

歩行アシストが回復期心臓リハビリテーション対象患者の歩行に及ぼす効果

EFFECTS OF WALKING ASSIST DEVICE ON WALKING ABILITY IN PATIENTS WITH RECOVERY PHASE CARDIAC REHABILITATION

村上 賢治¹⁾

河崎 靖範²⁾

山崎 慎介²⁾

松山公三郎³⁾

Kenji MURAKAMI, Yasunori KAWASAKI, Shinsuke YAMAZAKI, Kouzaburo MATSUYAMA

キーワード：歩行アシスト，回復期心臓リハビリテーション，6分間歩行距離

Key words：Walking assist device, recovery phase cardiac rehabilitation, 6 minutes walking distance

要 旨

[はじめに]

Honda 社製歩行アシスト（以下、歩行アシスト）は歩行改善を目的とした装着型歩行補助装置である。歩行アシストの使用が心臓術後の回復期心臓リハビリテーション（以下、心リハ）対象患者の歩行にどのような影響を与えるかを調査した。

[方法]

心リハ開始時に歩行自立していた11例を対象に、歩行アシスト装着時と非装着時の6分間歩行距離（以下、6MD）、10m歩行時間、ステップ長を計測し比較した。また即時効果として、心リハ開始時に6MDが可能な6例を対象に、歩行アシスト非装着歩行訓練後の6MDと、歩行アシスト装着歩行練習後の6MDを計測し比較した。

[結果]

歩行アシスト装着時の6MD ($p<0.01$)、10m歩行時間 ($p<0.05$)、ステップ長 ($p<0.01$) は、非装着時に比べ有意に改善した。即時効果では、歩行アシスト装着歩行練習後の6MDが非装着歩行練習後の6MDに比べ、歩行距離が有意に延長した ($p<0.05$)。10m歩行時間は有意差を認めなかったが、歩行アシスト装着歩行練習後が歩行アシスト非装着歩行練習後に比べ減少傾向にあった ($p=0.06$)。

1) 仙台青葉学院短期大学 リハビリテーション学科 理学療法専攻

2) 熊本リハビリテーション病院 リハビリテーション部

3) 竜山内科リハビリテーション病院 循環器内科

受理日：2017年2月1日

[考察]

歩行アシストを装着した歩行訓練は、心臓術後の回復期心リハ患者の歩行能力向上に有効な可能性が示唆された。

Abstract

Propose : Honda Walking assist device is a wearable walking auxiliary device for gait improvement. We report the research study how use of walking assist device influences on the patients with cardiac rehabilitation during the recovery phase after cardiac surgery.

Methods : For 11 cases with the study subjects who could walk at the start of cardiac rehabilitation, we have measured and made a comparison of 6-minute walking distance (6MD) test, 10m walking time, and step length with/without walking assist device. In addition, we also have measured and made a comparison of 6MD in 6 cases after gait training with/without walking assist device at the start of cardiac rehabilitation.

Results : 6MD with walking assist device ($p < 0.01$) , 10m walking time ($p < 0.05$) , and step length ($p < 0.01$) were significantly improved in comparison to without walking assist device. For the immediate effect, 6MD after gait training with walking assist device was significantly extended in comparison to without walking assist device ($p < 0.05$) . Although there was no significant difference in 10m walking time, the time tended to be reduced after gait training with walking assist device in comparison to without walking assist device ($p = 0.06$) .

Conclusion : It is suggested that gait training with walking assist device could be effective to improve walking ability for the patients with cardiac rehabilitation during the recovery phase after cardiac surgery.

【はじめに】

内閣府の平成27年版高齢社会白書では、総人口に占める65歳以上人口の割合（高齢化率）は平成26年10月現在26.0%とされており、今後もその割合は上昇を続けると予測されている¹⁾。2013年には政府の「日本再興計画」に実用性の高い介護ロボット開発を目指した「ロボット介護機器開発5カ年計画」が提唱された。このように超高齢化社会と国家成長戦略により、介護・医療の分野に積極的にロボット導入の計画がされており大きな期待を集めている。

近年、リハビリテーション分野でもロボットを活用したリハビリテーションの導入が進んでおり、ロボット型歩行練習機や歩行支援ロボット、さらにはロボットスーツが登場し、より生理的な歩行を早期から再現する機能練習が行われるようになって

