

労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業
分野名 『四肢切断、骨折等の職業性外傷』

「職業性の挫滅損傷及び外傷性切断に対する再建術及び手術後の可動範囲拡大についての研究・開発、普及」研究報告書

平成20年4月

独立行政法人 労働者健康福祉機構

「上肢の重度外傷に対する治療法についての調査研究と治療法の普及」
研究者一覧

主任研究者： 独立行政法人労働者健康福祉機構
職業性外傷研究センター長
燕労災病院 整形外科部長 松崎浩徳

共同研究者： 新潟手の外科研究所 成澤弘子
県立新発田病院 整形外科部長 三輪 仁

分担研究者： 元独立行政法人労働者健康福祉機構
燕労災病院 第二整形外科部長 登石 聡

独立行政法人労働者健康福祉機構
九州労災病院 手の外科部長 畑中 均

独立行政法人労働者健康福祉機構
中国労災病院 関節整形外科部長 益田泰次

目 次

I	はじめに	・・・ 1
II	目的	・・・ 2
III	対象および方法	・・・ 2
IV	統計処理	・・・ 5
V	結果	・・・ 6
VI	症例呈示	・・・ 11
VII	考察	・・・ 17
VIII	まとめ	・・・ 20
	参考文献	・・・ 21

I. はじめに

労働災害による外傷の多くは上肢に関するものであり、その損傷形態は単純な打撲や切創から切断に至るまで多岐にわたる。損傷された手に最大限の機能回復を得るためには適切な治療が受傷後早期からなされるべきであり、そのためには損傷形態および重症度の正確な診断と専門医による適切な治療計画の決定が必要である。我が国では1957年に「日本手の外科学会」が設立されて以来、手の外科に関する多くの先駆的研究がなされてきた¹⁾。

重度損傷手の機能的予後はその重症度と治療の妥当性によって決定されるが、損傷形態や損傷程度を反映する詳細な重症度分類および受傷パターン類型化による治療戦略の決定に関する研究は多くなく、損傷形態や重症度の機能的予後や職場復帰レベルにおよぼす影響に関する調査も十分になされているとはいえない。重度手の外傷の受傷時に損傷形態や重症度のスコアリングによって、最終獲得機能や職場復帰レベルならびに復帰時期などの予測が可能であれば、被災労働者および雇用者にとって極めて有用な情報となると考えられる。また、異なる施設間で、「損傷重症度スコア」などの共通の基準があれば、成績の比較やそれに基づく標準的治療法の決定に寄与するところが大きであると考えられる。

また、プレス外傷などによる多数指の挫滅切断においては必ずしも全ての指が再接着の適応になるとは限らず、どの指をどこに再接着するかによって術後の手指機能に大きな相違が生じる可能性がある。異所性再接着(transpositional²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾ or heterotopic⁶⁾ replantation)とは、「損傷手指に最大限の機能回復をはかるため、本来の解剖学的位置とは異なる部位に行う再接着」と定義されるが、再接着可能な指が限定されている多数指切断においては、その治療方針決定に際して常に考慮されるべき手指再建法であり、当科でも多くの症例に対して異所性再接着がなされてきた。

さらに、再接着不能な母指切断に対して、母趾の部分移植で母指を再建するWrap around flap (WAF)法は、1980年のMorrison⁷⁾および81年の土井ら⁸⁾の報告から四半世紀が経過した現在、標準的な母指再建法となっているが、その長期成績特に再接着された母指と比べてどの程度の機能が獲得されるかについては、十分な検討がなされてはいない。

II. 目的

本研究では以下の項目に関して検討することを目的とした。

1. 労働災害による重度損傷手において損傷形態や重症度が機能回復や職場復帰におよぼす影響を検討し、損傷度の包括的スコアリングの術後成績予測における有用性を検討すること。
2. 異所性再接着を施行された症例に対し、適応および術式を検討し、術後長期成績を評価すること。
3. 母指切断に際して切断指に次いで欠損指に近い組織である母趾を移植するWAFの術後長期成績を母指再接着の長期成績と比較検討すること。

III. 対象および方法

テーマ1: 損傷形態や重症度が機能回復や職場復帰におよぼす影響と損傷度包括的スコアリングの有用性の検討

労働災害による上肢損傷例のうち、切断や挫滅損傷のように神経や血管損傷を含み、マイクロサージャリーによる再接着や血行再建および遊離組織移植による再建が必要であった重度損傷手を対象症例とした。受傷後5年以上経過した82例（受傷日：平成8年1月～平成12年9月）を選定し、呼び出し調査に応じた50例（受傷時年齢18～69歳、平均43歳、男性40例、女性10例）に関して直接検診を施行した。対象症例は単独指損傷および多数指損傷を含み、損傷形態も鋭的損傷から引き抜き損傷まで多岐にわたっており、これらの症例に関して同様の調査を行った（表1）。

直接検診時に、1)X線写真撮影、2)Semmes Weinstein test や 2 Point discrimination test (2PD)による知覚評価、3)手指可動域計測、4)サーモグラフィによる皮膚温計測などを行い、5)玉井の評価基準⁹⁾および簡易型DASHスコア¹⁰⁾による手指総合機能の評価も行った。

さらに診療録を参照して、損傷指数、玉井分類による損傷レベル（図1）⁹⁾、損傷形態を決定し、これらが最終成績に及ぼす影響を検討した。損傷レベルは遠位から近位に向かってZone IからZone Vに分類し、損傷形態はclean、crush、avulsionの3型に分類した。重症度の包括的スコアとしてはCampbellらによって提唱されたHISS (Hand Injury Severity Score)を用いた¹¹⁾。まず、各指に対して皮膚(Integument)、骨(Skeleton)、腱(Motor)、神経(Nerve)損傷の損傷範囲およ

び程度に応じた基礎ポイントをつけ(表 2A)、それらの合計に各指の機能的重要度に応じた定数をかけた後、最後に各指の得点を合計した(表 2B)。

表 1. 症例の概要

項目	内訳
症例数	50 例 : 男性 40 例, 女性 10 例
年齢	18~69 歳 : 平均 42 歳
罹患側	右 23 例, 左 25 例, 両側 2 例
損傷指数	1 指 : 25 例、2 指 : 11 例、3 指 : 5 例、4 指 : 4 例、5 指 : 4 例、7 指 : 1 例
切断、不全切断の別	切断 31 例 62 指、不全切断 19 例 41 指
損傷レベル	zone I : 1 例, zone II : 7 例, zone III : 16 例、zone IV : 14 例, zone V : 12 例
損傷形態	clean : 3 例, crush : 42 例, avulsion : 3 例 (その他 degloving : 1 例, heat press : 1 例)
術後経過期間	3 年 1 カ月~15 年 3 カ月 (平均 7 年 9 カ月)

