いわゆる「突指」に関する研究

清 川 誠 一
Seiichi Kiyokawa

緒 言

手の外傷は、他部の外傷に較べて頻度も高く、屢々機能障害を残して、社会的にも、個人的にも重大な影響を及ぼすものであり、手の外傷の中、特に注目されるのは、いわゆる「突指」である。

1935 年、斎藤¹⁾は、「スポーツと整形外科」の宿題報告の中で、「指にボールがあたつて、そのために起した傷害を総括して言う事にすると」「突指」を定義しているが、一般に、いわゆる「突指」と呼ぶ場合、「指先に対象物が強く衝突して生じた手の外傷」をすべて含め、漠然と指している様であり、従つて、我々の診療の際、厳密に言うならば、指の軽度の打撲、捻挫から脱臼、骨折、腱断裂等の重傷に至る傷害に区別され得るものである。

此のいわゆる「突指」に関する研究は、本邦に於て 1930 年、桑波田²⁾等により野球による指骨の骨折率の高いのが強調され、その治療に無関心の傾向を指摘し、レ線所見上、指骨の 12 の骨折型を示した。「突指」に関する詳細な報告は、斎藤¹⁾により、受傷機転、受傷部位についてなされ、更に、手を最も必要とするスポーツ選手につき、一定条件下にレ線撮影を行つて指骨の長径と手関節の一定部位をレ線写真より計測し、スポーツの種目により如何に順応しているかについて考察している。1950 年代に入り、清水³⁾、伊藤⁴⁾、諸富⁵⁾、片山⁶⁾、水町⁷⁾及び小山⁸⁾、玉置⁹⁾、水谷¹⁰⁾、高沢¹¹⁾等により「突指」の発生種目、頻発部位、治療法等につき考察されているが、症例数も少く、レ線学的並びに機能解剖学的考察及び力学的考察は行われていない。

他方、欧米諸国に於ては、本邦に謂う、いわゆる「突指」なる概念の用語はなく、Schlöffner¹²⁾、Böhler¹³⁾、Matti¹⁴⁾、Conwell¹⁵⁾、Key¹⁶⁾、Mason¹⁷⁾、Kaplan¹⁸⁾、Watson-Jones¹⁹⁾、Bunnet²⁰⁾、等が Baseballfinger, Malletfinger, Dropfinger、或は又 Dropped Phalangette と呼ぶものがやゝ「突指」に似ている。此れ等は、主として末節骨の伸び切つた指先に対象物が強く衝突して、急に指関節の屈曲を強いられ、指骨の伸筋

腱が断裂するか又は、その付着部が剝離し、屈曲は可能であるが、伸展の自動運動は不可能となり、打槌状の変形を残した指を呼んでいるが、何れも治療法に重点がおかれ、その発生の機能学的及び力学的考察はなされていない。

此の本邦に言ういわゆる「突指」(以後単に「突指」と呼ぶ)は、スポーツ以外の外傷としても発生頻度が高く、加うるにスポーツの興隆、普及に伴い益々、増加するものと予想され、適切な初療如何が予後に重大な影響を及ぼし、不快なる後遺症発生の一因となつてゐるのに反して、受傷者及び診療者に於ても一般に軽視しがちであり、誠に寒心に堪えない。更に此の「突指」に関する研究は、前述の如く極めて少く、豊富な資料に基づく統計的観察及びレ線解剖学的研究並びに力学的考察の報告は見当らない。

著者は、以上の理由により、「突指」の成因を解明すべく、次の如き観点より研究を行つた。即ち、第一篇に於て「突指」受傷者の教室例及び学生の調査例より、統計的観察を行い、第二篇に於て、正常人及び受傷者の指骨並びに指関節部をレ線学的に研究し、「突指」により指骨及び指関節に如何なる変化を生ずるかについて述べ、第三篇に於て、末節骨、中節骨模型を理研製 Epoxy 樹脂板より、作製して二次元光弾性実験を行い、指骨の力学的構築を考究して「突指」発生の力学的考察を行つた。

