●原 著●

末梢動脈疾患に対する血行再建術前後における最大歩行距離と
身体機能との関連

湯口 聡¹ 松尾 知洋¹ 斎藤 和也¹ 中島 真治¹ 氏川 拓也¹ 住友 泉²
森沢 知之³ 間瀬 教史⁴ 丸山 仁司⁵ 喜多 利正⁶ 石田 敦久⁷

要 旨：末梢動脈疾患における血行再建術前後の 11 例において、最大歩行距離(MWD)と下肢血行動態、下肢筋力、心拍予備能の変化および関連を検討した。手術後の下肢血行動態、心拍予備能、MWD は有意に改善したが、下肢筋力は改善を認めなかった。また、手術後の MWD は下肢筋力にのみ有意な相関を認めた。血行再建術後の短期間では下肢筋力は改善せず、MWD をさらに改善するには筋力増強を含めた運動療法が重要であることが示唆された。(J Jpn Coll Angiol 2013; 53: 135-142)

Key words: peripheral arterial disease, revascularization, maximum walking distance

はじめに

近年、末梢動脈疾患(peripheral arterial disease; PAD)は生活習慣病の増加に伴い急増している。米国では3~30%が無症状PADを有しており、70歳以上に限れば15~20%と報告されている¹⁾。また、無症状を含むPAD患者の約23~65%に冠動脈疾患および脳血管疾患を併発しているとされ、主要な死因は心血管疾患であるとする報告^{2,3)}や、間歇性跛行(intermittent claudication; IC)を有するPAD患者の5年生存率は約75%、重症虚血肢を有する患者では約40%まで低下すると報告され⁴⁾、無症状やICといった比較的軽症な状態から予防などの早期診断と治療の介入が必要となっている。下肢閉塞性動脈硬化症の診断・治療指針II(Trans-Atlantic Inter-Society Consensus II; TASC II)では、運動療法はすべてのPAD患者に対す

る初期治療の一環として監視下運動療法を利用できるようにするべきであるとされ、トレッドミルまたはトラック歩行を30~60分間に跛行が起こるのに十分な強度で行い、運動回数は通常週3回、3カ月間行うことを推奨しており、その有効性を示す報告も多数ある⁵⁾。

一方、初期治療としての薬物療法および運動療法で改善が認められない場合は、下肢血流の改善を目的に下肢血行再建術の適応が検討される。下肢血行再建術後の運動療法に関しては、その有効性についていくつかの報告^{6,7)}があり、下肢血行再建術後における運動療法は最大歩行距離(maximum walking distance; MWD)の改善に有効であることが示されている。しかし、本邦では運動療法の普及は十分でなく⁸⁻¹⁰⁾、運動療法に関しては十分に検討されていない現状がある。

当院ではPAD症例に対して、下肢血行再建術後にTASC IIガイドラインで推奨されている歩行を中心とした運動療法を実施している。しかし、術後にICは改善されたが、歩行中に息切れを生じ、先行研究のような効果を得られない症例をしばしば経験する。以前、われわれは先行研究において、術後にMWDを制限している症状について検討し、術後のMWDには下肢血行動態や心肺機能、下肢骨格筋機能などさまざまな要因が関与している可能性があることを報告したが¹¹⁾、客観性のある検討

¹ 心臓病センター榊原病院リハビリテーション室

² 心臓病センター榊原病院生理検査室

³ 兵庫医療大学リハビリテーション学部理学療法学科

⁴ 甲南女子大学看護リハビリテーション学部理学療法学科

⁵ 国際医療福祉大学大学院医療福祉学研究所保健医療学専攻理学療法学分野

⁶ 心臓病センター榊原病院循環器内科

⁷ 心臓病センター榊原病院心臓血管外科

第53回日本脈管学会総会(2012年10月、東京)にて発表
doi: 10.7133/jca.13-00023

2013年4月30日受付 2013年7月17日受理

はできていない。そこで本研究の目的は、PAD に対する下肢血行再建術前後の MWD との関連を、下肢血行動態の指標として足関節上腕血圧比(ankle brachial pressure index; ABPI), ABPI 回復時間(ABPI recovery time; RT), 歩行中の心拍予備能(heart rate reserve; HRR), 下肢筋力として大腿四頭筋・下腿三頭筋の筋力, 歩行を制限している症状との関連を検討し, MWD を制限している要因を明らかにすることである。