きている。そんな中、株式会社本田技術研究所が開発した歩行アシスト装置（以下、歩行アシスト）は、屋外での使用も可能な腰部に装着する歩行支援ロボットである。約2.7kgと軽量であり、歩行時の股関節角度センサーの情報をもとに協調制御を行い、制御CPUの指示を受けたモーターが股関節の屈曲、伸展に最適なアシストを行うことで遊脚初期の振り出しと、荷重応答期の股関節伸展に作用し、目標歩行比（stride length/cadence）になるように制御を行う。そのことが消費エネルギーの少ない理想的な歩行へ誘導し、歩行改善を目的としている。歩行アシストによる効果は、歩行時の股関節角度増大による歩幅の拡大や歩行速度の向上、歩行効率の改善などが報告されており、高齢者や脳血管疾患患者、運動器疾患患者のリハビリテーションでは効果の報告が散見されるが、心臓リハビリテーション（以下、心リ

ハ) 対象患者においての報告はみられない。心臓外科術後の高齢者は、長期の病悩期間による組織の脆弱化、加齢による心臓予備能や筋力の低下があるとされ²⁾、そのことが歩行能力低下やADL能力低下をもたらすと考えられている。

そこで本研究の目的は、心臓術後の回復期心リハ対象患者に対する歩行アシスト使用の安全性の確認とともに、歩行にどのような影響を与えるかを調査することである。

【対象および方法】

1. 対象

平成25年7月から平成26年3月までの期間で熊本リハビリテーション病院に入院した心リハ対象者において、心リハ開始時に歩行が歩行補助具の使用なく自立していた11例（男性：8例、女性：3例、平均年齢：67.5±5.3歳、術後から当院心リハ開始までの期間：21.0±6.6日、入院日数：38.7±13.8日）とした。

対象者の疾患は冠動脈バイパス術（CABG）後5例、大動脈解離術後3例、解離性大動脈瘤術後2例、大動脈弁置換術後1例である（表1）。除外基準としては認知症などにより指示理解が困難なもの、ペースメーカー装着者、歩行アシスト装着、使用により疼痛などの症状が増強するもの、参加の同意が得られないものとした。

2. 方法

歩行アシスト装着時の歩行への効果（以下、装

着効果）を確認するため、歩行アシスト装着時と非装着時にそれぞれ6分間歩行テスト（6MWT）を実施した。また、歩行アシスト使用後の歩行に対する即時的な効果（以下、即時効果）を確認するため、前述した11例の中から心リハ開始時に6MWTが可能であった6例（男性：4例、女性：2例、年齢：70.0±4.1歳、術後から当院心リハ開始までの期間：20.2±8.5日、入院日数：35.2±13.0日、疾患：大動脈解離術後3例 CABG 後2例 解離性大動脈瘤術後1例）を対象に（表1）、歩行アシスト装着歩行運動後と、非装着歩行運動後にそれぞれ6MWTを実施した。歩行運動は、心リハ時に屋内の70m直線路を用いて1往復行った。6MWTはATSガイドラインに準じて実施し、歩行運動と同じ歩行路を用いて往復歩行を行い、測定は連続した2日間で実施した（図1）。股関節の屈伸運動に対するアシスト強度の設定は、患者の歩きやすさと理学療法士の観察をもとに調節した。計測項目は、装着効果、即時効果それぞれ6分間歩行距離（6MD）、10m歩行時間、ステップ長を計測し比較した。また本研究の対象者に対し、歩行アシストの使用が安全であるかを確認するため、装着効果、即時効果それぞれの6MWT前後での収縮期血圧（SBP）、拡張期血圧（DBP）、心拍数（HR）、動脈血酸素飽和度（SpO₂）、心電図を計測した。血圧の計測にはオムロン社製血圧計HEM-762ファジーを用い、心拍数と心電図は日本光電社製BSM-2301を、SpO₂は帝人社製パルスオキシメータPULSOX-Mを用い計測を行

表1. 被験者の基本特性

	使用効果(n=11)	即時効果(n=6)
年齢(歳)	67.5±5.3	70.0±4.1
性別(男性/女性)	8/3	4/2
術後から当院心リハ開始までの経過日数(日)	21.0±6.6	20.2±8.5
当院入院日数(日)	38.7±13.8	35.2±13.0
疾患名		
CABG	5	2
大動脈解離術後	3	3
解離性大動脈瘤術後	2	1
大動脈弁置換術後	1	0