表 2 Campbell's Hand Injury Severity Score (HISS)

A

TISSUE	INJURY FORM	SCORE			
INTEGUMENT	Skin loss	Absolute values	Dorsum	< 1 cm ²	5
				> 1 cm ²	10
				> 5cm ²	20
			Palm	Dorsum X 2 E.	
		Weighted values (digit)	Dorsum	< 1 cm ²	2
				> 1 cm ²	3
		Pulp	< 25%	3	
			> 25%	5	
		Skin laceration	< 1 cm	1	
			> 1 cm	2	
	(If extends across more than one ray, include in both rays score)				
	Nail damage				1
SKELETAL	Fractures	Simple shaft			1
		Comminuted shaft			2
		Intraarticular DIPJ			3
		Intraarticular PIP / IPJ of thumb			5
		Intraarticular MCPJ			4
	Dislocations	Open			4
		Closed			2
	Ligament injury	Sprain			2
		Rupture			3
	MOTOR	Extensor	Proximal to PIPJ		
Distal to PIPJ					3
FDP		Zone 1			6
		Zone 2			6
		Zone 3			5
FDS				5	
Intrinsics			2		
NEURAL	Absolute values	Recurrent branch median nerve		30	
		Deep branch ulnar nerve		30	
	Weighted values	Digital nerve X1		3	
		Digital nerve X2		4	

B

	INTEGUMENT (Dirty X2)	SKELETON (Open X2)	MOTOR	NEURAL	TOTAL
THUMB					(X 6)
INDEX					(X 2)
LONG					(X 3)
RING					(X 3)
LITTLE					(X 2)
HAND					
FINAL SEVERITY SCORE (grand total)					

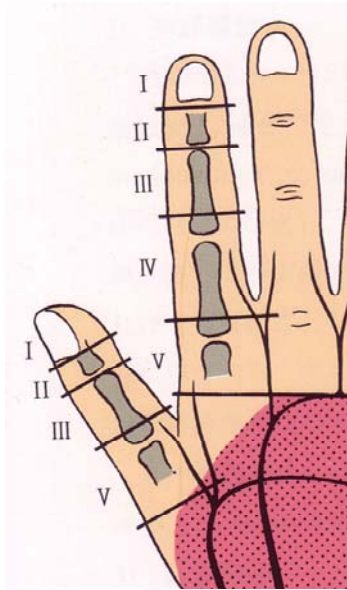


図1
玉井分類による損傷（切断）レベル

テーマ2：異所性再接着に対する検討

対象は1990年10月から2001年10月までに、当科で行われた異所性再接着7例9指で、性別は男性5人、女性2人であり、年齢は36歳から66歳、平均56歳であった。受傷側は右手が4例、左手が2例、両手が1例であり、切断指数は、母指を含む2指が1例、5指が2例、母指以外の2指が1例、3指が1例、両手で合計5指が1例、7指が1例であった（表3）。

これらの症例に対して、異所性再接着の術式をまず母指再建と対向指再建とに分類し、異所性再接着の適応についての再検討を行った。

さらに、直接検診により、手指可動域(TAM: total active motion)計測、Semmes Weinstein test (SWT)や static 2 point discrimination test (s-2PD)による知覚評価、サーモグラフィーによる手指皮膚温計測、X線写真撮影などを行って再接着指の基本機能を評価し、手指総合機能を玉井の評価基準⁹⁾および簡易型DASHスコアを用いて評価した。

表3 切断指数

切断部位	指数	症例数
母指を含む	2指	1例
	5指	2例
母指以外	2指	1例
	3指	1例
両手（母指以外）	5指	1例
	7指	1例

テーマ3：WAF法と母指再接着の術後長期成績の比較検討

1995年12月から2002年8月までに当科で手術を行ったWAF9例、母指再接着8例のうち、直接検診可能であった症例を対象とした。内訳はWAF群が6例で、年齢は20～46歳、平均33歳であり、全例男性で切断レベルは玉井分類⁹⁾(図1)でzone IIIが4例、zone Vが2例であった。受傷側は右4指、左2指で、切断形態は挫滅切断4指、デグロービング損傷1指、熱圧挫1指であった。再接着群は6例で、年齢が41～59歳、平均50歳であり、性別は男性5例、女性1例で、切断レベルはzone II、zone III、zone Vがそれぞれ2例となっていた。また、受傷側は右3指、左3指で、切断形態は挫滅切断4指、引き抜き切断2指であった。術後経過期間はWAF群が3年1カ月から9年6カ月、平均6年6カ月で、再接着群が3年10カ月から15年3カ月、平均8年4カ月となっていた。

これらの症例に関して、関節可動域計測、知覚検査、X線写真撮影、サーモグラフィーによる皮膚温計測などを行い、手指総合機能を玉井の評価基準⁹⁾およびDASHスコアで評価した。また、各損傷手の重症度をCampbell¹¹⁾らによって提唱されたHand injury Severity Score (HISSスコア)を用いて評価し、両群の重症度の比較を行った。さらに、職場復帰時期および復帰状況なども評価検討した。

WAFの採取に際してはMaki & Yoshizu¹²⁾の方法に準じてflapに末節骨を10～15mmつけて採取し、母趾長を極力温存した。ドナーの皮膚欠損部には人工真皮などを用いたwet dressingを行い、flap採取後3週間前後で全層植皮を行って閉鎖した。また、WAF群の6例中4例に腸骨移植を併用し、移植腸骨長は20～40mm、平均28mmだった。

IV. 統計処理

テーマ1：

それぞれの損傷レベル(zone I～zone V)、損傷指数(1～7本)、組織損傷度(clean, crush, avulsion)における手指総合機能(玉井の評価基準、DASHスコア)の比較はSteel Dwass testを用いて行い、HISSと玉井の評価基準、DASHスコア、治療期間および休業期間との相関の検定にはSpearmanの順位相関係数を用いて行った。また、各職場復帰レベル群(現職復帰、職種変更、就労不能)のHISSの比較もSteel Dwass testを用いて行った。

テーマ2：

異所性再接着指の基本機能は同時期に行われた同一部位への再接着指（通常再接着: Orthotopic replantation）と比較することとし、TAM、2 PD、指尖部皮膚温などに関して異所性再接着群と通常再接着群との結果を対応のない t 検定を用い統計学的に評価した。また、SWT の結果の 2 群間での偏りをカイ 2 乗検定を用いて検定した。

手指総合機能は異所性再接着を施行されていない多数指再接着例の術後成績と比較し、異所性再接着群と通常再接着群間との玉井の評価基準および DASH スコアの比較にはマン・ホイットニ U 検定を用いた。