第 1 編 「突指」の統計的観察

著者は、次の如き資料並びに方法により、広義の「突指」に関して、詳細に調査し、統計的観察を行つた。

第 1 章 調査資料並びに調査方法

第 1 節 教室の「突指」例

昭和 6 年、日本医科大学整形 外科開設 以来昭和 33 年度に至る 28 年間の外傷患者、11,636 名、11,906 例中 389 例の広義の「突指」受傷者の中、明確に骨折と診断された 127 例を除いた 262 例の病歴について、年齢、性別、罹患側、受傷機転、受傷部位、治療法と後遺症につき統計的観察を行い、更に 127 例の骨折につき観察した。

表 1 「突指」の調査表

(氏名)	男・女	明大	年	月	日生
受傷時					
① (身長)	(体重)	(胸囲)			
② (身長)	(体重)	(胸囲)	利キ腕	右・左	
不明 (身長)	(体重)	(胸囲)			
主なる運動 (経験年数を附記の事)					

(I)				(II)			
競技の種類				練習中 競技中			
発生状態 (発生年月日を記入の事)				発生状態 (発生年月日を記入の事)			
発生時期：競技開始直后 中期 終期				競技開始直后 中期 終期			
治療 自分で 医師 其の他の治療師				自分で 医師 其の他の治療師			
発生前 競技を続けた 中止した				競技を続けた 中止した			
治つ迄の期間は							
現在は 治つた 治らぬ(治療中) 特別な治療はせぬ				治つた 治らぬ(治療中) 特別な治療はせぬ			
再発しない たまに起す 時々起す 毎回起す				再発しない たまに起す 時々起す 毎回起す			
変形…有る 無い 痛み…有る 無い 運動障害…有る 無い 其の他				変形…有る 無い 痛み…有る 無い 運動障害…有る 無い 其の他

発生部位に○印をつける
二個以上の時は数字(例へば①②)
を入れて下さい

日本医科大学整形外科教室

第 2 節 調査表による「突指」調査

表 1. の如き調査表を大学生、高校生、中学生に対して、体育指導者を通じ 5,000 枚配布し、回答を得た 3,513 例、5,074 指を得た。これらにつき、罹患側と受傷部位、受傷機転、発生時の状況、発生頻度、後遺症につき統計的観察を行った。

表 2 性別と罹患側

種 類	左右別	男 子	女 子	合 計
一般の外傷	左	30	15	45
	右	36	21	57
スポーツ外傷	左	41	15	56
	右	74	9	83
労働災害	左	9	0	9
	右	4	0	4
交通災害	左	3	0	3
	右	3	2	5
合 計		200	62	262

第 2 章 調 査 結 果

第 1 節 教室の「突指」例

第 1 項 性別と罹患側 (表 2)

性別では、男子は女子の約 3 倍で特にスポーツ外傷では、約 5 倍にも達していた。之は単にスポーツ人口に比例していると考えられ、罹患側は 1 : 1.32 でやゝ右側に多い。

第 2 項 受傷年令別 (表 3)

表 3 受 傷 年 令 別

年 令 別	一 般		ス ポー ツ		労 災		交 通		合 計
	男	女	男	女	男	女	男	女	
10才以下	0	2	1	3	0	0	0	0	6
11才～15才	5	2	23	3	0	0	0	0	33
16才～20才	9	3	33	14	1	0	2	0	62
21才～25才	14	9	38	4	5	0	1	1	72
26才～30才	9	4	11	0	2	0	0	0	26
31才～35才	8	2	7	0	2	0	1	0	20
36才～40才	3	5	0	0	0	0	1	0	9
41才～45才	4	2	2	0	1	0	0	0	9
46才～50才	6	3	0	0	0	0	0	1	10
51才以上	8	4	0	0	2	0	1	0	15
合 計	66	36	115	24	13	0	6	2	262

スポーツ外傷によるものは、他の原因によるものと著しく異つて、男子では、21才～25才に、女子では、16才～20才に最も多く、スポーツ愛好年令に一致し、年令的に特徴が見られた。