対象と方法

2011 年 12 月から 2012 年 7 月までに薬物療法や非監視型運動療法を 1 カ月以上実施し改善が認められないため、待機の下肢血行再建術を施行した Fontaine 分類 II 度の PAD 症例 11 名を対象とした。術式の内訳は(percutaneous transluminal angioplasty; PTA)が 4 名, 下肢バイパス術が 5 名, 血栓内膜切除パッチ形成術が 2 名であった(**Table 1**)。手術前より自力歩行が不可能, もしくは手術後に重篤な合併症がある症例は除外した。なお, 研究に先立ち, 心臓病センター橿原病院倫理委員会にて承認後(承認番号: 20121010)に実施し, すべての対象者には, 術前に口頭にて本研究の目的, 方法, 利益, リスクなどを説明し同意を得た。

術前および術後(平均 24.4 ± 29.7 日目)に ABPI, RT, HRR, MWD, 下肢筋力を測定した。ABPI と RT は Colin 社製 FormPWV/ABI, 負荷方法はトレッドミル(フクダ電子社製 MAT-6000C)を用いて測定した。ABPI 測定後, 12 誘導心電図を装着し, 医師の監視下にてトレッドミル歩行を速度 2.4 km/h, 12%勾配の強度で 10 分間を最大(400 m)として, 症候限界性にて実施した。トレッドミル歩行の中止基準は, 心電図上虚血性の変化や不整脈の出現・増加, 胸痛・チアノーゼなどの理学所見の出現, 症例による中断要請がある場合とした。トレッドミル歩行より可能であった歩行時間から MWD を算出し, 歩行終了直前の心拍数より HRR を算出($(220 - \text{年齢}) - \text{運動時心拍数}$)した。また, 歩行を中断した理由・症状を自由回答にて問診した。トレッドミル歩行終了後, ただちに ABPI の測定を行い, RT を求めた。RT は負荷終了直後から 2 分ごとに ABPI を測定し, 安静時の ABPI 値まで回復する時間を最大 20 分まで連続測定した。RT は安静時の ABPI 値の 90%以上まで回復する時間と定義し, 下肢血行動態が不良で ABPI が測定不能である場合は検定から除外した。また, RT が 20 分を超える場合は測定値を 20 分とした。

RT を測定した後, 大腿四頭筋・下腿三頭筋の筋力を

Table 1 Patients characteristics

No. of patients	11
Gender (male/female)	10/1
Age (year)	72.0 $\pm$ 9.1
Body mass index (kg/m ²)	24.6 $\pm$ 3.1
Diabetes (%)	6 (54.5)
Hypertension (%)	8 (72.7)
Hyperlipidemia (%)	6 (54.5)
Old myocardial infarction (%)	1 (9.1)
Angina (%)	4 (36.4)
Post coronary arterial bypass grafting (%)	2 (18.2)
Cerebrovascular disease (%)	2 (18.2)
Chronic kidney disease (%)	1 (9.1)
Lumbar spinal canal stenosis (%)	1 (9.1)
Left ventricular ejection fraction (%)	64.4 $\pm$ 7.6
Operative procedure	
PTA (CIA) (%)	4 (36.4)
Bypass (%)	5 (45.5)
Axillo-femoral (%)	1 (9.1)
Iliac-femoral (%)	1 (9.1)
Femoral-femoral (%)	1 (9.1)
Femoral-popliteal (%)	2 (18.2)
TEA, patch (CFA) (%)	2 (18.2)

CIA, common iliac artery; TEA, thrombo endarterectomy; CFA, common femoral artery

