'20"	3'48"	3'32"	0.65"	0.7"	4.21"		
F	3'39"	3'43"	2'55"	1.7"	0.78"	6"		
Average	4'01"	3'32"	3'13"	0.69"	0.86"	5.25"		
SD	1'03"	16.8"	1'14"	0.57"	0.22"	0.72"		

Table 5 Elapsed times of displaying graph

			1 0	00 1		
Members		EXCEL		Web	applicat	tion
Members	1	2	3	1	2	3
Α	4'10"	6'15"	5'30"	1.1"	1.2"	1.0"
В	5'05"	6'03"	5'12"	1.07"	1.84"	2.47"
С	6'13"	11'27"	8'34"	1.3"	1.09"	1.1"
D	9'29"	7'33"	7'29"	1.18"	1.03"	1.2"
E	7'28"	13'29"	8'23"	1.03"	1.05"	1.13"
F	8'52"	12'12"	8'03"	1.2"	1.01"	1.29"
Average	6'52"	9'50"	7'11"	1.14"	1.20"	1.37"
SD	2'06"	3'15"	1'29"	0.10"	0.32"	0.55"

ザIDを用いることで、グループでの管理ができることを意味している。例えば、大きな医療法人のように、いくつもの病院を所有している場合、各施設でQCデータを個別に所有しているが、法人全体で評価したいときは、各施設のデータを持ち寄り、再度集計する必要があった。このQCプログラムでは同じユーザIDなら、データの共有が可能となり、自施設のみならず他施設の測定結果も参照することができる。施設間でデータを共有することで品質管理に対する動機づけができる。また、入力の操作性を向上させるために、テーブルのプライマリーキーにはHTMLのselect op-

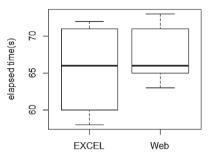


Figure 3 Elapsed times of registration processing

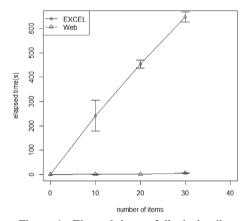


Figure 4 Elapsed times of displaying list

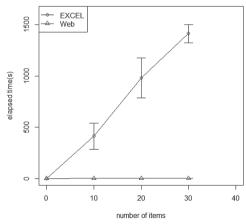


Figure 5 Elapsed times of displaying graph

tion 要素を用いて(**Fig.2** c), あらかじめ病院, 検査室情報テーブルに登録されているデータを選択させることで、入力ミスがないように操作性を向上させた.

#### 2. 分析機能

開発した QC プログラムのもう一つの利点とし て、一覧表示やグラフ描画による分析作業が容易 に行える機能がある. 一覧表示(Fig.2 d)では管 電圧. 管電流. 照射時間において前示誤差を赤字 で表示している. これは、jQueryでJISが規定 する管電圧 ± 10%. 管電流 ± 20%. 照射時間 ± (10% + 1 ms) 以上の誤差がある場合に、Cascading Style Sheets: CSS を変更して表示しているた め、瞬時に誤差を確認できる. また、ISO9001 で の要求事項<sup>17)</sup>では測定した結果を記録し、維持 しなければならないとしている. このため. 用紙 に印字する際, bootstrap の CSS では黒の印字が デフォルトであるため、bootstrap.css の印刷に対 応している箇所を変更し赤色で表示できるように した. グラフ(**Fig.2** e) はオープンソースの JavaScript Charts を用いて描画している. JavaScript Charts は JavaScript で記述されたライブラリで あるが、使用する際にグラフの隅に商標が表示さ れる.しかし.自由度が高く機能が充実している. サンプルプログラムでは、HTMLの <head> タグ にサンプルデータを記述されているが QC プログ ラムでは、使用するユーザ ID によりデータは異 なる. そこで、グラフを表示するときは、HTML の <head> にサーバにアクセスする処理を記述 し、使用者に合わせてデータの表示が変わるよう にした. グラフ系列は最大100件まで描画可能を 確認した.

#### 3. 運用テスト

入力作業の比較では、従来法と新規法に大きな差は見られなかった。むしろ、使い慣れているEXCELの方が、操作性が高いと考えられる。共同研究者からは新規法でカーソルの移動の際にEnter キーが使えないとの声が上がった。これは普段、EXCELでのカーソル移動をEnter キーによって行っているためと考える。しかし、Windowsでのカーソル移動はTab キーで行うことが前提である。Enter キーにはサーバに通信する機能があるため、Enter キーでのカーソル移動は考慮しなかった。一覧作成時のEXCELのラップタイムはデータ件数が多いほど、作業に慣れたため時間が短くなっていったと考える。しかし、共同

研究者からはデータ件数が多くなると経験による 差や入力ミスが多くなると指摘された。新規法は 30件のときに時間を要していたが、これはデー タを病院コード別に30件用意したためである. 一覧表示されるときに、病院コードと検査室コー ドを Primary キーとして受入・現状試験の空気 カーマの結果を参照し、その値から ± 20% 以上 の差があるとき赤字表示しているため、多少の時 間を要していると考える.しかし、従来法の結果 からみると有意に時間短縮されている。 グラフ作 成時の従来法でのラップタイムは20件の時が多 くの時間を要していた. これはデータを 10 件ず つ.2系列で表示させたため、EXCELの経験値 が反映されたと考える. そのため, 30件のとき(3 系列目)は10件の時と同等の時間まで戻ってい る. このように新規法は. 入力作業は変わらない が分析業務に威力を発揮し、短時間で一覧やグラ フを作成することが可能となった.