テーマ3：

WAF群と再接着群の間での、母指合計可動域、2PD、指尖部皮膚温の比較には対応のない t 検定を用い、手指機能（玉井の評価基準と DASH スコア）、損傷重症度 (HISS) の比較には、マン・ホイットニ U 検定を用いた。

V. 結果

テーマ1：

1) 損傷形態と機能回復

損傷レベルが近位になるほど、もしくは損傷指数が増加するほど、玉井の評価基準のスコアおよび DASH スコアが悪化し、機能障害度が高くなる傾向を認めた。この傾向は玉井の評価基準において明瞭であった。また、組織損傷度が clean、crush、avulsion と高度になるにつれて、統計学的有意差は認めないものの、玉井スコアおよび DASH スコアが悪化し、この傾向も玉井の評価基準において明瞭であった（図2および図3）。

2) 重症度スコアと最終獲得機能

HISS と玉井の評価基準との相関関係を検討すると、相関係数が -0.772 と高い相関関係を示し、損傷重症度が高いほど最終獲得機能が低下した。一方、HISS と DASH スコアとの相関は統計学的には有意であったが、その相関係数は 0.39 で、相関はそれほど強くないと考えられた（図4）。HISS の各コンポーネントと玉井の評価基準との相関の強さは、皮膚（相関係数 -0.694）、神経（相関係数 -0.681）、腱（相関係数 -0.613）、骨損傷因子（相関係数 -0.577）の順であった。

3) 重症度スコアと職場復帰レベル

復帰レベルを原職復帰、職種変更、就労不能の3群に分類しそれぞれの群間のHISSを比較すると、原職復帰、職種変更、就労不能と復帰レベルが低下するにつれてHISSが上昇し、原職復帰群と職種変更群もしくは就労不可群の間には有意差を認めた(図5A)。

HISSによるヒストグラムを作成し、各階級での職場復帰レベルを検討すると、HISSの上昇につれて原職復帰率が低下し、HISS50以下では92%が原職復帰可能だったが、50以上では約半数(46%)が原職復帰不可となり、150以上では原職復帰と職種変更または就労不可の比率が逆転し、73%が原職復帰できなかった(図5B)。また、HISSと治療期間および休業期間の間では、Spearmanの相関係数がそれぞれ0.320および0.340であり、弱い相関を認めるのみであった。

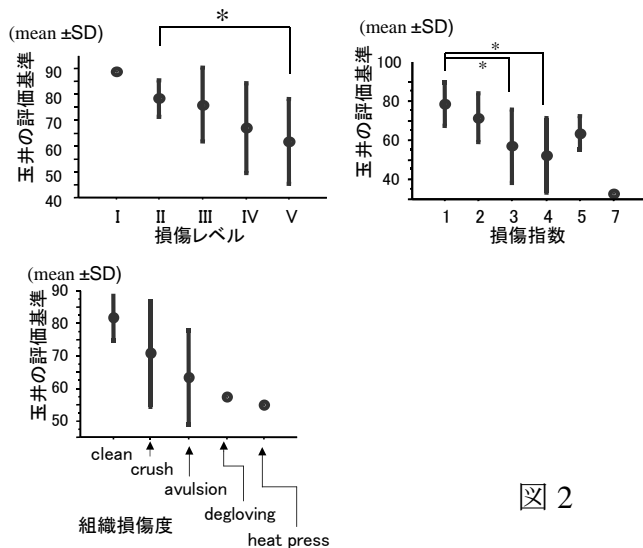


図2 損傷形態と機能回復(玉井の評価基準)

損傷レベルが近位もしくは損傷指数が増加するほど、玉井の評価基準のスコアが悪化し、機能障害度が高くなる傾向を認め、各損傷レベルおよび損傷指数の群間には有意差も認めた。また、組織損傷度が clean、crush、avulsion と高度になるにつれて、統計学的有意差は認めないものの玉井の評価基準のスコアが悪化した。

*p<0.05 (Steel Dwass test)

図2

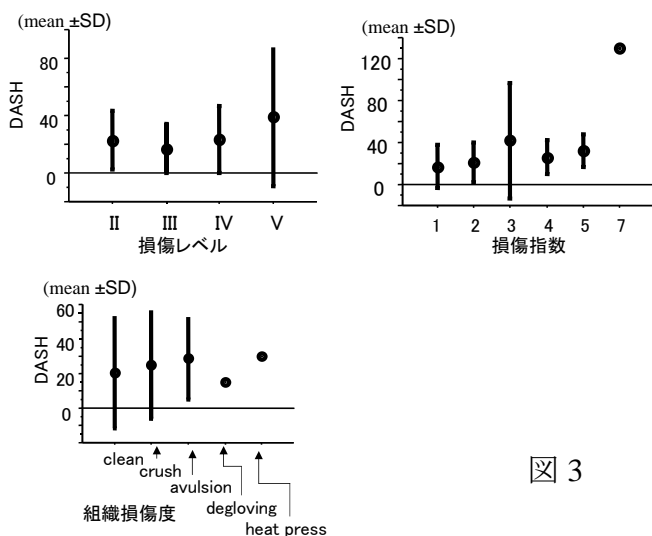


図3 損傷形態と機能回復(DASHスコア)

損傷レベルが近位、損傷指数が増加もしくは組織損傷度が clean、crush、avulsion と高度になるにつれて、統計学的有意差は認めないものの DASH スコアが悪化し、機能障害度が高くなる傾向を認めた。

図3

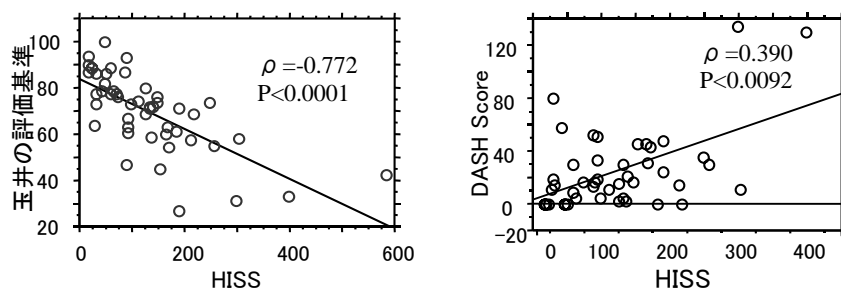


図4 重症度スコアと最終獲得機能

HISS と玉井の評価基準との相関関係を検討すると、相関係数が-0.772 と高い相関関係を示し、損傷重症度が高いほど最終獲得機能が低下した。一方、HISS と DASH スコアとの相関は統計学的には有意であったが、その相関係数は 0.39 で相関はそれほど強くないと考えられた。