図1. 歩行アシスト使用時

なった。

3. 分析方法

装着効果、即時効果ともに SBP、DBP、HR、6MD、10m歩行時間、ステップ長をそれぞれ対応のある t-検定で比較した。統計学的処理は EZR version 1.20を用いて、有意水準を 5%未満とした。

4. 説明と同意

全ての対象者には事前に本研究の趣旨、内容を説明した上で、口頭および書面により参加協力の同意を得た。なお本研究は熊本リハビリテーション病院研究倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号28-13）。加えて本研究において熊本リハビリテーション病院と本田技術研究所との間に歩行アシストの借用を除いて利害関係は発生してい

ない。また個人としても本田技術研究所との間に利害関係は発生していない。

【結果】

装着効果において、6MD は、歩行アシスト装着時 ($435.9 \pm 45.8\text{m}$) が、歩行アシスト非装着時 ($413.6 \pm 41.8\text{m}$) に比べ有意に増加した ($p < 0.01$) (図 2)。10m 歩行時間は、歩行アシスト装着時 (8.4 ± 0.7 秒) が歩行アシスト非装着時 (8.8 ± 1.0 秒) に比べ有意に減少した ($p < 0.05$) (図 3)。ステップ長は、歩行アシスト装着時 ($0.66 \pm 0.1\text{m}$) が、歩行アシスト非装着時 (非装着時: $0.64 \pm 0.1\text{m}$) に比べ有意に増加した ($p < 0.01$) (図 3)。即時効果では、歩行アシスト装着歩行練習後の 6MD ($450.0 \pm 38.9\text{m}$) が非装着歩行練習後の 6MD ($416.7 \pm 40.4\text{m}$) に比べ有意に距離が延長した ($p < 0.05$) (図 4)。10m 歩行時間は、歩行アシスト装着歩行練習後 (7.9 ± 0.8 秒) が歩行アシスト非装着練習後 (8.5 ± 0.9 秒) に比べ短縮傾向にあった ($p = 0.06$) (図 5)。ステップ長 (歩行アシスト装着練習後: $0.65 \pm 0.1\text{m}$, 歩行アシスト非装着練習後: $0.63 \pm 0.1\text{m}$) では有意差を認めなかった (図 5)。6MD 前後の SBP、DBP、HR は歩行アシスト装着効果、即時効果のいずれの調査でも有意差は認めなかった (表 2、4)。各調査時の 6MD 前後の SBP、DBP、HR の差でも、いずれも有意差は認めなかった (表 3、5)。また、歩行アシスト使用中に重症不整脈等のリスクの高い心電図変化や自覚症状の悪化も認めなかった。

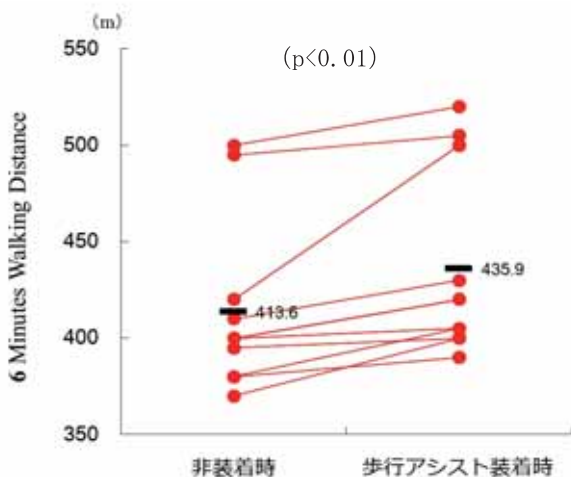
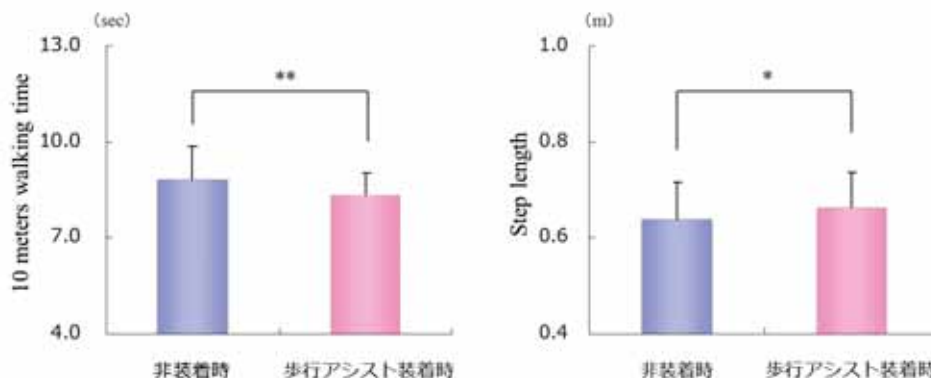