#### 4. 課題

Web アプリケーションは、インターネットで動作するため、サーバ攻撃などセキュリティ対策を考慮しなければならない。運用する際は、セキュリティソフトのインストールとサーバの監視が必要である。個人でサーバを構築する場合は自己責任になるが、病院内に Web サーバを構築する場合は十分な対策が必要である。また HDD などの電子媒体に記録されるため、紙への出力とデータのバックアップの頻度を考えなければならない。今回は運用として不変性試験ごとにデータのバックアップを取ることにした。そのため、バックアップデータの保存期間についても検討が必要である。

#### V 結語

今回、Web アプリケーションを用いた X 線装置の品質管理プログラムの開発を行った。これにより受入・現状試験、不変性試験および日常点検のプログラムの開発と RDB を構築できた。本システムにより、各施設および施設間におけるデータ管理、評価、分析時間の短縮が可能となった。このプログラムの運用によって X 線装置品質管理の効率化が図られ、臨床施設への普及が期待できる。

#### 文 献

- 1) 放射線業務の安全管理指針策定合同プロジェクト 班: 放射線業務の安全の質管理指針. 日放技学誌, Vol.63 No.5: 546-556, 2007.
- IEC 61223-1:1993: Evaluation and routine testing in medical imaging department-Part 1: General aspect.
- 3) JIS Z 4752-1:2001: 医用画像部門における品質維持の評価および日常試験方法―第1部: 総則.
- 4) JIS Z 4752-3-1:2004: 医用画像部門における品質維持の評価および日常試験方法―第3-1部: 受入・現状試験―診断用X線装置.
- 5) JIS Z 4752-2-11:2005: 医用画像部門における品質維持の評価および日常試験方法―第2-11部: 不変性試験―直接撮影用X線装置.
- 6) 宮崎茂: X線装置出力の測定とその意義. 日放技学誌, Vol.66 No.3: 251-259, 2010.
- 7) 厚生労働省健康政策局長通知, 健政発第263号(平成8年3月26日): 医療法施行規則の一部を改正する省令(平成8年厚生省令第13号)の施行について.
- 8) 佐藤伸彦, 齋藤祐樹, 宮薗忠文, 他: 平成22年度診断 用X線装置アンケート調査報告(撮影装置を中心 に). 日放技学誌, Vol.70 No.12: 1455-1462, 2014.
- 9) 安部真治, 根岸徹, 小倉泉, 他: 非接触形計測器によるX線装置測定システムの構築. 東保学誌, Vol.2

- No.3: 35-39, 1999.
- 10) 安部真治: 非接続形X線測定器の測定について. 日 放技学誌, Vol.69 No.5: 560-567, 2013.
- 11) Hiroki Saitoh, Shinji Abe, Izumi Ogura, et al: Accuracy evaluation of non-invasive measuring instrument for diagnostic X-ray equipment. JJpn Health Sci, Vol.17 No.1: 43–50, 2014.
- 12) 小倉泉, 安部真治, 根岸徹, 他: X線装置の日常管理 を目的とした簡易形測定器システムの開発. 日放技 学誌, Vol.70 No.12: 1403-1412, 2014.
- 13) 齋藤祐樹:診断用X線装置の品質管理システムの構築とプログラム開発に関する研究. 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科, 2012, 修士論文.
- 14) 古簱一浩, 山本圭助, 前田瑞紀, 他: すべての人に 知ってほしいjQuery & jQuery Mobileの基本原則. 株式会社 エムディエヌコーポレーション, 10-20, 2012
- 15) JIS Z 4751-2-54:2012: 撮影・透視用X線装置―基礎 安全および基本性能.
- 16) 沖林正紀: iQueryでつくるAjaxアプリケーション. 株式会社技術評論社, 300-328, 2010.
- 17) 品質マネジメントシステム規格国内委員会:対訳 ISO9001:2008 (JIS Q 9001:2008) 品質マネジメント システムの国際規格.日本規格協会,2009.

Abstract: The quality control of medical x-ray equipment has become increasingly important in order to ensure the safety of patients as well as the quality of medical imaging. Hitherto, the quality control of x-ray equipment has been commonly conducted via spreadsheet programs used to manage data on the tube voltage, tube current, exposure times and air kerma, etc. We have developed a quality control program for x-ray equipment which run in conjunction with a web-based application, and have also constructed a relational database. Through this QC program, acceptance testing, constancy testing, and routine checks as various kinds can all be seen together, allowing evaluation and analysis between different facilities. Furthermore, quality control is optimized through simplification of the data aggregation process and shortening of analysis time. We believe this program will be of great use in the quality control of medical x-ray equipment.

**Key words**: Medical x-ray equipment, Quality control, Acceptance testing, Constancy testing, Web-based application

(2015年8月3日 原稿受付)

# 掲載論文一覧

第18巻 (第1号): 5-33頁, 2015年

■入院時からの家族参加型自主練習が脳卒中片麻痺患者の	
在宅生活と家族の介護不安に及ぼす影響 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
平野 恵健, 池田 誠, 新田 收, 西尾 大祐, 皆川 知	也,木川 浩志
■歩行可能な脳性麻痺痙直型両麻痺患者における尖足の有無	٤
踵補高の高さが立位重心動揺に及ぼす影響 ・・・・・・・・	16
楠本 泰士,新田 收,松田 雅弘,高木 健志	
■地域医療連携における画像情報の現状─東京都墨田区での	調査— ······24
吉澤 寿	