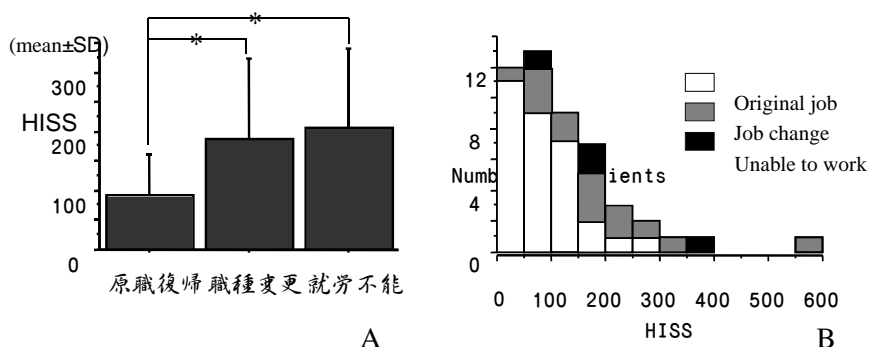


図5 重症度スコアと職場復帰レベル

A: 復帰レベルを原職復帰、職種変更、就労不能の3群に分類しそれぞれの群間の HISS を比較すると、原職復帰、職種変更、就労不能と復帰レベルが低下するにつれて HISS が上昇し、原職復帰群と職種変更群もしくは就労不可群との間には有意差を認めた。

* p<0.05 (Steel Dwass test)

テーマ2 :

1) 異所性再接着術式

異所性再接着術式は、母指再建が 3 例、同一手内での母指以外の指列移行が 4 例、反対側からの指の移行が 1 例となっていた。

母指再接着不能例に対しての母指以外の切断指移行による母指再建は 3 例に施行されており、3 例とも示指が利用されていた。同一手内での指列移行は 4 例に施行されており、PIP や MP 関節の温存されている指の有効利用を目的としたものが 2 例、尺側への指移行が 1 例、母床の条件による指移行が 1 例であった。さらに、両手切断での反対側からの指列移行が 1 例に行われており、母床の血管および骨の良好な部位に再接着されていた (表 4)。

2) 再接着指機能

異所性再接着指の TAM は母指が 25～82 度、平均 47 度であり母指以外は 14～199 度、平均 83 度となっていた。知覚評価は SWT で blue が 1 指、purple が 5 指、red が 1 指で、static 2PD は 8～15 mm、平均 11.5 mm であった。指尖部皮膚温は健側との差が-0.53～+2.2 度、平均+0.28 度であった。X 線写真上は全例骨癒合していた。以上の結果を通常再接着(orthotopic replantation)群と比較すると、異所性再接着群は母指の可動域は良好で、母指以外の可動域は劣っている傾向を認めた。また、SWT や S-2PD による知覚回復は通常再接着のほうがやや良好で、指尖部皮膚温患健側差は異所性再接着群で高値であったが、いずれも有意差は認めなかった (表 5)。

3) 手指総合機能

異所性再接着手指の総合機能評価では、玉井の評価基準が 33～73.5 で平均 60.3、DASH スコアは 0～129.5 で平均 45.1 であり、同時期に行われた異所性再接着を施行されていない多数指切断の成績とほぼ同等であった。職場復帰率は原職復帰が 3 例、職種変更が 3 例、就労不可が 1 例となっており、通常再接着のみの多数指切断群よりも原職復帰率が高かった (表 6)。

表 4 異所性再接着術

再建術式	症例数	付記
母指再建	3 例	3 例とも示指→母指
同一手内での指列移行 (母指以外)	4 例	PIP や MP 関節温存指の有効利用 2 例 尺側への指列移行 1 例 母床の条件による指列移行 1 例
反対側からの指移行	1 例	母床の条件による指列移行 1 例

表 5 再接着指基本機能の比較 (異所性再接着 VS. 通常再接着)

評価項目		異所性再接着指 (n=8)	通常再接着指 ⁵ (n=25)
再接着指可動域(TAM ¹)	母指	25～82 度 (47±30 度*) (n=3)	0～37 度 (14±16 度*) (n=7)
	母指以外	14～199 度 (83±66 度*) (n=5)	30～258 度 (128±83 度*) (n=18)
知覚評価	SWT ²		Green: 4 (16%)
		Blue: 1 指 (12.5%)	Blue: 2 指 (8%)
		Purple: 5 指 (62.5%) Red: 2 指 (25%)	Purple: 15 指 (60%) Red: 4 指 (16%)
	s-2 PD ³ (mm)	8～15 mm (11.5±3.5*)	6～15 mm (7.75±3.0*)
指尖部皮膚温 (度) (患-健) ⁴		-0.53～+2.2 (0.28±1.0*)	-2.04～+2.26 (0.051±1.4)
X 線写真評価		全例骨癒合	全例骨癒合

¹TAM: Total active motion

²SWT: Semmes Weinstein test

³s-2PD: Static 2 point discrimination test

⁴患側皮膚温-健側皮膚温

⁵本来の位置への再接着

*平均値±標準偏差

表 6 手指総合機能および職場復帰

評価項目	異所性再接着を伴う多数指切断 (n=7)	通常再接着のみの多数指切断 ¹ (n=10)
切断指数	2~7 (4.1±1.9*)	2~5 (3.0±1.2*)
玉井の評価基準	33~73.5 (60.3±14.4*) (n=6)	
DASH スコア	0~129.5 (45.1±49.3*) (n=6)	

¹ 本来の位置への再接着のみを行った多数指切断

*平均値±標準偏差

テーマ3 :

関節可動域に関しては、WAF 群では IP 関節が全例で固定されており、MP 関節も半数で固定されていたが、再接着群では MP 関節が 6 例中 2 例、IP 関節が 6 例中 2 例で固定されているだけであった。平均合計可動域は温存関節数が多い再接着群でむしろ少ない傾向を認めたが、群間に有意差は認めなかった。

知覚回復に関しては、Semmes Weinstein test では WAF 群および再接着群とも全例で purple であり、2 Point discrimination test も両群でほぼ同様の値を示し群間に有意差を認めなかった。

X 線写真評価では、WAF 群の一例に移植腸骨遠位部の偽関節を認めた以外は全例で骨癒合していた。また、再接着群の 1 例で再接着部よりも末梢の IP 関節に関節症性変化を認めていた。

サーモグラフィーによる指尖部皮膚温の患健側差計測では、WAF 群に比して再接着群で温度差のばらつきが大きい傾向を認めたが、平均値はほぼ同様に両群間に有意差は認めなかった。

手指総合機能は玉井の評価基準では両群ともほぼ同様の値を示したが、DASH スコアは WAF 群が再接着群に比して有意差は認めないものの高い値を示し、より障害度が高いという結果になっていた。