図 2. 歩行アシスト装着時と非装着時の 6 分間歩行距離の比較



** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$

図 3. 歩行アシスト装着時と非装着時の 10m 歩行時間、ステップ長比較

表 2. 歩行アシスト装着時、非装着時における6MWT 前後のバイタル変化

		非装着時	装着時	p-value
SBP (mmHg)	6MWT前	105.1±14.2	111.8±17.7	ns
	6MWT後	115.9±12.7	118.0±14.5	ns
DBP (mmHg)	6MWT前	63.2±7.6	64.5±8.6	ns
	6MWT後	68.2±6.9	67.5±12.0	ns
HR (bpm)	6MWT前	74.4±14.2	71.1±13.5	ns
	6MWT後	88.8±15.1	87.1±14.6	ns

表 3. 歩行アシスト装着時、非装着時における6MWT 前後のバイタル差

	非装着時	装着時	p-value
SBP (mmHg)	10.8±15.4	6.3±10.2	ns
DBP (mmHg)	5.0±5.4	3.0±8.7	ns
HR (bpm)	14.3±7.2	16.0±7.1	ns

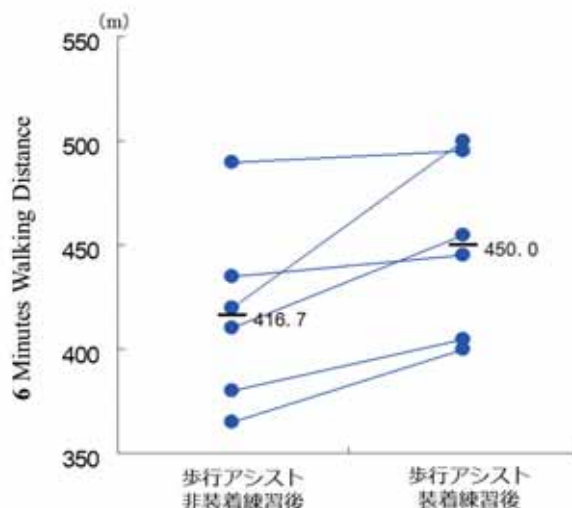


図 4. 歩行アシスト装着時と非装着時の 6 分間歩行距離の比較

表 4. 歩行アシスト装着歩行練習時、非装着歩行練習時における6MWT 前後のバイタル変化

		通常歩行練習後	装着歩行練習後	p-value
SBP (mmHg)	6MWT前	104.8±15.2	109.8±18.9	ns
	6MWT後	123.0±20.5	121.8±13.5	ns
DBP (mmHg)	6MWT前	66.2±8.3	70.2±15.2	ns
	6MWT後	74.4±7.3	77.8±12.6	ns
HR (bpm)	6MWT前	73.2±14.8	73.0±18.1	ns
	6MWT後	91.6±17.4	90.4±16.2	ns

表 5. 歩行アシスト装着歩行練習時、非装着歩行練習時における6MWT 前後のバイタル差

	通常歩行訓練後	装着歩行訓練後	p-value
SBP (mmHg)	18.2±12.8	12±7.8	ns
DBP (mmHg)	8.2±9.5	7.6±7.9	ns
HR (bpm)	18.4±7.4	17.4±9.1	ns