第18巻 (第2号): 51-104頁, 2015年

■ Health-illness perception の概念分析 ・・・・・・・・・・51
加藤 智子, 勝野とわ子
■障害者の接触経験と障がい者スポーツ参加意欲・態度との関係性 ·······59
塩田 琴美
■意味のある作業とは
— 1995 年~ 2010 年における国内事例報告の質的検討— · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
大松 慶子, 石井 良和, 山田 孝
■ Development of a Resilience in Daily Activities Scale (RDAS) of Mothers of Children with Autistic
Spectrum Disorder81
Tri Budi Santoso, Nobuo Ohshima, Peter Bontje, Yuko Ito
■簡易形測定器システムの開発と東京都島しょ保健所における診断用 X 線装置の日常管理 ······96
小倉 泉,安部 真治,根岸 徹,齋藤 祐樹

第18巻 (第3号):119-160頁, 2015年

■英国	<b>国の</b> 国	助産学	実習指導	の特徴	数に関する	る一考察	• • • •				• • • • • •	• • • • • •	 	119
Ź	、保	幸代,	恵美須文	枝,笠	原小百合,	西平真里	.沙, 高	橋 浩	美					
■訪問	見リノ	ヽビリ	テーショ	ン実践	桟における	る要介護和	利用者	の病状	変化の	気づき	に影響	する		
要	見因り	こつい	ての検討	· · · ·									 	127
7	鄞	康之,	井澤 和	大,川	間健之介									
■医療	系系ス	大学一	年次生の	授業引	女善への-	一方策								
-	ーキャ	・リア乳	&達の視点	からー									 	139
I	蘆藤	榮一,	煙山 奨	也,菊	池恵美子									
■身体	<b>はバ</b> ラ	ランス	の不安定	性認知	田における	る自己特昇	異的脳	活動					 	149
跔	序見	友章,	則内まど	· か, 大	場健太郎,	跡見 順	子,菊	池吉	晃					

第18巻 (第4号):179-230頁, 2016年

■整形外科手術を行った脳性麻痺患者の初回手術時期の適否を判断した要因 ・・・・・・・・・・・・・179
楠本 泰士, 蒔田 寛子, 古川 順光, 松田 雅弘, 新田 收
■ Effects of continuous exposure of mouse primitive neural stem cells to methylmercury
in proliferation and differentiation stages187
Masayoshi Shibata, Masahiro Otsu, Hiroyuki Omori, Hajime Kobayashi, Asami Suzuki,
Takashi Nakayama, Masanobu Kinoshita, Nobuo Inoue
■条件の異なるスクワット動作遂行中の下肢の運動学的解析 ····································
清水 洋治, 須永 遼司, 宇佐 英幸, 市川 和奈, 小川 大輔,
島 昌史,松村 将司,竹井 仁
■ Effects of hassles related to wheeled walking aid use on frequency of outings and
quality of life among the elderly living at home · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Teppei Mihara, Masafumi Kirino, Takashi Murakoso, Jin Sun Park,
Tadahide Okuno, Kazuo Nakajima
■診断用 X 線装置の Web アプリケーションを用いた品質管理プログラムの開発
斎藤 祐樹,安部 真治,小倉 泉,小林 剛,土田 拓治,根岸 徹

# 著者索引

第 18 巻 (第 1 号): 5-33 頁, 2015 年 第 18 巻 (第 2 号): 51-104 頁, 2015 年 第 18 巻 (第 3 号): 119-160 頁, 2015 年 第 18 巻 (第 4 号): 179-230 頁, 2016 年

各著者(アルファベット順)について、氏名、ローマ字表記氏名、(号) 先頭頁を記載しています。 「総説」は(R)、「記事の訂正」は(E) を末尾につけています。

安部	真治	Shinji Abe	(2)	96	皆川 知也	Tomoya Minakawa	(1)	5
			(4)	223	Takashi Mura	koso	(4)	210
跡見	友章	Tomoaki Atomi	(3)	149	Kazuo Nakajii	ma	(4)	210
跡見	順子	Yoriko Atomi	(3)	149	Takashi Naka	yama	(4)	187
Peter	Bontje		(2)	81	根岸 徹	Toru Negishi	(2)	96
恵美須	頁文枝	Fumie Emisu	(3)	119			(4)	223
古川	順光	Yorimitsu Furukawa	(4)	179	西平真里沙	Marisa Nishihira	(3)	119
畠	昌史	Masafumi Hata	(4)	200	西尾 大祐	Daisuke Nishio	(1)	5
平野	恵健	Yoshitake Hirano	(1)	5	新田 收	Osamu Nitta	(1)	5
平野	康之	Yasuyuki Hirano	(3)	127			(1)	16
市川	和奈	Kazuna Ichikawa	(4)	200			(4)	179
池田	誠	Makoto Ikeda	(1)	5	則内まどか	Madoka Noriuchi	(3)	149
Nobu	Inoue		(4)	187	大場健太郎	Kentaro Oba	(3)	149
石井	良和	Yoshikazu Ishii	(2)	68	小川 大輔	Daisuke Ogawa	(4)	200
Yuko	Ito		(2)	81	小倉 泉	Izumi Ogura	(2)	96
井澤	和大	Kazuhiro P. Izawa	(3)	127			(4)	223
笠原力	、百合	Sayuri Kasahara	ara (3) 119 Nobuo Ohshima				(2)	81
加藤	智子	Tomoko Kato	(2)	51	Tadahide Oku	ino	(4)	210
勝野と	こわ子	Towako Katsuno	(2)	51	大松 慶子	Keiko Omatsu	(2)	68
川間飯	建之介	Kennosuke Kawama	(3)	127	Hiroyuki Omo	ori	(4)	187
煙山	奨也	Shoya Kemuriyama	(3)	139	Masahiro Ots	u	(4)	187
木川	浩志	Hiroshi Kigawa	(1)	5	Jin Sun Park		(4)	210
久保	幸代	Sachiyo Kubo	(3)	119	齋藤 祐樹	Hiroki Saito	(2)	96
菊池剧	ま美子 しょうしん	Emiko Kikuchi	(3)	139			(4)	223
菊池	吉晃	Yoshiaki Kikuchi	(3)	149	Tri Budi Sante	080	(2)	81
工藤	榮一	Eiichi Kudo	(3)	139	Masayoshi Sh	ibata	(4)	187
Masaı	nobu Ki	noshita	(4)	187	清水 洋治	Yoji Shimizu	(4)	200
Masaf	umi Kir	ino	(4)	210	塩田 琴美	Kotomi Shiota	(2)	59
Hajim	e Kobay	vashi	(4)	187	須永 遼司	Ryoji Sunaga	(4)	200
小林	剛	Tsuyoshi Kobayashi	(4)	223	Asami Suzuki		(4)	187
楠本	泰士	Yasuaki Kusumoto	(1)	16	高橋 浩美	Hiromi Takahashi	(3)	119
			(4)	179	高木 健志	Kenji Takaki	(1)	16
蒔田	寛子	Hiroko Makita	(4)	179	竹井 仁	Hitoshi Takei	(4)	200
松田	雅弘	Tadamitsu Matsuda	(1)	16	土田 拓治	Takuji Tsuchida	(4)	223
			(4)	179	宇佐 英幸	Hideyuki Usa	(4)	200
松村	将司	Masashi Matsumura	(4)	200	山田 孝	Takashi Yamada	(2)	68
Терре	i Mihar	a	(4)	210	吉澤 寿	Hisashi Yoshizawa	(1)	24