第 3 項 受 傷 機 転

1. スポーツ外傷によるもの

表 4 スポーツによる「突指」の発生種目

種 目	男 子		女 子		合 計
	左	右	左	右	
野 球	17	46	2	0	65
排 球	5	10	4	6	25
籠 球	3	6	3	1	13
体 操	3	4	1	0	8
ソフトボール	2	2	2	1	7
空 手	4	1	0	0	5
ア式蹴球	3	1	0	0	4
ドッチボール	0	1	1	1	3

送 球	1	1	1	0	3
レ ス リ ン グ	0	2	0	0	2
ラ グ ビ ー	1	0	0	0	1
サ ッ カ ー	1	0	0	0	1
柔 道	1	0	0	0	1
ス ケ ー ト	0	0	1	0	1
合 計	41	74	15	9	139

夫々の競技特有な指の肢位におけるボール又は器具による衝突であり、スポーツの種目は表4の如くで、球技は勿論の事、その他の種目にも見られ、14 種目に互つていた。

2. スポーツ以外の外傷によるもの

表 5 スポーツ以外の外傷による「突指」の受傷機転

受 傷 機 転	男 子			女 子			合 計
	一 般	交 通	労 災	一 般	交 通	労 災	
転倒して手をつく	33	3	1	25	2	0	64
他人又は対象物との衝突	23	2	9	5	0	0	39
高所より落ちて	8	1	3	3	0	0	15
喧嘩して	5	0	0	0	0	0	5
合 計	69	6	13	33	2	0	123

表5の如く、転倒して手をつき受傷したものが最も多い。

第4項 受傷指及び受傷指関節部位

表6の如く、スポーツ外傷によるものは環指が、他

表 6 受 傷 部 位

部 位	一 般 の 外 傷			ス ポ ー ツ 外 傷			労 働 災 害			交 通 災 害			合 計 例
	基 節	中 節	末 節	基 節	中 節	末 節	基 節	中 節	末 節	基 節	中 節	末 節	
母指	30	0	1	31	0	1	2	0	1	4	0	0	70
示指	3	8	1	0	11	3	0	1	1	0	0	0	28
中指	6	10	7	1	11	15	1	1	1	1	0	2	56
環指	4	8	4	3	23	15	0	2	0	0	0	0	59
小指	8	9	3	2	11	12	2	1	0	0	1	0	49
合計	51	35	16	37	56	46	5	5	3	5	1	2	262

の外傷によるものは母指が最も多く、共に示指が最も少なかった。更に指関節に細別すると、母指は基節が、示、環、小指は中節が、中指は末節関節が夫々多く、全体的に、各指の特異性により多少異つているが、指先より数えて二番目の関節に多い傾向を示していた。

第5項 「突指」による指骨々折

表 7 指骨々折の左右別

種 別	左	右	合 計
ス ポ ー ツ 外 傷	25	35	60
一 般 外 傷	18	19	37
労 働 災 害	11	19	30
合 計	54	73	127

「突指」により、レ線上、明らかに骨折を伴つたものは124例で、全「突指」の32.9%であり、受傷は、表7の如く、スポーツ外傷が多くやゝ右側に頻発していた。受傷指は、表8の如く「突指」の中で最も少い示指に、重傷な骨折が多い事は注目に値した。受傷指骨を考えると、基節骨が、40.9%を占め特徴的であ

表 8 指骨々折の分布

部 位	母指	示指	中指	環指	小指	合 計
中 手 骨	7	5	5	6	5	28
基 節 骨	9	11	10	9	13	52
中 節 骨	0	8	7	4	24	23
末 節 骨	6	5	4	3	6	24
合 計	22	29	26	22	28	127

表 9 指骨々折の部位

部 位	ス ポ ー ツ 外 傷	一般外傷	労働災害	合 計
骨 頭 部	14	10	4	28
骨 体 部	20	20	3	43
骨 底 部	26	7	23	56
合 計	60	37	30	127