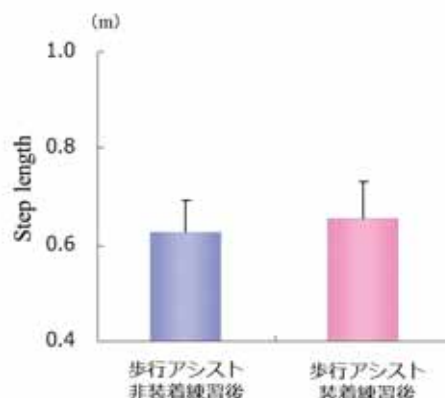
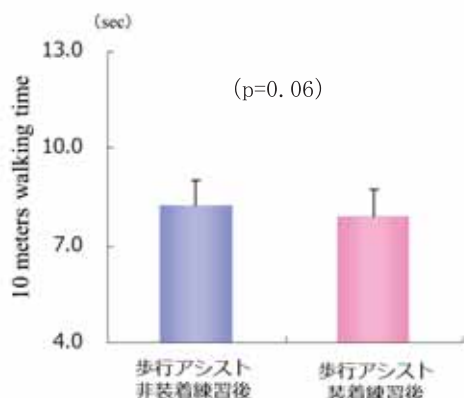


図 5. 歩行アシスト装着歩行練習後と非装着歩行練習後の10m 歩行時間、ステップ長比較

【考察】

本研究は、6MD、10m 歩行速度、ステップ長に着目し、歩行アシスト使用の有無が心臓術後の回復期心リハ対象患者の歩行にどのような影響を与えるかの調査を行うとともに、6MWT 前後のSBP、DBP、HR、心電図変化を確認することで、歩行アシスト使用の安全性を確認するものである。

本研究の結果から、装着効果、即時効果実施時において、6MWT 前後の、SBP、DBP、HR に有意差は見られなかった。また、6MWT 前後のSBP、DBP、HR の差においても有意差は見られなかった。歩行アシスト使用中に重症不整脈等のリスクの高い心電図変化や自覚症状の悪化も認めなかった。Kitatani らは、健常成人では歩行アシストを使用することで、酸素コストおよび心拍数を有意に低下させ、歩行エネルギー消費を減少させている³⁾。このことから、歩行が自立した心臓術後の回復期心リハ対象者に対する歩行アシストの使用は、著明なリスクを回避し、安全に使用できるのではないかと考えられた。

心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン（2012年改訂版）によると、回復期心リハの目的は、身体活動範囲を拡大し、良好な身体的・精神的状態をもって職場や社会に復帰することとされている⁴⁾。そのためには運動耐容能や歩行能力を向上させ、ADL、QOL を獲得、改善させることが重要である。本研究の結果から、心リハ対象患者への歩行アシスト装着歩行は、歩行アシスト非装着歩行時に比べ、6MD、10m 歩行時間、ステップ長のいずれにおいても有意に改善した。石田らは、心臓外科術後患者の6MD 関連因子の1つとして下肢筋力があると述べており⁵⁾、下肢筋力は歩行スピードや運動耐容能と関連しているとされている。また、心疾患患者では筋の質的・量的変化が、持久力低下や易疲労性の要因との報告があり³⁾、疾患の罹患期間が長い場合、好気性代謝が主である Type I 繊維や Type II a 繊維が減少し、嫌気性代謝の Type II b 繊維が増加する可能性があるといわれている。この筋

の質的・量的変化が、持久力の低下や易疲労性の要因と考えられる。今回、下肢筋力の計測は実施していないが、本研究対象者の歩行アシスト非装着時6MD は413.6m であり、文部科学省が実施している平成27年度体力・運動能力調査の同年代の結果（65～69歳、男性：620.2m 女性：590.3m）と比較しても非常に短い結果となっている⁶⁾。このことから、本研究対象者が心疾患の影響から筋力低下をきたし、6MD の短縮に繋がっていると考えられた。本研究に使用した歩行アシストは、歩幅と歩調の双方の制御によって、歩行を効率的に行うため適切な歩行比に誘導し、歩行の運動負荷を軽減することに主眼が置かれている。そして、アシストによる歩行制御は、歩行比をわずかに大きくするように誘導し、装着者の歩行率増加を抑制しつつ歩幅を大きくする⁷⁾。安原らは、高齢者の歩行アシスト短期装着実験において、装着時の歩行比を目標通りに誘導し、筋負担を軽減させたと報告している⁸⁾。これらのことから本研究では、歩行アシスト装着による下肢筋に対する負担軽減が6MD、10m 歩行時間、ステップ長を有意に改善したのではないかと考えられた。