# 学会だより

第18巻1~	4号に掲載さ	れた論文の3	<b></b> 査読につき	まし
ては, 以下の	方々にご協力	いただきま	した。お礼	を申
し上げます	(敬称略)。			
赤間	邦子	田口	孝行	
浅川	康吉	種吉	啓子	
浅野	宏	富田	浩	
池田	由美	新田	收	
石川	陽子	乳井	嘉之	
宇佐	英幸	野村	亜由美	
大嶋	伸雄	福士	政広	
河原	加代子	ボンジュ	ェペイター	
栗田	英明	宮崎	茂	
来問	弘展	宮本	礼子	
小林	隆司	山田	拓実	
笹田	哲	渡邊	知佳子	
繁田	雅弘	(五十	音順)	
関根	紀夫			

236

## 日本保健科学学会会則

#### 第1章 総 則

第1条 本会は、日本保健科学学会(Japan Academy of Health Sciences)と称する。

#### 第2章 目 的

第2条 本会は、わが国における保健科学の進歩 と啓発を図ることを目的とする

#### 第3章 事業

- 第3条 本会は、前条の目的を達成するため次の 事業を行う。
  - 一. 学術交流を目的とする学術集会を開催する
  - 二. 会誌等を発行する
  - 三. その他理事会が必要と認めた事業を行う

#### 第4章 会員

- 第4条 本会の会員は、次のとおりとする。
  - 一. 正会員
  - 二. 学生会員
  - 三、替助会員
- 第5条 正会員とは、本会の目的に賛同するもの で保健科学に関心がある研究者もしくは 実践家であり、所定の会費を納入した個 人をいう。
  - 2. 正会員は総会に出席し、議決権を行使することができる。
  - 3. 正会員は、会誌に投稿し、学術集会で発表 し、会誌等の配布を受けることができる。
- 第6条 学生会員とは大学学部に在学し、保健科学に関連する分野に関心があるものであり、正会員1名の推薦があった個人をいう。学生会員は別途さだめる会費を納入する義務を負う。
  - 2. 学生会員は総会への出席および議決権の行使はできない。
  - 3. 学生会員は、会誌等の配布を受けることができる。
- 第7条 賛助会員とは、本会の目的に賛同する個

人または団体で、理事の承認を得た者を いう。

- 第8条 本会に入会を認められた者は、所定の年 会費を納入しなければならない。
  - 2. 既納の会費は、理由のいかんを問わずこれを返還しない。
- 第9条 会員は、次の理由によりその資格を失う。
  - 一、退会
  - 二. 会費の滞納
  - 三. 死亡または失踪宣告
  - 四. 除名
  - 2. 退会を希望する会員は、退会届を理事会へ 提出しなければならない。
  - 3. 本会の名誉を傷つけ、または本会の目的に 著しく反する行為のあった会員は、評議員 会の議をへて理事長がこれを除名すること ができる。

#### 第5章 役員および学術集会会長

- 第10条 本会に次の役員を置く。
  - 一. 理事長1名
  - 二. 理事 15 名程度
  - 三. 監事2名
  - 四. 事務局長1名
  - 五. 評議員定数は別に定める
- 第11条 役員の選出は次のとおりとする。
  - 一. 理事長は、理事会で理事のうちから 選出し総会の承認をうる。
  - 二. 理事および監事は、評議員のうちから選出し総会の承認をうる。
  - 三. 事務局長は正会員のうちから理事長 が委嘱する。
  - 四、評議員は正会員のなかから選出する。
  - 五. 役員の選出に関する細則は、別に定める。
- 第12条 役員の任期は2年とし再選を妨げない。 第13条 役員は、次の職務を行う。
  - 一. 理事長は本会を代表し会務を統括する。
  - 二. 理事は理事会を組織し会務を執行する
  - 三. 監事は本会の会計および資産を監査する。