り、小山の50例の統計と異つていた。指骨を三部に分けてみると表9の如く、基底部が骨折したものが多かった。

第6項 治療と後遺症

教室症例の中で治療を続行したものは、236 例でその中 129 例 54.5% は、1 週以内に全治を見ていた。「突指」による骨折の中、末節骨の基底部の腱断裂又は剝離骨折に対し、我々は早期に、末節骨掌側より指先を越えて、末節を過伸展位に、背側中節、基節骨、中手骨まで絆創膏で固定し、基節、中節関節の順に屈曲すると末節の過伸展位が得られ、更に末節関節を横に中手骨上に 2 週及至 3 週固定する法を考え、これにより Busch 氏骨折、41 例中、38 例の全治を見ている。後遺症は、236 例中 29 例、11.2% に疼痛、肥厚、変形、運動障害を残していた。

第2節 調査表による「突指」の統計的観察

第1項 罹患側並びに受傷部位

調査対象が女子に多かつたため、性別は比較にならないが、罹患側では、1:1.26 で右にやや多い。表10

表 10 罹 患 部 位

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	495	9.8	845	16.7
	末節関節	163	3.2	180	3.5
示指	基節関節	204	4.0	152	3.0
	中節関節	188	3.7	207	4.1
	末節関節	120	2.4	165	3.2
中指	基節関節	70	1.4	66	1.3
	中節関節	178	3.5	157	3.1
	末節関節	152	3.0	199	3.9
環指	基節関節	62	1.2	49	1.0
	中節関節	150	3.0	188	3.7
	末節関節	99	1.9	120	2.3
小指	基節関節	81	1.6	72	1.4
	中節関節	194	3.8	310	6.1
	末節関節	85	1.7	123	2.5
合 計		2,241例	44.2%	2,833例	55.8%

の如く、受傷部位を考えると、母指に最も多く、これは女子の排球例が含まれたためである。受傷指関節では、母指は基節関節、他の 4 指では中節関節に多発していた。

第2項 受傷機転

球技によるものが大部分であるが、球技以外の殆んどすべての種目に互つて見られた。球技によるもの

は、捕球の際に多く、球技を除いては、器具又は他人との衝突が主たる原因となつていた。

第3項 発生時の状況

「突指」発生時の各スポーツ種目を練習中と試合中とに分けて見ると表11の如く、練習中に 88% 受傷して

表 11 発 生 の 時 期

性 別	練 習 中	試 合 中	不 明
男 子	754 (78.2)	126 (13.1)	84 (8.7)
女 子	2,039 (80.0)	304 (11.9)	206 (8.1)
合 計	2,793 (29.5)	430 (12.2)	290 (8.3)

いた。頻度から見れば当然であるが、精神的緊張度も相当存在するものと考えられた。スポーツ開始直後、中期、後期と分けてみると、中期が 59.9% で大部分を占めていた。

第4項 発生頻度

各スポーツの種目別には把握し得なかつたが女子体育短大生 350 名中、270 名約 80% に各種スポーツによる「突指」を見ており、同一人に頻発するか否かを見ると、偶に起すもの 23.4%、時々起すもの 11.4%、毎回起すもの 0.5% であり、約 3 分の 1 に頻発していた。

第5項 種目別発生部位

表 12 排 球

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母 指	母指基節	164	10.1	269	16.6
	関節末節	46	2.8	63	3.9
関 節	示指基節	115	7.1	58	3.6
	関節中節	50	3.1	60	3.7
	関節末節	42	2.6	51	3.1
中 指	基節関節	23	1.4	27	1.7
	中節関節	44	2.7	55	3.4
	末節関節	37	2.3	58	3.6
環 指	指基関節	26	1.6	21	1.3
	中節関節	42	2.6	50	3.1
	末節関節	32	2.0	29	1.8
小 指	基節関節	24	1.5	22	1.4
	中節関節	59	3.6	90	5.5
	末節関節	28	1.7	38	2.3
合 計		732例	45.0%	891例	55.0%