HISS に関しては、WAF 群は再接着群より有意に高い値を示しており、受傷手

全体の重症度は WAF 群のほうが高度であった。

術後休職期間は WAF 群が平均 1 年 4 カ月、再接着群が平均 1 年 3 カ月と両群に有意差を認めなかったが、原職復帰の割合に関しては WAF 群の原職復帰率が 2/6、再接着群の復帰率が 5/6 と再接着群に高い原職復帰率を認めた（表 7）。

表 7 WAF 群と再接着群の成績の比較

	WAF 群	再接着群
合計関節可動域 (MP+IP) (度)	31.0±39.9 (0~100) ^a	16.2±16.4 (0~37) ^a
知覚評価	SWT	全例 purple
	s-2PD (mm)	10.8±5.1 (5~15) ^a
	m-2PD (mm)	6.3±1.7 (4~8) ^a
X 線写真評価	5/6 骨癒合	全例骨癒合
	移植腸骨遠位部偽関節 1 例	IP 関節 OA 変化 1 例
指尖部皮膚温患側差 ^b (°C)	-0.45±0.65 (-1.16~0.32) ^a	-0.49±1.48 (-2.04~1.18) ^a
玉井の評価基準	67.0±6.7 (57.5~74.5) ^a	72.6±5.3 (64.0~80.0) ^a
DASH Score ^a	27.8±13.5 (15.0~47.7) ^a	13.0±11.4 (2.3~29.5) ^a
術後休職期間	5 カ月～2 年 6 カ月 (平均 1 年 4 カ月)	4 カ月～2 年 8 カ月 (平均 1 年 3 カ月)
原職復帰率	6 例中 2 例 (33.3%)	6 例中 5 例 (83.3%)
HISS	183±47 (126~256) ^c	133±5 (126~146)

^a 平均±標準偏差 (最小値～最大値)

^b 患側温－健側温

^c 再接着群と比べて有意差あり (p<0.05, Mann-Whitney's U test)

SWT: Semmes Weinstein test

s-2PD: static 2 point discrimination test, m-2PD: moving 2 point discrimination test

HISS: Hand injury severity score

VI. 症例呈示

テーマ 2 :

症例 1 : 62 歳、男性 (異所性再接着)

プレス外傷により右母指、示指の挫滅切断を受傷した。母指は挫滅が高度なため再接着不可能であり、示指も MP 関節および背側皮膚の欠損を認めた(図 6A)。示指を母指の長さに合わせて短縮して再接着することにより母指再建を行った。第 2 中手骨の骨切除を行うことにより、創閉鎖も問題なく可能であった(図 6B)。術後 9 年 9 カ月の最終評価時、再建母指には良好な機能および外観が保たれて

いた（図 7）。

症例 2：66 歳、男性（異所性再接着）

プレス外傷により右示中環指の挫滅切断を受傷した。示指は挫滅が高度なため再接着不可能であり、中指は基節骨レベルで切断されていたが PIP 関節は温存されており、環指は PIP 関節部で切断され PIP 関節が破壊されていた（図 8A, B）。尺側に PIP 関節の温存されている指を再接着すべきであると考え、中指と環指を入れ換えて再接着した（図 8C, D）。術後 9 年 6 カ月の最終評価時、再建された環指の PIP 関節には 30 度の可動域が保たれており、TAM は中指が 82 度、環指が 107 度となっていた（図 9）。

症例 3：58 歳、男性（異所性再接着）

機械にはさまれて右環指切断、小指開放粉碎骨折を受傷した。環指は挫滅が高度なため再接着不能だったが、MP 関節は温存されていた。一方、小指には MP 関節および背側皮膚の欠損を認めた（図 10A）。環指に温存されている MP 関節を有効に利用するために、小指を環指に移行した（図 10B）。術後 5 年 5 カ月の最終評価時、再建された環指の MP 関節には 64 度の可動域が温存されており、TAM は 86 度となっていた（図 11）。

テーマ 3：

症例 4：23 歳、男性（Wrap around flap）

機械にはさまれて受傷した右母指、示指の挫滅切断に対し、母指 IP レベル、示指 PIP レベルでの断端形成術が施行された。受傷後 6 カ月めに同側母趾からの Wrap Around Flap による母指再建が行われた。術後 7 年が経過した現在、再建母指には良好な外観と機能が保たれており、受傷後職種を変更したが仕事および ADL で再建された母指をよく使用されていた（図 12）。

症例 5：58 歳、女性（母指再接着）

ボール盤に巻き込まれて右母指の引き抜き切断を受傷した。母指 MP 関節を固定して再接着を行ったが、術後 7 年 11 カ月の現在、再接着指には良好な外観と機能が維持されていた（図 13）。