- 四. 評議員は評議員会を組織し、理事会 の諮問に応じ本会の重要事項を審議 する。
- 第14条 学術集会長は、正会員のなかから選出 し総会の承認をうる。
- 第15条 学術集会長の任期は当該学術集会の前 の学術集会終了日の翌日から当該学術 集会終了日までとする。

#### 第6章 会議

- 第16条 本会に次の会議を置く。
  - 一理事会
  - 二. 評議員会
  - 三 総会
- 第17条 理事会は、理事長が招集しその議長と なる。
  - 2. 理事会は年1回以上開催する。ただし理事 の3分の1以上からの請求および監事から の請求があったときは、理事長は臨時にこ れを開催しなければならない。
  - 3. 理事会は理事の過半数の出席をもって成立する。
- 第18条 評議員会は、理事長が召集する。評議 員会の議長はその都度、出席評議員の うちから選出する。
  - 2. 評議員会は、毎年1回以上開催し、評議員の過半数の出席をもって成立する。
- 第19条 総会は、理事長が召集する。総会の議 長はその都度、出席正会員のうちから 選出する。
  - 2. 総会は、会員現在数の10%以上の出席がなければ議事を開き議決することができない。ただし、委任状をもって出席とみなすことができる。
  - 3. 通常総会は、年1回開催する。
  - 4. 臨時総会は、理事会が必要と認めたとき、 理事長が召集して開催する。
- 第20条 総会は、次の事項を議決する。
  - 一. 事業計画及び収支予算に関する事項
  - 二、事業報告及び収支決算に関する事項

- 三. 会則変更に関する事項
- 四. その他理事長または理事会が必要と 認める事項

#### 第7章 学術集会

- 第21条 学術集会は、学術集会長が主宰して開 催する。
  - 2. 学術集会の運営は会長が裁量する。
  - 3. 学術集会の講演抄録は会誌に掲載することができる。

#### 第8章 会誌等

- 第22条 会誌等を発行するため本会に編集委員 会を置く。
  - 2. 編集委員長は、正会員のうちから理事長が 委嘱する。任期は2年とし、再任を妨げない。

#### 第9章 会 計

- 第23条 本会の費用は、会費その他の収入をもってこれに充てる。
  - 2. 本会の予算および決算は、評議員会および 総会の承認を受け、会誌に掲載しなければ ならない。
- 第24条 本会の会計年度は各年4月1日にはじまり、3月末日をもって終わる。
- 第25条 学術集会の費用は大会参加費をもって 充てる。ただしその決算報告は理事会 において行う。
- 第26条 本会の事務局は、当分の間、首都大学 東京 健康福祉学部内におく。
  - 2. 事務局の運営に関しては、事務局運用規定に定める。

#### 第10章 会則変更

第27条 本会則の変更は、理事会および評議員 会の議を経たのち総会の承認をうるこ とを必要とする。

#### 第11章 雑 則

- 第28条 この会則に定めるもののほか本会の運 営に必要な事項は別に定める。
- 付 則 本会則は, 1998年9月30日から実施する。 (2005年9月10日改訂) 以上

## 日本保健科学学会細則

#### [会費]

- 1. 正会員の年度会費は, 10,000 円とする。 賛助 会員は年額 30,000 円以上とする。
- 2. 会費は毎年3月31日までに、その年度の会費を納付しなければならない。

#### [委員会]

- 1. 本会の事業を遂行するため、必要に応じて委員会を設置することができる。その設置は事業計画に委員会活動の項目を設けることで行う。
- 2. 委員長は理事・評議員の中から選出し、理事会で決定する。委員は正会員の中から委員長が選任し、理事長が委嘱する。委員の氏名は、会員に公表する。
- 3. 必要に応じて、副委員長、会計棟の委員会役 員を置くことができる。委員会の運営規約は、 それぞれの委員会内規に定める。
- 4. 委員会の活動費は、学会の経常経費から支出できる。
- 5. 委員会は総会において活動報告を行う。

(発効年月日 平成11年6月26日)

#### [事務局運用規約]

- 1. 本学会に事務局を置く。事務局の所在地は、 当分の間下記とする。
  - 116-8551 東京都荒川区東尾久 7-2-10 首都大学東京健康福祉学部内
- 2. 事務局に事務局長1名,事務局員若干名,事務局職員を置く。事務局員は,会員の中から事務局長が推薦し理事長が委嘱する。事務局長と事務局員は無給とする。事務局職員は有給とする。
- 3. 事務局においては事務局会議を開催し、学会 運営に関する事務を行う。事務局会議の結果 は、理事長に報告する。

(発効年月日 平成13年7月28日)

#### [編集委員会規約]

- 1. 日本保健科学学会誌(以下,会誌という)の 編集代表者は理事長とする。
- 2. 編集委員会の委員は正会員のうちから理事長 が委嘱する。任期は2年とし再任は妨げない。
- 3. 編集委員会は、編集にかかわる業務を行い、 会誌を定期的に刊行する。
- 4. 投稿論文は複数の審査者による査読の結果に 基づき、編集委員会において掲載を決める。
- 5. 編集委員会には、編集協力委員をおくことが できる。編集協力委員は、編集委員長が推薦 し理事長が委嘱する。
- 6. 編集委員会の結果は、理事長に報告する。 (発効年月日 平成 13 年 7 月 28 日)