測定した。大腿四頭筋の筋力はベッド上に座位となり, 膝関節 90 度屈曲位から膝関節伸展の等尺性収縮を最大努力にて実施した。測定機器はハンドヘルドダイナモメーター(アニマ社製: μ -tas F-1)を用い, 左右各 2 回測定した最大値を測定値とした。下腿三頭筋の測定は徒手筋力測定法に準じ, 片脚立位となり, 左右交互に足関節底屈を行い, 最大 20 回まで反復し可能であった回数を測定した(**Fig. 1**)。

運動療法は手術翌日から退院前日まで実施した。運動療法実施期間は 13.1 ± 7.2 日であった。術後は下肢関節可動域練習および座位や立位などの離床練習から開始し, 平地歩行が独歩にて可能となった段階で監視型運動療法にてトレッドミル歩行を行うスケジュールを進めた。トレッドミル歩行のプロトコールは速度 0.8 km/h, 勾配 0%より開始し, 術創部の疼痛や疲労感などの自覚症状に合わせ負荷強度を増加し, 2.4 km/h, 勾配 12%, 15 分間を目標に実施する方法とした。

統計学的手法は血行再建術前後の MWD と ABPI・RT, HRR, 大腿四頭筋筋力・下腿三頭筋筋力の比較には Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。また, 術前・術後の MWD と ABPI・RT, HRR, 大腿四頭筋筋力・下腿

Figure 1 Measurements of legs strength.

A: Hand-held dynamometer, B: Quadriceps, C: Triceps surae.

A | B | C

Table 2 MWD, ABPI, RT, HRR in pre-post operation

Patients	MWD (m)		ABPI		ABPI after stress		RT (min)		HRR	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
A	116	400	0.60	0.95	0.49	0.97	20	1	8	18
B	183	400	0.56	0.96	0.34	0.66	20	6	47	58
C	200	240	0.67	1.01	0.31	0.43	18	20	44	47
D	111	146	0.76	0.95	0.18	0.19	12	19	70	67
E	247	400	0.67	0.73	0.22	0.38	14	6	18	30
F	160	240	1.02	0.9	0.48	0.49	10	11	19	36
G	105	90	1.14	1.26	0.78	0.88	9	2	43	53
H	122	170	1.25	1.21	0.84	0.86	5	6	10	14
I	80	246	0.46	0.78	0.23	0.83	12	1	22	43
J	89	248	0.65	0.9	0.29	0.50	20	10	45	34
K	400	400	0.58	1.02	0.23	0.97	16	1	30	38
Median	122	246**	0.70	1.0**	0.31	0.66**	14	6*	30	38*

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (difference between pre and post operation)

三頭筋筋力との関連は spearman の順位相関係数にて検討した。

結 果

血行再建術前後の各指標の変化は、MWD は 122 m (400~80 m) から 246 m (400~90 m) へ、ABPI は 0.7 (1.25~0.46) から 1.0 (1.26~0.73) へ、RT は 14 分 (20~5 分) から 6 分 (20~1 分) へ、HRR は 30 (70~8) から 38 (67~14) であり、いずれの項目も術後有意な改善を認めた。また、大腿四頭筋筋力は術側 281N (656~122N) から 293N (515~156N) へ、非術側 287N (642~181N) から 289N (567~178N) へ、下腿三頭筋筋力は術側 18 回 (20~10 回) から 20 回 (20~8 回) へ、非術側 20 回 (20~5 回) から 20 回 (20~3 回) と有意差を認めなかった (Table 2, 3)。

術前後の MWD と各身体機能の指標との関連では、術前は ABPI ($r = -0.01$)、RT ($r = 0.17$)、HHR ($r = -0.14$)、術側の大腿四頭筋筋力 ($r = 0.49$)、非術側の大腿四頭筋 ($r = 0.59$, $p < 0.05$)、術側の下腿三頭筋 ($r = 0.13$)、非術側の下腿三頭筋筋力 ($r = 0.13$) であり、非術側の大腿四頭筋に有意な相関を認めた。術後は、ABPI ($r = -0.53$)、RT ($r = -0.42$)、HHR ($r = -0.32$) には有意な相関を認めなかった。下肢筋力との関連では、術側の下腿三頭筋 ($r = 0.37$) には相関を認めなかったが、大腿四頭筋筋力の術側 ($r = 0.56$)、非術側 ($r = 0.64$)、非術側の下腿三頭筋筋力 ($r = 0.62$) に有意な相関を認めた (Fig. 2)。