図 6

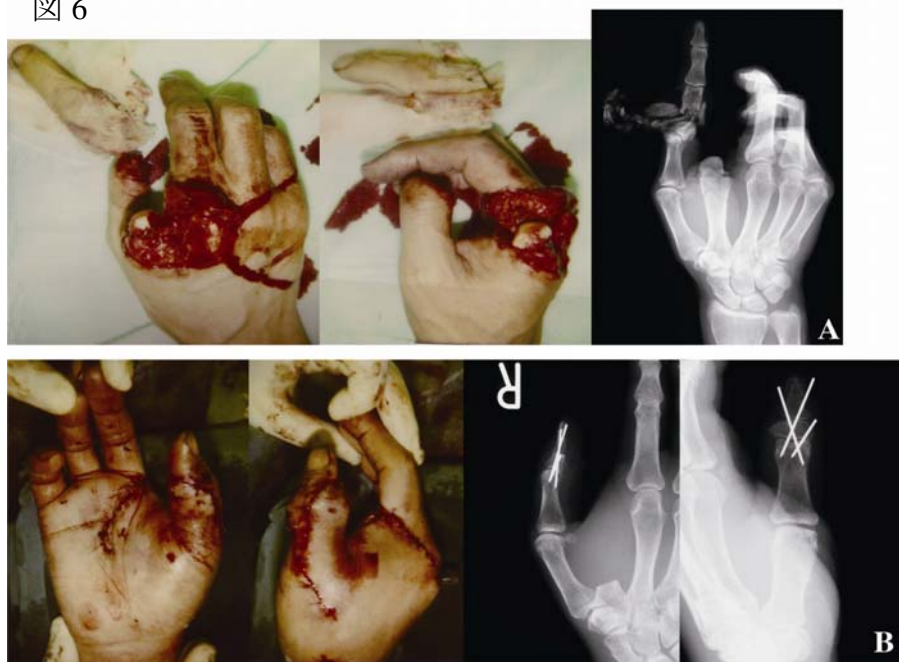


図 6. 症例 1 : 62 歳、男性

A. プレス外傷による右母指、示指の挫滅切断。母指は挫滅が高度なため再接着不可能であり、示指も MP 関節および背側皮膚の欠損を認めた。

B. 示指を母指の長さに合わせて短縮して再接着することにより母指再建を行った。

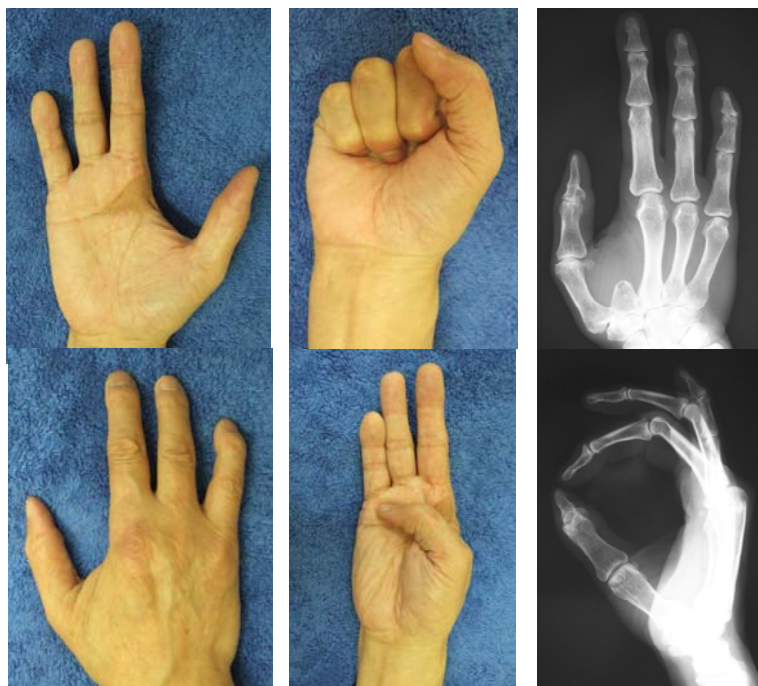


図 7

図 7. 症例 1、最終評価時

術後 9 年 9 カ月の最終評価時、再建母指には良好な機能および外観が保たれていた。

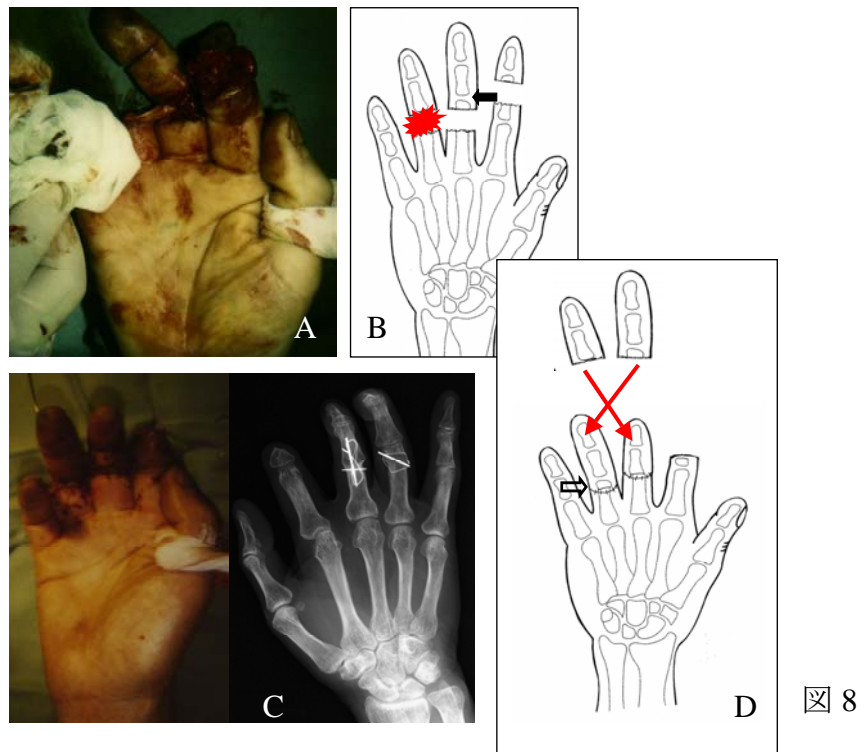


図 8. 症例 2 : 66 歳、男性

- A. B. プレス外傷による右示中環指の挫滅切断。示指は挫滅が高度なため再接着不能。中指の PIP 関節は温存されていたが、環指の PIP 関節は破壊されていた。
- C.D. 尺側に PIP 関節温存指を再接着すべきであると考え、中指と環指を入れ換えて再接着。

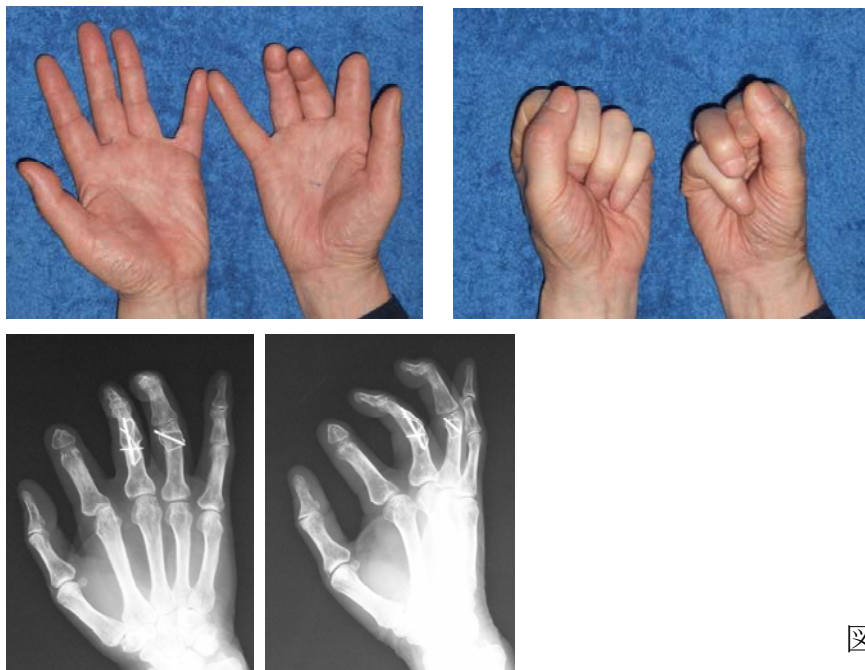


図 9

図 9. 症例 2、最終評価時

術後 9 年 6 カ月の最終評価時、再建された環指の PIP 関節には 30 度の可動域が保たれており、TAM は中指が 82 度、環指が 107 度となっていた。



図 10

図 10. 症例 3 : 58 歳、男性

- A. 機械にはさまれて受傷した右環指切断、小指挫滅。環指は挫滅が高度で再接着不能であり、小指は MP 関節および背側の皮膚が欠損していた。
- B. 環指に温存されている MP 関節を有効に利用するために、小指を環指に再接着した。