#### 「役員選出に関わる細則」

- 1. 評議員は,職種別会員構成に準拠して,本人の承諾を経て選出する。
- 2. 評議員は、保健科学の学識を有し、本学会に 貢献する者とする。
- 3. 新評議員は2名以上の評議員の推薦を要する。
- 4. 理事長により選出された役員選出委員会にて 推薦された新評議員について上記 1.2. の条件 への適合について審議の上,新評議員候補者 名簿を理事会へ提案する。

(発効年月日 平成15年9月13日)

#### [学会功労者に関する表彰規定]

1. 理事より推薦があり、理事会において日本保 健科学学会の発展に著しい功績があると認め られた場合、表彰状を授与することができる。 (発効年月日 平成19年9月6日)

#### 「大学院生の会費割引に関わる規程」

1. 入会時および会費納入時に,所属する大学院 および研究科,および博士前期,後期を問わず, 学生証の提示により大学院生であることが確 認されれば,正会員資格のまま,会費の50% を軽減する。

(発効年月日 平成20年4月1日)

#### [会費未納に伴う退会規程]

- 1. 2年間会費未納の場合学会誌送付を中止し、さらに2年間未納の場合は退会とする。
- 2. 上記規程により退会となった者が会員資格の 回復を希望する場合は原則として未納分の会 費の納入を必要とする。

(発効年月日 平成20年4月1日)

#### [学会賞に関わる細則]

1. 日本保健科学学会誌に掲載された論文の中から、特に優秀な論文に対し以下の手順に従っ

て、優秀賞および奨励賞を授与することが出 来る。

#### 選出手順

- ①日本保健科学学会誌編集委員長が優秀賞・ 奨励賞選考委員会を招集する。
- ②優秀賞・奨励賞選出委員会は当該年度日本保健科学学会誌掲載論文の中から,優秀賞1編, 奨励賞1編を選出する. ただし奨励賞は筆頭著者が40歳未満であることを条件とする。

(発効年月日 平成20年4月1日)

# 日本保健科学学会誌 投稿要領

- 1. 本誌への投稿資格は日本保健科学学会会員と する。ただし、依頼原稿についてはこの限り ではない。投稿論文の共著者に学生会員を含 むことができる。研究や調査の際に倫理上人 権上の配慮がなされ、その旨が文中に明記さ れていること。
- 2. 原稿は未発表のものに限る。
- 3. 原稿は次のカテゴリーのいずれかに分類する。 ・総説
  - ・原著(短報, 症例報告, 調査報告などを含む)
  - ・その他(資料など)
- 4. 投稿原稿の採否は, 査読後, 編集委員会にお いて決定する。
- 5. 審査の結果は投稿者に通知する。
- 6. 原稿の分量および形式は、下記の通りとする。
- (1) 原稿はパソコンまたはワープロ(テキストファイル形式)を用い、A4 版横書き縦 40 行・横 40 字の 1600 字分を 1 枚とし、文献、図表、写真を含み、本文の合計が 10 枚(16000 字相当)以内を原則とする。1600 字用紙で 3 枚程度の短報も可能。
- (2) 図表,写真は,それぞれ1枚につき原稿400字分と換算し,原則として合計5枚以内とする。図は製版できるよう作成し,表はタイプ又はワープロで作成する。写真は白黒を原則とし,カラー写真の場合には実費負担とする。
- (3) 刷り上がり5ページ (8,000 字相当) までの 掲載は無料。6ページ以上の超過ページの印 刷に関する費用は有料とする (1ページ当た り8,000円)。
- 7. 原稿の執筆は下記に従うものとする。
- (1) 原稿の表紙に,題名(和文および英文),著 者氏名(和文および英文),所属(和文およ び英文),連絡先,希望する原稿のカテゴリー, 別刷必要部数を明記する。なお,著者が大学

院学生の場合、所属として大学院および研究 科等を記す。ただし他の施設・機関等に所属 している場合、これを併記することができる (例:首都大学東京大学院人間健康科学研究 科看護科学域、○○病院看護部)。連絡先には、 郵便番号、住所、氏名、電話、ファックス、 e-mail アドレスを含む。いずれの原稿カテゴ リーにおいても上記の様式とする。

- (2) 原稿本文には、和文の要旨(400字以内)とキーワード(5語以内)、本文、文献、英語要旨(300語以内の Abstract)と Keywords(5語以内)の順に記載し、通し番号を付け、図表及び写真を添付する。
- (3) 図、表及び写真は1枚ずつ別紙とし、それぞれの裏に通し番号と著者名を記入する。さらに図及び写真の標題や説明は、別紙1枚に番号順に記入する。また、原稿中の図表、写真の挿入箇所については、欄外に朱筆する。
- (4) 年号は原則として西暦を使用し、外国語、外国人名、地名は、原語もしくはカタカナ(最初は原綴りを併記)で書く。略語は本文中の最初に出たところでフルネームを入れる。
- (5) 文献の記載方法
  - a) 本文中の該当箇所の右肩に,順に1),2) …の通し番号を付し,文末に番号順に揚げる。
  - b) 雑誌の場合

著者名:題名. 雑誌名,巻(号):引用ページ,発行年 の順に記載する。 (例)

井村恒郎:知覚抗争の現象について.精神経誌,60:1239-1247,1958.

Baxter, L R, Scwartz, J M, et al.: Reduction of prefrontal cortex metabolism common to three types of depression. Arch Gen Psychiatry, 46: 243–250, 1989.

c) 単行本の場合

著者名:題名. 監修ないし編集者,書名, 版数:引用ページ,発行社名,発行地名, 西暦発行日の順に記載する。

(例)

八木剛平, 伊藤 斉: 躁鬱病. 保崎秀夫

編著,新精神医学: 282-306, 文光堂, 東京, 1990.