術前後の歩行を中断した理由・症状は、術前は全例 IC であり、2 名 (18%) に息切れの併発を認めた。術後は下肢痛が 3 名 (28%)、下肢痛と息切れ 2 名 (18%)、息切れ

Table 3 The Strength of quadriceps and triceps surae in pre-post operation

Patients	Quadriceps (Newton)				Triceps surae (No. of times)			
	Operative side		Non-operative		Operative side		Non-operative	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
A	656	515	642	567	10	10	20	20
B	291	292	315	260	20	20	17	20
C	316	335	352	320	15	20	20	20
D	189	252	182	214	20	20	20	20
E	281	312	301	351	20	20	20	20
F	233	223	263	304	15	20	20	20
G	213	178	206	207	18	18	5	3
H	187	164	183	193	10	8	20	15
I	122	156	181	178	18	19	20	20
J	293	222	287	289	20	20	20	20
K	417	303	311	348	20	20	20	20
Median	281	292	287	289	18	20	20	20

Figure 2 Correlations with MWD and each measurement post surgery. A: ABPI, B: RT, C: HRR, D: Quadriceps of operative side, E: Quadriceps of non-operative side, F: Triceps surae of operative side, G: Triceps surae of non-operative side. $p < 0.05$ (Correlation significantly).

Table 4 Changes of symptoms at the time of termination of walking in pre-post operation

Patients	Pre	Post	
A	Leg pain and dyspnea	Without symptoms	
B	Leg pain	Without symptoms	
C	Leg pain	Leg pain and dyspnea	
D	Leg pain	Leg pain	
E	Leg pain	Without symptoms	
F	Leg pain	Leg pain	
G	Leg pain and dyspnea	Dyspnea	
H	Leg pain	Leg pain and dyspnea	
I	Leg pain	Leg pain	
J	Leg pain	Dyspnea	
K	Leg pain	Without symptoms	
Sum	Leg pain	9 (82%)	
	Leg pain and dyspnea	2 (18%)	
		Leg pain	3 (28%)
		Leg pain and dyspnea	2 (18%)
		Dyspnea	2 (18%)
		Without symptoms	4 (36%)

2名(18%), 症状なし4名(36%)であり, 術前と異なった(**Table 4**)。

考 察

下肢血行再建術前後における変化については, Wohlgemuth ら¹²⁾は下肢バイパスを施行した63例を対象として, 術前後におけるABPIおよびMWDの変化を検討した結果, ABPIは術前 0.32 ± 0.13 から術後 0.79 ± 0.19 へと有意に改善し, MWDは 42.6 ± 38.6 mから 419.7 ± 152.3 mへと有意に改善したと報告している。また, Regensteiner ら¹³⁾は下肢バイパス術を施行した14名を対象として術前後のABPI, MWD, 最高酸素摂取量(Peak VO_2)を検討した結果, ABPIは 0.56 ± 0.09 から 0.93 ± 0.16 へ, 術後のMWDは術前比90%へ, Peak VO_2 (ml/kg/min)は 15.5 ± 6.5 から 19.1 ± 8.5 へといずれも有意に改善したと報告している。今回のわれわれのデータは術後約1カ月での短期的な変化であるのに対し, 先行研究では約6週~18カ月と長期的である点に違いはあるが, 手術前後のABPI, MWDは有意に改善を示しており, 先行研究と同様の傾向であった。また, RTは下肢虚血の程度を反映しているとされており¹⁴⁾, 下肢血行動態の改善を示していると推測される。よって, 先行研究と同様に, 下肢血行再建術による下肢血行動態の改善および運動療法によりMWDが改善したものと考えられる。

HRRにおいても術前後において有意な改善を認めた。Christopher ら¹⁵⁾は, 健常者17名を対象に下肢を虚血状態にして歩行することが心血管機能に与える影響を検討し