表 13 ソフトボール

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	35	5.4	77	21.2
	末節関節	18	2.8	20	3.1
示指	基節関節	14	2.3	13	2.0
	中節関節	22	3.4	24	3.7
	末節関節	13	2.0	25	3.9
中指	基節関節	10	1.6	4	0.6
	中節関節	26	4.0	36	5.6
	末節関節	26	4.0	25	3.9
環指	基節関節	4	0.6	7	1.1
	中節関節	30	4.7	30	4.7
	末節関節	22	3.4	26	4.0
小指	基節関節	18	2.8	14	2.2
	中節関節	18	2.8	45	7.0
	末節関節	11	1.7	15	2.3
合 計		270例	42.8%	361例	57.2%

表 15 ドッチボール

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	31	9.6	0	0
	末節関節	13	4.0	2	0.6
示指	基節関節	6	1.9	3	0.9
	中節関節	12	3.7	13	4.0
	末節関節	6	1.9	12	3.7
中指	基節関節	2	0.6	4	1.2
	中節関節	12	3.7	13	4.0
	末節関節	9	2.8	14	4.3
環指	基節関節	4	1.2	2	0.6
	中節関節	8	2.5	8	2.5
	末節関節	3	0.9	7	2.2
小指	基節関節	6	1.9	6	1.9
	中節関節	21	0.5	34	10.5
	末節関節	5	1.5	9	2.8
合 計		138例	52.1%	127例	47.9%

表 14 籠 球

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	35	8.3	55	13.1
	末節関節	9	2.1	7	1.7
示指	基節関節	13	3.1	10	2.3
	中節関節	19	4.5	34	8.1
	末節関節	6	1.4	15	3.6
中指	基節関節	6	1.4	2	0.5
	中節関節	22	5.2	26	6.2
	末節関節	16	3.8	17	4.0
環指	基節関節	3	0.7	1	0.2
	中節関節	15	3.6	22	5.2
	末節関節	4	1.0	16	3.8
小指	基節関節	3	0.7	4	0.7
	中節関節	20	4.8	25	5.9
	末節関節	8	1.9	7	1.7
合 計		179例	42.6%	241例	57.4%

表 16 野 球

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	63	18.5	30	8.8
	末節関節	17	5.0	16	4.7
示指	基節関節	3	0.9	0	0
	中節関節	13	3.8	10	2.6
	末節関節	13	3.8	14	4.1
中指	基節関節	3	0.9	2	0.6
	中節関節	12	3.5	9	2.7
	末節関節	19	5.6	28	8.2
環指	基節関節	2	0.6	1	0.3
	中節関節	7	2.1	12	3.5
	末節関節	10	2.9	11	3.2
小指	基節関節	4	1.2	5	1.5
	中節関節	8	2.3	10	2.9
	末節関節	7	2.1	12	3.5
合 計		181例	53.1%	160例	46.9%

表 17 器 械 体 操

部 位		左		右	
		例	%	例	%
母指	基節関節	28	19.2	21	14.4
	末節関節	2	1.4	4	2.7
	基節関節	1	0.6	2	1.4
	中節関節	8	5.4	5	3.4
示指	末節関節	1	0.6	1	0.6
	基節関節	5	3.4	2	1.4
	中節関節	12	8.2	12	8.2
中指	末節関節	2	1.4	3	2.1
	基節関節	2	1.4	2	1.4
	中節関節	7	4.8	7	4.8
小指	末節関節	0	0	4	2.7
	基節関節	2	1.4	0	0
	中節関節	3	2.1	8	5.4
環指	末節関節	0	0	2	1.4
	基節関節	2	1.4	2	1.4
	中節関節	7	4.8	7	4.8
合 計		73例	50.0%	73例	50.0%

表 12, 13, 14, 15, 16, 17 の如く、種目により受傷指関節部位が特徴的であり、排球、ソフトボール、籠球では共にやゝ右手が多く、母指の基節関節に好発し、ドッチボール、野球では左手が多く、前者は小指に、後者は母指に多発していた。球技以外の体操では母指の基節関節に好発していた。

第 6 項 治療と後遺症

疼痛、関節部の肥厚及び変形、運動障害等の後遺症は、スポーツ経験年数「突指」発生回数、受傷時の軽重、更に治療法等に関係するが、何等かの障害を残すものは、表18 a の如く、53.4%を占め、特に注目を要した。同一箇所発生頻度と後遺症との関係は、表18 b の如く、受傷を頻回に繰返したものが特に高率に後遺症を残していた。