Gardnar, M B: Oncogenes and acute leukemia. Stass SA (ed), The Acute Leukemias: 327 – 359, Marcel Dekker, New York, 1987.

- d) 著者名が 4 名以上の場合, 3 名連記の上, ○○○、他. あるいは○○○、et al. とする。
- 8. 原稿はパソコン又はワープロ(テキストファイル形式)で作成し、正原稿1部とそのコピー 1部、所属・著者名を削除した副原稿2部、 合計4部を提出する。また、電子媒体(DVD、 CD、USBメモリー等)(氏名、ファイル名 等を明記)と所定の投稿票と投稿承諾書(巻 末)を添付する。
- 9. 修正後の原稿提出の際には, 修正原稿1部と そのコピー1部, 修正副原稿(所属, 著者名 を削除)2部, 修正後の電子媒体(氏名, ファ イル名等を明記), 査読済の元原稿(コピー) 2部を添えて提出する。
- 10. 著者校正は1回とする。校正の際の大幅な変 更は認めない。
- 11. 採択した原稿及び電子媒体は、原則として返却しない。

- 12. 論文1編につき別刷30部を贈呈する。それ以上の部数は著者の実費負担とする。
- 13. 原稿は日本保健科学学会事務局 〒116-8551 東京都荒川区東尾久 7-2-10 首都大学東京 健康福祉学部内 に提出する。
- 14. 本誌に掲載された論文の著作権は日本保健科 学学会に帰属する。
- 15. 査読候補者について
- (1) 査読者候補の指名を希望する場合は、該当者の①氏名、②所属、③ e-mail アドレスを明記した別紙(フォーマットは任意)を添付すること。なお、査読者の最終的な選定は編集委員会で行うため、必ずしも査読候補者が査読者に加わるとは限らない。
- (2) 投稿者の不利益が予想される場合,投稿者は該当者を指名して査読候補者から除外するよう希望することができる。指名する場合は、①投稿者に不利益が生じる理由,および該当者の②氏名,所属,e-mailアドレス等を明記した別紙(フォーマットは任意)を添付すること。なお,査読者の最終的な選定は編集委員会で行うため,該当者が査読者に加わる場合もある。

(2015年6月10日改訂)

# 入 会 の おすすめ

日本保健科学学会(旧)東京保健科学学会)は平成10年9月30日に設立されましたが、現在会員数は500余名を数えます。大東京を中心とする保健医療の向上と福祉の増進および学問の交流・推進に寄与するためにはますます本学会の活動を充実させる事が必要です。この骨組みに肉付け・味付けするのは会員の皆様です。

また、会誌の発行などは会員の年会費に大いに依存しています。この趣旨に賛同される皆様の入会を切に希望します。備え付けの入会申込書に年会費1万円を添えてご入会下さい(下記郵便振替も可)。

# 投稿論文 募 集

日本保健科学学会雑誌は、皆様の投稿論文をよりスピーディに円滑に掲載できるよう年4回の発行を予定しています。また、論文の受付は常時行っており、審査終了後、逐次掲載していきますので、会員多数のご投稿をお待ちしております。 投稿論文は本誌掲載の投稿要領をご熟読の上、学会事務局までお願いします。

入会や会誌に関しては、日本保健科学学会事務局までお問い合わせ下さい。 事務取り扱い時間は、

月曜日と水曜日は午前10時~午後4時まで、金曜日は午後1時30分~午後5時となっております。

〒 116-8551 東京都荒川区東尾久 7-2-10

首都大学東京 健康福祉学部内

TEL. 03-3819-1211 内線 270 e-mail: gakkai@tmu.ac.jp

ダイヤルイン 03-3819-7413 (FAX 共通)

郵便振替 口座番号 00120-0-87137, 加入者名 日本保健科学学会

# Submission Guide for the Journal of Japan Academy of Health Sciences

- All authors wishing to submit papers to the journal must be members of the Japan Academy of Health Sciences. Authors preparing manuscripts on request from the Editorial Board are exempt from this qualification. Coauthors may include student members. All research should fully protect the participants' rights and conform to accepted ethical guidelines. This should be confirmed in the manuscript.
- Manuscripts published previously or that are currently being considered for publication elsewhere will not be accepted.
- Manuscripts should be categorized as one of the following types of articles.
  - · Review article
  - · Original article (including brief report, case study, field report, etc.)
  - · Other (data, information, materials)
- 4. The Editorial Board decides on acceptance of the manuscript following review.
- 5. The author will be notified of the decision.
- 6. Article lengths and formats are as below.
- (1) English manuscript should be double spaced, using PC or word processor (text file), 12 pt font in A4 size, no longer than 10 pages (7,000 words) in principle including references, tables, figures and photographs. Short report (approximately 2,000 words) is also acceptable.
- (2) Each table, figure and photograph is counted as 200 words and maximum of 5 tables, figures and photographs is permitted in total. Figures should be of adequate quality for reproduction. Tables should be made using