ている。その結果, 下肢が虚血の状態では運動時の心拍数や血圧, 心筋酸素需要は非虚血状態に比べ有意に増加していたが, 一回拍出量は有意に低下していたと報告している。健常者における検討ではあるが, 下肢血行再建術により下肢虚血を改善させたことが心拍数や血圧, 心筋酸素需要に影響を与えていた可能性がある。また, HRRは心拍予備能として運動耐容能の指標として用いられ, 先行研究においてPeak VO_2 の改善も報告されており¹³⁾, MWDが先行研究と同様の改善を示していたことから, 運動耐容能の改善により運動時の心拍応答が改善したことも影響しているものと考えられる。

下肢筋力については大腿四頭筋および下腿三頭筋の両者において改善を示さなかった。PAD症例の骨格筋に関しては, McDermott ら¹⁶⁾はPAD症例109名と非PAD症例870名とで下肢伸展筋力を比較し, PAD症例は有意に下肢伸展筋力が低値であったと報告している。また, Mäkitie ら¹⁷⁾はICを有するPAD症例20名を対象に下腿三頭筋と大腿直筋を生検した結果, 筋線維の変性およびミオパチーを認めたと報告しており, 同様にPAD症例にミオパチーが存在する報告も散見される^{18, 19)}。また, England ら²⁰⁾は, PAD症例16名を対象に下肢筋力および筋電図検査を行った結果, 14名に進行したニューロパチーを認めたと報告している。下肢筋力については, 今回の症例の筋力と健常者とを比較²¹⁾すると, 11名中7名がその平均値より下回っており, 今回の症例においても手術前から慢性的な下肢虚血により骨格筋の筋力低下やミオパチーおよびニューロパチーの状態があった可能性

がある。また、下肢血行動態が改善した後でもその状態は術後約1カ月間では変化しないものと思われ、そのような背景が結果に影響していると考えられる。

術前後のMWDと下肢血行動態および各身体機能の指標との関連については、Regensteinerら¹³⁾は、下肢バイパス術前のABPIとMWDは有意な相関は認められず、術後6~12週間における術前ABPIとMWDの変化量についても有意な相関を認めなかったと報告している。ABPIは安静時の血行動態を反映し、歩行能力との関連は薄いとの意見も散見されており、今回のわれわれの検討は先行研究を支持する結果になった。また、RTについても、今回の検討では相関を認めなかった。RTとMWDの間には有意な逆相関を認めたと報告²²⁾されており、RTはICの重症度をよく反映するものと思われるが、先行研究では保存治療の症例を対象とし、トレッドミル2.4 km/h、12%勾配で40 m実施する方法である。われわれの方法はトレッドミルの速度、傾斜は先行研究と同様だが、歩行継続が不可能となる時間まで実施しており、歩行終了後にRTを測定している。よって、術前後で同一の負荷強度ではなく、下肢の虚血の有無は反映していると思われるが、虚血の程度は反映されず、MWDと相関を示さなかった可能性があり、測定方法については再検討する必要がある。しかし一方で、Gardnerらは²³⁾下肢バイパス術後3~4カ月後のABPIは術前の133%に、足部血流は約2倍に改善したが、6分間歩行距離は85±9 mから101±11 mの19.9%の改善であり、下肢血行動態の改善度に比べ、歩行距離の改善度はわずかであったと報告している。また、Pipinosら²⁴⁾は、PADの歩行制限は下肢の血行動態のみでは説明できず、歩行などの機能制限には筋の病理学的な影響が考えられると報告している。PAD症例は骨格筋にミオパチーやニューロパチーが存在することは先行研究で報告されているが、今回の検討では術前後で下肢血行動態は改善するものの下肢筋力は改善を示さなかったため、術後のMWDは下肢筋力が主要因として影響し、下肢血行動態の指標であるABPI、RTとは有意な相関がなく、下肢筋力が有意な相関を示した可能性がある。