治療者の種類は、表 19 の如く、後遺症との関係は表 20 の如くであり、医師に受診したものは9.5%の

表 18. a. 「突指」後遺症

症 例	A (変形)	B (疼痛)	C (運動障害)	A +	A +	B +	A +	無 し	計
例数	765	338	75	143	55	96	156	1,419	3,047
%	25.1	11.1	2.5	4.7	1.8	3.2	5.1	46.6	

表 18. b. 同一箇所発生頻度と後遺症
(総数 3,513 無記載 713)

種 類	A (変形)	B (疼痛)	C (運動障害)	A +	A +	B +	A +	無 し	計
初発のみ	417例 30.6%	84 6.2	12 0.9	37 2.7	34 2.5	29 2.1	54 3.9	694 51.0	1,361
偶に	167例 20.3%	140 17.1	35 4.3	67 8.2	12 1.5	39 4.8	37 4.5	325 39.6	821
時々	87例 21.8%	44 11.0	7 1.8	28 7.0	5 1.3	17 4.3	41 10.3	201 50.3	400
毎回	2例 11.1%	1 5.5	1 5.5	2 11.1	1 5.5	2 11.1	3 16.7	6 33.4	18

表 19 治療者の種類

種 類	例 数	%
自分 (又は他人など)	2,000	56.9
医 師	334	9.5
其の他接骨など	346	9.8
無 記 載	833	23.7

表 20 治療者の種類と後遺症

種 類	A (変形)	B (疼痛)	C (運動障害)	A +	A +	B +	A +	無 し	計
自分 (他人)	528例 26.4%	248 12.4	42 2.1	97 4.8	35 1.7	64 3.2	100 5.0	886 44.3	2,000
医師	104例 31.1%	23 6.9	16 4.8	26 7.8	7 2.1	11 3.3	26 7.8	121 36.2	334
他 (接骨など)	79例 22.8%	44 12.7	7 2.0	9 2.6	1 0.3	8 2.3	19 5.5	179 51.7	346

みで、その中、63.8%に後遺症を残していた。これは「突指」に関する世人の関心が薄く、単に自分又は他人により受傷指をひつづるのみで放置し、症状が消失しない時又は、骨折、腱断裂等の重傷のみが医師を訪れた結果と考えられ、初療の如何が予後に重大な影響を及ぼす事を考える時、誠に寒心に堪えない所である。受傷後、10 日以内に大部分が治癒していた。

第 2 編 「突指」のレ線解剖学的研究

著者は、「突指」受傷指について従来余り考察されていないレ線解剖学的考察を試み、次の如き研究材料と方法とにより、正常人及び「突指」受傷者の指関節裂隙と指骨軸を計測して検討を加えた。

第 1 章 正常人及び「突指」受傷者の指関節裂隙

第 4 節 正常人指関節裂隙の伸縮性

正常人の指関節部は、手筋、腱、靱帯、関節嚢により極めて鞏固に連結されているが、その長軸に平行な牽引又は圧縮は、臨床上、かなりの伸縮性を持つ様に見えるが、果してレ線上、指関節裂隙に如何なる変化を生ぜしめるかを検討し、「突指」受傷指と比較し、考察を行つた。

第1項 研究材料並びに研究方法

著者は「突指」を経験しない正常人 20 名につき、最も実験のやり易い示指の基節関節を選んで、基底部より中節、末節骨の外側を絆創膏にて牽引鞘を作製し、先端にゼンマイ秤を結びつけ、秤端を固定し、長軸方向に充分牽引出来る様にし、荷重を与えないで、一定条件下にレ線を撮り、これを対照とし、2kg づゝ牽引し 10kg まで荷重し、その度に同一条件にてレ線撮影を行つた。

次に、示指の各指関節が屈曲しない様に注意して、基節骨の中枢端より末節骨端までギプスにて固定し、十分乾燥させた後、皿型ゼンマイ秤を使用して、圧迫荷重し、2kg づゝ 10kg まで行い、その度に同一条件にてレ線撮影を行つて得たフィルム上にて、指骨軸上の指関節裂隙を工業用ノギスにて 1mm の 10 分の 1 まで 3 回測定して平均を求め、その推移を検討した。

第2項 研究結果

表 21、写真 1 の如く、長軸に平行な圧縮及び牽引によつて、レ線上、指関節裂隙の変化は認められなかつた。

表 21 指関節の伸縮度 (m.m.)