- word processor. Photographs should be black and white in principle; expenses for color printing must be borne by the author.
- (3) No charge will be imposed on the author for manuscripts up to 5 pages (printed pages in the journal, approximately 3,000 words) in length. Charges for printing manuscripts in excess of 6 pages will be levied on the author at a rate of JPY 8,000 per page.
- Manuscripts should be prepared in the following style.
- (1) The title page includes: Title, name of each author with departmental and institutional affiliation, address, postal code, telephone and fax numbers, e-mail address of the corresponding author, type of article and number of offprints you require. When the author is a graduate student, academic affiliation should be listed as an institutional affiliation, however, she/he may write workplace affiliation (ex. Department of Nursing Sciences, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University /Department of Nursing, XX Hospital). All submissions should follow the above style.
- (2) Manuscripts should include: abstract (300 words or fewer), keywords (5 or few words). Text, references, abstract and keywords should be presented in the above order. Tables, figures and photographs must be enclosed. Abstract in Japanese (400 characters or fewer) may be included optionally.
- (3) Tables, figures and photographs should be numbered and have the name of the author on the back sides. Their locations in the text should be indicated in the margin with red ink. A list of titles of tables, figures and photographs and brief explanation (if necessary) should be presented in order on a separate sheet.
- (4) Dates should be indicated using the Western calendar. Words, names and names of places

in non-English languages should be stated in original languages or katakana. when they appear first in the text. When using an abbreviation, use the full word the first time it appears in the manuscript.

#### (5) References

- a) Consecutive superscript numbers are used in the text and listed at the end of the article. Each reference should be written in the following order.
- b) Journal article
   Names of author (s), title, name of journal, volume/issue number, pages and year of publication.

#### (Example)

Baxter, L R, Schwartz, J M, et al.: Reduction of prefrontal cortex metabolism common to three types of depression. Arch Gen Psychiatry, 46: 243-250, 1989.

Books
 Names of author (s), article or chapter title, editor(s), book title, volume number in series, pages, publisher, place of publi

cation and year of publication.

#### (Example)

Gardner, M B: Oncogenes and acute leukemia. Stass SA (ed). The Acute Leukemias: 327-359, Marcel Dekker, New York, 1987.

- d) In case of more than four authors, use "et al" after the citation of three authors.
- 8. Manuscripts should be prepared using PC or word processor (text file) and submitted in duplicate as one original and one copy. In addition, two hard copies without the authors' name(s) and affiliation(s) should be enclosed. Together with the manuscript, electronic files (DVD, USB, etc; labeled with the author and file names), submission form and Author Consent Form should be enclosed.

- 9. After changes or corrections, the revised manuscript, a copy and two hard copies without authors' name(s) and affiliation(s) should be submitted, along with electronic files on 3.5 inch diskette (labeled with author and file names). The initial manuscript and the copy should be enclosed.
- 10. Page proofs will be made available once to the author. Further alterations other than essential correction of errors are not permitted.
- 11. In principle, accepted manuscripts and electronic files will not be returned.
- 12. The author will receive thirty free offprints from the journal. Additional offprints will be provided upon request at the author's expense.
- Manuscripts should be sent to:
   Japan Academy of Health Sciences
   C/O Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
   Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo, Japan Postal Code 116-8551
- 14. Copyright of published articles belong to Japan Academy of Health Sciences.
- 15. Suggesting referee(s)
- (1) Authors may suggest referee candidate(s) to provide quick and smooth review process. Authors wishing to suggest referee candidate(s) must attach a file with referee candidate(s)' name(s), affiliation(s), and e-mail address(es). However, referees are selected by the Editorial Board, so suggested referee candidate(s) may not be utilized.
- (2) Authors may request to remove designated person(s) from a list of referees when there is a potential conflict of interest. The author must attach a file with the person(s)' names, affiliation(s), and the reason of the conflict. However, final choice of referees is made by the Editorial Board.

#### 編集後記

日本保健科学学会は、保健医療の向上と福祉の増進及び関連学問の交流と推進を目的とした開かれた学会であります。関連した研究成果が本学会誌で公表されております。これらの研究論文は多くの方に役立っていることと思います。近年は英文論文も多く投稿されております。また、編集委員会では査読者の協力の下、迅速な査読体制を取り掲載までの時間の短縮に努めております。

本学会誌の質をさらに高め学会誌をより広く周知させるためには、会員の皆様からの活発な論文投稿が 不可欠であります。是非とも論文投稿をお願い申し上げます。 (福士政広)

#### 編集委員(※は編集協力委員)

繁田	雅弘	(顧問)		小林	法一	(編集委員	長)
河原加	1代子	(副編集委	員長)	網本	和	石井	良和
井上	薫	井上	順雄	笠井	久隆	加藤	洋**
篠原	広行	杉原	素子	竹井	仁	谷村	厚子※
西村	ユミ	沼野	智一	廣川	聖子※	福井	里美
福士	政広	古川	順光※	丸山	仁司	山村	礎
山本美	是智代	米本	恭三			(五十	音順)

日本保健科学学会では、ホームページを開設しております。 http://www.health-sciences.jp/

## 日本保健科学学会誌

(略称:目保学誌)

#### THE JOURNAL OF JAPAN ACADEMY OF HEALTH SCIENCES

(略称: J Jpn Health Sci)

定価 1部2,750円(送料と手数料を含む) 年額 11,000円(送料と手数料を含む)

2016年3月25日発行 第18巻第4号©

発 行 日本保健科学学会

〒116-8551 東京都荒川区東尾久7-2-10

首都大学東京 健康福祉学部内 TEL. 03 (3819) 1211 (内線 270)

ダイヤルイン03(3819)7413(FAX共通)

製作·印刷 株式会社 双文社印刷

〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11 TEL. 03 (3973) 6271 FAX. 03 (3973) 6228

ISSN 1880-0211

本書の内容を無断で複写・複製・転載すると、著作権・出版権の侵害となることがありますのでご注意下さい。

246