即時効果では、歩行アシスト装着歩行運動後の6MD が、歩行アシスト非装着歩行練習後の6MD に比べ有意に距離が延長した。10m 歩行時間は短縮する傾向にあった。DeVita らは、高齢者が若年成人に比べ、歩行時の股関節周囲筋を279%多く活動させていることを示し、足関節の機能低下を補うために股関節周囲筋が活性化され、歩行効率低下を起していることを報告している⁹⁾。また、Shimada らは、歩行アシストの3ヶ月間の介入効果として股関節周囲筋の活動性を減少させ、歩行時の効率的な筋活動により高齢者の歩行耐久性を高めることができるとしている¹⁰⁾。歩行アシストは高齢者の遊脚相開始時に、効率的に筋を使用する方法を学習することができる¹¹⁾とされており、歩行アシスト装着歩行運動後の6MD が延長したことから、本研究の対象患者についても同様の学習効果があったのではないかと考えられた。また、塚越らは健常者での歩行アシスト使用が、直後の

歩行速度増加に効果的であることを報告している¹¹⁾。心疾患患者の歩幅、歩行速度と6MDとの関係性では、歩行速度の増加が6MDの延長に関係していることが示されていることから¹²⁾、歩行アシストの使用が適切な歩行パターンへ即時的に誘導したことで、10m歩行時間の短縮から6MDの延長に繋がったのではないかと考えられた。

今後、ロボットによるリハビリテーションは様々な疾患に活用できる可能性を秘めている。回復期心臓リハビリテーション対象患者においても、有酸素運動による運動耐容能の向上やレジスタンストレーニングによる筋力向上に加え、歩行アシストを使用した歩行練習により、筋肉に負担の少ない効率的な歩行方法を学習することで、身体活動範囲を拡大しADLの向上やQOLの獲得ができるのではないかと考えられた。本研究から歩行アシストを装着した歩行練習は、安全に使用でき、心臓術後の回復期心臓リハ患者の歩行能力向上に有効な可能性が示唆された。

【本研究の限界】

本研究では対象患者が少数例であり、基礎疾患や手術も様々であった。そのため、本研究の結果の適応性は限られた範囲のものとなる。さらに症例数を増やし、より信頼性のあるデータとしていく必要があると考える。また、今回歩行に着目したため、筋力やバランスなどとの比較や関係性を示すに至っていない。心臓リハ対象者に対する歩行アシストトレーニングの有効性を示すためには、更なる詳細なデータの集積が必要であると考えられる。

【謝辞】

本研究にあたりまして、調査の遂行にご指導、ご協力いただきました竜山内科リハビリテーション病院の松山公三郎先生、熊本リハビリテーション病院の河崎靖範先生、山崎慎介先生、並びに調査に同意の上、ご協力いただいた患者様に心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 内閣府ホームページ：平成28年版高齢社会白書。
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/gaiyou/s1_1.html
- 2) 斎藤 花織, 他. 高齢者における心臓外科手術前後の運動耐容能変化. 理学療法学, 第28巻 第7号: 320-324, 2001.
- 3) Kitatani R, Ohata K. Reduction in Energy Expenditure During Walking Using an Automated Stride Assistance Device in Healthy Young Adults. Arch Phys Med Rehabil, S0003-9993(14): 502-504, 2014.
- 4) 野原 隆司: 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2012年改訂版) : http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS_2012_nohara_h.pdf
- 5) 石田 智大, 他: 心臓外科術後の歩行距離に影響を及ぼす因子の検討. 日本理学療法学会大会誌: 2011.
- 6) スポーツ庁ホームページ: 平成27年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について. http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1377959.htm
- 7) 及川 清志: 歩行アシスト. 自動車技術会春季大会「人と共存するクルマとロボット」フォーラム, 2008.
- 8) 安原 謙, 他: リズム歩行アシスト. Honda R&D Technical Review, Vol21 No 2: 54-62, 2009.
- 9) DeVita P, Hortobagyi T.: Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. J Appl Physiol; 88: 1804-1811, 2000.
- 10) Shimada H, Hirata T, et al.: Effects of a robotic walking exercise on walking performance in community-dwelling elderly adults. Geriatr Gerontol Int. 9: 372-381, 2009.

- 11) 塚越 累, 他: Honda 製リズム歩行アシスト装置の即時的効果—使用前後における歩行運動学的・筋電図学的変化—. 日本理学療法学術大会誌: 2013
- 12) 河崎 靖範, 村上 賢治, 他: 心臓リハビリテーションにおける歩行速度と運動能力の関係. 理学療法学, Vol.37 Suppl. No.2, 2010.