本研究では、術後のMWDが下肢筋力と強く関連することに加えて、血行再建術は下肢血行動態の改善や心筋酸素需要を低下させるが、下肢筋力は改善しなかった。今後、術後のMWDをより改善するには下肢筋力を増強することが重要となる可能性がある。また、下肢筋力にはミオパチーやニューロパチーが影響している可能性を考慮すると、ガイドラインで推奨されている歩行練習に

加えて、筋力トレーニングなどの積極的な介入が必要であることが示唆される。しかし、今回の症例における術後の歩行制限の症状は下肢痛が3名(28%)、下肢痛と息切れ2名(18%)、息切れ2名(18%)、症状なし4名(36%)であり、先行研究でのわれわれの報告¹¹⁾と同様に、術前後で歩行を制限する症状が変化する例が存在している。PADは心疾患の既往を持つ症例が多いことを考慮すると、息切れなどの心肺機能に起因する症状を示す場合には必要に応じて検査や治療を考慮する必要がある。また、筋力トレーニングを含む運動療法を行ううえでも症状の出現に注意する必要がある。今後さらに下肢血行再建術後の運動療法について、運動処方やその効果を検証していくことが必要である。

結 語

PAD症例に対する下肢血行再建術後のMWDは下肢筋力が強く影響しており、下肢筋力が強い症例ほどMWDは長い傾向がある。しかし、手術によりMWD、下肢血行動態(ABPI、RT)、循環反応(HRR)は改善を示すが、下肢筋力は改善しない可能性がある。よって、MWDをさらに改善するには、下肢筋力を増強することが重要であることが示唆される。しかし、歩行を制限する症状に息切れを生じる可能性があることやPADは心疾患の合併が多く、運動療法を行う際に注意する必要がある。

文 献

- 1) Dormandy JA, Murray GD: The fate of the claudicant—a prospective study of 1969 claudicants. *Eur J Vasc Surg* 1991; 5: 131–133
- 2) Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzler NR, et al: ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): executive summary a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease) endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1239–1312
- 3) Bhatt DL, Steg PG, Ohman EM, et al: International preva-