荷 重 (kg)	圧 縮	牽 引
2	1.54 ± 0.05	1.55 ± 0.05
4	1.54 ± 0.06	1.54 ± 0.06
6	1.53 ± 0.05	1.56 ± 0.06
8	1.52 ± 0.06	1.55 ± 0.05
10	1.52 ± 0.05	1.56 ± 0.05

第2節 「突指」受傷者の指関節裂隙

「突指」受傷直后には指関節裂隙に、何らかの変化を生ずる事は当然である。

著者は、これらの変化を考察すべく、次の如き材料並びに方法により検討を加えた。

第1項 研究材料並びに研究方法

教室例、262 例の「突指」患者の中で、受傷直後でも同一条件下に左右対称レ線像を撮り、123 例のレ

線フィルムを得た。これらにつき、指骨軸上の指関節裂隙を、工業用ノギスにて 1mm の 10 分の 1 まで 3 回宛計測し、平均を求めて左右を比較した。

第2項 研究結果

0.1mm 以上の左右差を認めたものは、123 例中、91 例 75% に及び最大の差は 0.6mm であつた。

第2章 指骨軸の内、外反度

著者は、「突指」の成因に関して指骨軸の内、外反度が関係するのではないかとの観点より、次の如き材料並びに方法とにより、中手骨を除いて、遠位指骨軸が基節骨軸に対する角度を測定して検討を加えた。

第1節 研究材料並びに研究方法

正常成人 51 名を対照とし、教室例「突指」受傷者の中男子成人 21 才〜35 才までの 97 例について、同一条件下のレ線像より、指骨の底部及び頭部の最大径の midpoint を結ぶ線を指骨軸として、母指を除き、基節骨軸に対する中節及び末節骨軸とのなす角を分度器にて測定した。

第2節 研究結果

表 22 の如く。

表 22 指骨軸の内、外反度

角 度	基節骨軸に対する中節骨軸								基節骨軸に対する末節骨軸							
	対 照 群				受 傷 群				対 照 群				受 傷 群			
	示 指	中 指	環 指	小 指	示 指	中 指	環 指	小 指	示 指	中 指	環 指	小 指	示 指	中 指	環 指	小 指
0	33	49	37	35	21	9	14	7	13	34	31	11	0	24	17	0
1	14	1	12	11	1	9	6	5	5	13	15	1	0	2	7	2
2	3	1	1	5	2	2	5	3	4	3	3	2	1	2	5	1
3	1	0	0	0	0	0	5	1	6	1	0	4	0	1	4	1
4	0	0	0	0	0	1	6	2	5	0	2	4	1	2	1	2
5	0	0	0	0	2	0	1	3	6	0	0	6	2	0	2	3
6	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	4	1	0	1	4
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	2
10	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

第1項 対 照 群

基節骨軸に対して、中節骨軸は、母指を除く他の 4

指では、 $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$ までの間であり、末節骨軸は、基節骨軸に対して、示、小指は、 $0^{\circ}\sim 11^{\circ}$ であり、中指は $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$ まで、環指は $0^{\circ}\sim 4^{\circ}$ までの間で、中指を中心として夫々、内、外反を軽度にして示していた。

第2項 受傷指群

基節骨軸に対して中節骨軸は、母指を除き、他の4指では、示、環指では、 $0^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 、中指は、 $0^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 、小指は、 $0^{\circ}\sim 6^{\circ}$ までの間であり、末節骨軸は基節骨軸に対して、示指は、 $2^{\circ}\sim 11^{\circ}$ 、中指は $0^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 、環指は $0^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 、小指は、 $1^{\circ}\sim 15^{\circ}$ の傾きを有し、中指を中心として夫々、内、外反を示していた。