図 11

図 11. 術後 5 年 5 カ月の最終評価時再建された環指の MP 関節には 64 度の可動域が温存されており、TAM は 86 度となっていた。



A

B

図12

図 12. 症例 4、23 歳 男性

A: 右母指および示指の挫滅切断に対して断端形成を施行し、6 カ月後に Wrap Around Flap による母指再建を行った。

B: 術後 7 年の現在、右母指には良好な機能と外観が維持されていた。



A

B

図13

図 13. 症例 5、58 歳 女性

A: 右母指切断に対し MP 関節を固定しての再接着を行った。

B: 術後 7 年 11 カ月の現在、右母指には良好な機能と外観が維持されていた。

VII. 考察

テーマ1:

今回の結果からは、切断または挫滅部位が近位、損傷指数が増加もしくは損傷形態がclean、crush、avulsionとなるにつれて、機能的予後が徐々に悪化しており、この傾向は玉井の評価基準においてより顕著に示されていた。また、重症度の包括的指標であるHISSは玉井の評価基準と高い相関関係を認めたが、HISSとDASHスコアとの相関関係は強くはなかった。玉井の評価基準とDASHとでこのような差が生じた原因は両評価法の評価項目の違いによるものと考えられる。すなわち、玉井の評価基準は可動域や知覚などの客観的データと、作業能力や満足度などの主観的データとからなり、手指の基本機能の障害（Impairment）および応用作業能力の障害（Disability）に関する医師、患者双方からの評価であるが⁹⁾、DASHは肩から手にかけての上肢に関連する作業能力に関する障害（Disability）の主観的評価からなり、評価者は患者自身である。以上より損傷度の客観的評価によるスコアリングであるHISSとの相関は、定量可能な客観的項目を多く含む玉井のスコアとの間では高く、100%主観的評価項目であるDASHとの間では低くなったと考えられる。重度損傷手の成績評価においてImpairmentとDisabilityの評価が必ずしも一致しないことは上羽¹³⁾およびOosteromら¹⁴⁾によっても指摘されているが、患者自身の生活に基づいたdisabilityの評価法であるDASHの意義を軽視すべきではなくImpairment評価項目を多く含む玉井の評価基準との併用で患者立脚型の成績評価に努めるべきであると考えられる。

重症度スコアであるHISSが高くなるにつれて職場復帰レベルが低下し、50以下では90%以上が原職復帰可能であったが、50以上では約半数が現職復帰不可となっていた。一方、HISSと治療期間または休業期間との間には弱い相関関係を認めるのみであった。以上よりHISSは職場復帰レベルの予測に極めて有用な指標と考えられるが、治療期間や休業期間にはHISSでとらえられる重症度のほかに受傷前職種や熟練度なども影響していると考えられた。

HISSは成績予測に有用な指標ではあるが、いくつかの問題点も内包していると考えられる。本評価法では皮膚(Integument)、骨(Skeleton)、腱(Motor)、神経(Nerve)損傷に関してのスコアリングを行っているが、本研究の全ての症例に認められていたような血管損傷因子の評価が含まれていない¹⁵⁾。また、それぞれの指に対して基礎点数をつけた後に各指の機能的重要度に応じた定数（母指：6、

示小指：2、中環指：3) をかけることで得点を算出しているが、この定数の妥当性に関してもさらなる議論が必要となる可能性がある。今後複数の施設でより幅広い重症度と多様なバックグラウンドの症例を含む対照群で、重症度スコア(HISS)とImpairment評価(玉井評価基準)、Disability評価(DASH)および職場復帰レベルとの関係を検討することでより完成された評価法となることが期待される。

テーマ2：

異所性再接着に関しては諸家により様々な報告がなされているが、その原則をまとめると、まず目標とすべき点として機能的母指の再建³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾があげられる。続いて最低限2本の対向指を獲得することが望ましい⁵⁾とされており、移行部位の決定因子として関節が温存されている指を機能的重要度の高い部位に移行する²⁾⁶⁾ことと、尺側への指移行によってpalm spanを獲得する³⁾ことなどが重要視されている。また、両手受傷例の場合には利き手の再建を優先すべきである³⁾とも報告されている。このような原則に則った手指再建によって、最大限の機能回復と二次手術の必要性を減ずることが可能であると考えられる。

今回我々が呈示した症例は母指を含む多数指切断に対しての示指を用いた母指再建という異所性再接着指の中では比較的スタンダードと考えられる適応が3例、母指以外でのMPやPIP関節が温存されている指の有効利用が2例、尺側への指移行が1例であった。これらの積極的理由による異所性再接着のほか、母床の条件による再接着部位の決定が2例で行われていた。結果として異所性再接着指は全例生着し、有用なtripod pinchを獲得することが可能であった。また、異所性再接着による母指再建でwrap around flapや第二趾移植などの追加手術を行うことなく機能的な母指を再建できたが、若年の患者で遊離組織移植による母指や対向指の再建が比較的安全に行いうると考えられる症例などでは、初回手術の時点で二次手術を想定して異所性再接着を行わずにおき、後日wrap around flapなどの再建手術を行うという治療法も選択し得る¹⁶⁾。

今回提示した症例のうち二次的再建手術を要したのは示指の異所性再接着によって母指が再建された一例のみで、第一指間形成のための有茎単径皮弁移植と、有用なピンチ獲得のための第一中手骨回旋骨切り術を要した。他の症例に関しては、多数指の重度損傷でありながら、母指化術や趾移植もしくは皮弁移植といった二次的的手指再建手術を要さなかった。

多数指切断の再接着適応決定において、異所性再接着は有用な一選択肢であり、解剖学的再接着よりも有用な手機能の獲得や二次再建手術の必要性を減じることが可能となると考えられるが、その適応の決定には損傷程度の正確な把握と最終的に獲得可能な手指機能の的確な予測が不可欠であり、患者の年齢、職業などの因子も考慮したうえでの総合的な判断が必要である。

テーマ3：

今回施行したWAF群および再接着群の術後長期成績の比較の中で、両群ではほぼ同等の成績だったものは知覚回復度、指尖部皮膚温、骨癒合率、玉井の評価基準および休業期間であった。このうち休業期間以外は再建または再接着された母指単体の機能を強く反映している指標と考えられる。一方、再接着群のほうがWAF群より明らかに優っていた指標は、DASHスコアおよび原職復帰の割合であり、これらは母指だけでなく隣接指を含んだ手全体の損傷度やドナーの欠損症状なども反映している可能性があると考えられた。