- lence, recognition, and treatment of cardiovascular risk factors in outpatients with atherothrombosis. *JAMA* 2006; **295**: 180–189
- 4) TASC II Working Group : 下肢閉塞性動脈硬化症の診断・治療指針 II (Trans-Atlantic Inter-Society Consensus II: TASC II) 日本脈管学会誌, メディカルトリビューン, 東京, 2007, 24
 - 5) Gardner AW, Poehlman ET: Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain. A meta-analysis. *JAMA* 1995; **274**: 975–980
 - 6) Badger SA, Soong CV, O'Donnell ME, et al: Benefits of a supervised exercise program after lower limb bypass surgery. *Vasc Endovascular Surg* 2007; **41**: 27–32
 - 7) Lundgren F, Dahllöf AG, Lundholm K, et al: Intermittent claudication—surgical reconstruction or physical training? A prospective randomized trial of treatment efficiency. *Ann Surg* 1989; **209**: 346–355
 - 8) 後藤葉一, 齋藤宗靖, 岩坂壽二, 他: 我が国における急性心筋梗塞症回復期心臓リハビリテーションの全国実態調査. *心臓リハ* 2006; **11**: 36–40
 - 9) Goto Y, Saito M, Iwasaka T, et al: Poor implementation of cardiac rehabilitation despite broad dissemination of coronary interventions for acute myocardial infarction in Japan: a nationwide survey. *Circ J* 2007; **71**: 173–179
 - 10) 土田博光: 血管運動療法普及の問題点. *心臓リハ* 2008; **13**: 326–330
 - 11) 湯口 聡, 松尾知洋, 齋藤和也, 他: PAD に対する下肢血行再建術後の最大歩行距離に関わる要因. *理学療法科学* 2011; **26**: 587–591
 - 12) Wohlgenuth WA, Safonova O, Engelhardt M, et al: Improvement of the quality of life concerning the health of patients with peripheral arterial disease (PAD) after successful bypass surgery. *VASA* 2008; **37**: 338–344
 - 13) Regensteiner JG, Hargarten ME, Rutherford RB, et al: Functional benefits of peripheral vascular bypass surgery for patients with intermittent claudication. *Angiology* 1993; **44**: 1–10
 - 14) Rooke TW: Role of exercise testing and waveform analysis for patients with PAD. *Am J Med continuing education series*. In: Hirsch AT, ed. *An office-based approach to the diagnosis and treatment of peripheral arterial disease*, 2000, 16–22
 - 15) Renzi CP, Tanaka H, Sugawara J: Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc* 2010; **42**: 726–732
 - 16) McDermott MM, Guralnik JM, Albay M, et al: Impairments of muscles and nerves associated with peripheral arterial disease and their relationship with lower extremity functioning: the InCHIANTI Study. *J Am Geriatr Soc* 2004; **52**: 405–410
 - 17) Mäkitie J, Teräväinen H: Histochemical changes in striated muscle in patients with intermittent claudication. *Arch Pathol Lab Med* 1977; **101**: 658–663
 - 18) Marbini A, Gemignani F, Scoditti U, et al: Abnormal muscle mitochondria in ischemic claudication. *Acta Neurol Belg* 1986; **86**: 304–310
 - 19) Hedberg B, Angquist KA, Sjöström M: Peripheral arterial insufficiency and the fine structure of the gastrocnemius muscle. *Int Angiol* 1988; **7**: 50–59
 - 20) England JD, Ferguson MA, Hiatt WR, et al: Progression of neuropathy in peripheral arterial disease. *Muscle Nerve* 1995; **18**: 380–387
 - 21) 平澤有里, 長谷川輝美, 松下和彦, 他: 健常者の等尺性膝伸展筋力. *理学療法ジャーナル* 2004; **38**: 330–333
 - 22) 多田祐輔, 重松 宏, 松尾 汎: 閉塞性動脈硬化症診療の実際—末梢循環障害の診療指針—, 文光堂, 東京, 2002, 42–43
 - 23) Gardner AW, Killewich LA: Lack of functional benefits following infrainguinal bypass in peripheral arterial occlusive disease patients. *Vasc Med* 2001; **6**: 9–14
 - 24) Pipinos II, Judge AR, Selsby JT, et al: The myopathy of peripheral arterial occlusive disease: part 1. Functional and histomorphological changes and evidence for mitochondrial dysfunction. *Vasc Endovascular Surg* 2007; **41**: 481–489

The Relationship between Maximum Walking Distance and Physical Functions before and after Revascularization in Peripheral Arterial Disease

Satoshi Yuguchi,¹ Tomohiro Matsuo,¹ Kazuya Saito,¹ Masaharu Nakajima,¹ Takuya Uzikawa,¹
Izumi Sumitomo,² Tomoyuki Morisawa,³ Kyoushi Mase,⁴ Hitoshi Maruyama,⁵
Toshimasa Kita,⁶ and Atsuhisa Ishida⁷

¹Department of Rehabilitation, The Sakakibara Heart Institute of Okayama, Okayama, Japan

²Department of Physiological Laboratory, The Sakakibara Heart Institute of Okayama, Okayama, Japan

³Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences,
Hyogo, Japan

⁴Department of Physical Therapy, Konan Women's University, Hyogo, Japan

⁵Physical Therapy Section, Health Sciences Program, Health and Welfare Sciences Course, Graduate School
of International University of Health and Welfare, Tochigi, Japan

⁶Department of Cardiovascular Medicine, The Sakakibara Heart Institute of Okayama, Okayama, Japan

⁷Department of Cardiovascular Surgery, The Sakakibara Heart Institute of Okayama, Okayama, Japan

Key words: peripheral arterial disease, revascularization, maximum walking distance

We considered the relationship between maximum walking distance (MWD), lower limb hemodynamics, leg strength, and heart rate reserve before and after revascularization in 11 patients with peripheral arterial disease. Lower limb hemodynamics, HRR and MWD improved significantly but leg strength did not. MWD was significantly correlated with leg strength after surgery. Because leg strength didn't improve in the short term after surgery, it was suggested that exercise include resistance training which was important to increase MWD after revascularization.

(J Jpn Coll Angiol 2013; **53**: 135–142)