受傷手全体の重症度の指標である HISSはWAF群で有意に高値となっており（表7）、術前重症度はWAF群のほうが高度であった。すなわち、WAF群（再接着不能群）では切断母指の挫滅度が高度で熱圧挫やデグロービング損傷などの手全体の損傷度が高いものも含まれていたが、母指再接着群では切断母指の挫滅度が比較的軽度で、損傷範囲も限局される傾向にあったことが、DASHスコアおよび原職復帰率の違いを生み出した原因の一つであると考えられる。

さらに、玉井の評価基準では両群間には有意差を認めなかったにも関わらず、DASHスコアでは有意差を認めていた原因としては両評価法の性格の違いが関与していると考えられる。すなわち、玉井の評価基準は主に治療者および患者側からの手の基本機能および作業能力に関する評価より構成されている⁹⁾が、DASHは患者側からの、肩から肘および手までの上肢全体に関連する作業能力の自己評価である¹⁰⁾。したがって、玉井の評価基準では再建母指を中心とした、客観的指標を多く含む受傷手そのものの機能評価が主体となるが、DASHではWAF群において損傷手自体の因子以外の母趾部分切除や腸骨採取の影響といった因子も反映されやすいと考えられ、これが両群のDASHスコアの違いに関与している可能性もある。

WAFによる母指再建に関しては、術後長期間にわたって、再建母指に良好な整容および機能が維持されることや¹⁷⁾、長期経過に伴っていくつかの合併症が発生

しうることがその対策とともに諸家によって報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾。今回の予後調査では症例数が限られており、また母指切断レベルや隣接指もしくは手全体の損傷度の相違も認めたことから、両群間の比較に様々なバイアスがかかっていることは事実であるが、再建母指のみに注目すればWAFは再接着とほぼ同等な成績が得られることが証明されたと考えられる。今後は症例を重ねることにより、切断（再建）レベルや隣接指損傷の長期成績に対する影響を検討していく予定である。

VIII. まとめ

1. 再接着や血行再建もしくは遊離組織移植による再建を要した重度損傷手において、損傷レベルが近位、損傷指数が増加もしくは損傷形態がclean、crush、avulsionと複雑化するにつれて、玉井の評価基準およびDASHスコアで示される機能的予後が悪化し、この傾向は玉井の評価基準において明瞭であった。
2. HISSと玉井の評価基準との間には良好な相関関係を認めたが、HISSとDASHスコアとの相関は強くはなかった。
3. 重度手指外傷の成績評価においては、客観的かつ定量的評価項目を多く含む玉井の評価基準と患者個々の生活に基づく主観的評価であるDASHの両者を併用することが望ましい。
4. HISSは職場復帰レベルの予測に極めて有用であるが、治療期間や休業期間との相関関係は弱かった。
5. HISSに関して今後、血管損傷因子のスコア化および各指の定数の妥当性に関しての再検討を行うべきであると考えられる。
6. 多数指切断の再接着適応決定において、異所性再接着は有用な一選択肢であり、解剖学的再接着よりも有用な手機能の獲得や二次再建手術の必要性を減じることが可能となると考えられるが、その適応の決定には損傷程度の正確な把握と最終的に獲得可能な手指機能の的確な予測が不可欠であり、患者の年齢、職業などの因子も考慮したうえでの総合的な判断が必要である。
7. 再接着不能な母指切断に対して行われたWrap Around Flapによる母指再建と母指再接着術との術後長期成績の比較において、Wrap Around Flapによって再建された母指は、母指機能単体では母指再接着に匹敵する成績となっていた。

8. DASHスコアや原職復帰率は、Wrap Around Flap群で劣っていたが、隣接指損傷などの手全体としての損傷度の相違や、WAF群でのflapや腸骨採取の影響がその原因と考えられた。

参考文献

1. 田島達也：日本の手の外科の嚆矢および反省点について。日手会誌, 11: 931-936, 1995
2. Chiu HY et al: Transpositional digital replantation. J Trauma 25: 440-443, 1985
3. Soucacos PN et al: Transpositional Microsurgery in Multiple digital amputations. Microsurgery 15: 469-473, 1994
4. Soucacos PN et al: Indications and selection for digital amputation and replantation: J Hand Surg 26B: 572-581, 2001
5. Chen TJ et al: Restoration of basic hand function by double transpositional digital replantation in five-digit amputations. J Reconstr Microsug 20: 201-205, 2004
6. An PC et al: Heterotopic replantation in mutilating hand injury. Ann Plast Surg 50: 113-118, 2003
7. Morrison WA, O'Brien BM, MacLeod AM: Thumb reconstruction with a free neurovascular wrap-around flap from the big toe. J Hand Surg 5A: 575-583, 1980
8. 土井一輝、服部奨、河合伸也ほか：部分的足趾移行術による母指再建術。整形外科 32: 1635-1638, 1981
9. Tamai S: Twenty years' experience of limb replantation-Review of 293 upper extremity replants. J Hand Surg, 7A: 549-546, 1982.
10. 機能評価について:日本手の外科学会. <http://jssh.gr.jp/jp/information/dash.html>
11. Campbell DA, Kay SPJ: The hand injury severity scoring system. J Hand Surg, 21B: 295-298, 1996.
12. Maki Y, Yoshizu T: Wrap-Around Flap. Experimental and Clinical Reconstructive Microsurgery (Tamai S, Usui M, Yoshizu T ed.), pp379-383, Springer, Tokyo, 2003
13. 上羽康夫：手の機能評価法. iHope Newsletter: <http://www.i-hope.jp>
14. Oosterom FJT, Ettema AM, Mulder PGH, et al.: Impairment and disability

after severe hand injuries with multiple phalangeal fractures. J Hand Surg, 32A: 91-95, 2007.

15. Saxena P, Cutler L, Feldberg L: Assessment of the severity of hand injuries using 'hand injury severity score', and its correlation with the functional outcome. Injury, 35: 511-516, 2003.
16. 吉津孝衛：挫滅切断の処置. 日手会誌 2: 842-846, 1986
17. 宮崎義久、松崎浩徳、登石聡ほか：術後 22 年経過した両側 Wrap around flap の 1 例. 日本マイクロ会誌 20: 97-102, 2007
18. Lee KS, Chae IJ, Hahn SB: Thumb reconstruction with a free neurovascular wrap-around flap from the big toe: long-term follow-up of thirty cases. Microsurgery 16: 692-697. 1995
19. Doi K, Kuwata N, Kawai S: Reconstruction of the thumb with a free wrap-around flap from the big toe and an iliac-bone graft. J Bone Joint Surg 67A: 439-45, 1985

本研究は、独立行政法人労働者健康福祉機構 労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業によりなされた。

※「四肢切断、骨折等の職業性外傷」分野

テーマ：職業性の挫滅損傷及び外傷性切断に対する再建術及び手術後の可動範囲拡大についての研究・開発、普及