第3編 「突指」の力学的研究

著者は、二次元指骨模型の光弾性実験を行つて、從來余り研究されていないと思われる指骨の力学的構築を解析して「突指」の成因に関して、力学的に検討した。

成書²¹⁾に記載されている如く、この光弾性実験は、構造物の模型について偏光を利用して、応力の分布状態を実験的に調べる方法であり、1816年、英国の Brewster²²⁾が、ガラスの様な透明均一立方体即ち、非晶体に力を加えて応力を生ぜしめると、この透明物体は一時的に結晶体の性質を帯び、一時的複屈折現象を呈する事を発見した。これを光弾性効果と言い、光弾性実験の基をなす現象である。本実験の医学への応用は、1935年、B. Zak²³⁾が歯牙について報告して注目を浴び、1936年、Alexander²⁴⁾は、医学的応用を指摘し、1939年、H. Milch²⁵⁾は、大腿骨、脛骨についてその骨梁と二次元光弾性実験の Stress line が相似していたと述べている。

その後、実験材料や実験装置の進歩により光弾性実験を利用した応力測定技術が、簡便且つ、極めて精密になり、1950年、正林²⁶⁾は、大腿骨上部について光弾性実験を行い、定量的応力分布を研究し、骨の形態、骨梁の構造が力学的に合理的であると、骨折との関連について述べ、骨の変形、骨梁の病因的变化等の説明に、二次元光弾性実験が役立つ事を示した。1954年、出井²⁷⁾、矢島²⁸⁾、大多和²⁹⁾等は歯牙について、1957年、高田³⁰⁾は、関節固定術に関して、中野³⁰⁾は斜面索引の効果に関して、1959年、有馬³²⁾は脊椎分離症の成因について、夫々、光弾性実験を行つた結果について述べているが、未だ指骨への応用は行われていない。

著者は、次の如き研究材料と研究方法により、指骨の末節骨、中節骨の二次元模型による光弾性実験を行

つた。

第1章 実験材料並びに加工方法

第1節 実験材料

理化学研究所西田研究室作成のエポキシ樹脂板、21cm×17cmの辺縁より1cm以上内側で、歪及び Initialstress のない部分を偏光板により確認して使用した。光弾性感度は、表23の如く1.0335であつた。

表23 光弾性感度

$$\text{感度係数 } \alpha = \frac{N \times b}{P} = \frac{3 \times 11.2}{32.5} = 1.0335$$

第2節 加工方法

正常人指骨の2倍拡大像をレ線高圧撮影により示指の背掌、側面像を撮り、前節の樹脂板上に針でけがきをし、この外縁2~3mmの所を糸鋸でゆつくりと摩擦熱を少なくする様に切り抜き、この試験片をゴム板で保護した万力で挟み、固定し、よく切れる新しいやすりで極めて慎重にけがき線まで板面と直角に仕上げた。

第2章 実験方法

図1 光弾性実験装置模型

実験装置は図1の如くで詳細は成書²¹⁾に譲るが、露出は約5秒を標準とし、ネオパン乾板上に露出せしめた。試験片の荷重には、一端を荷重台の枠に取りつけ、支点とした横杆を用いて試験片の頂点を力点とし、他点を重点とした挺子を用い、その際の荷重量 P kg は次式で求めた。

$$P(\text{kg}) = G \text{ kg} \times \frac{l_2}{l_1} + W \text{ kg} \times \frac{l_3}{l_1}$$

G は横杆の重さ、 W は用いた乗錘の重さ

l_1 は支点→力点間距離, l_2 は支点と横杆の重心間距離, l_3 は支点→重点間距離

尚, 指骨模型の頭部及び底部は, その模型に一致する関節面を他のエポキシ樹脂にて製作し, 関節面に約 1 mm の紙片を入れて均等に荷重する様にした。加工直後の Initialstress の全くない模型も, 時間的経過と共に, 形態に即応した Initialstress が生じて来るので, 模型製作直後に実験を行つた。

この様にして, 末節骨背掌模型では, $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ と関節面の角度を変え, 中節骨背掌模型では 0° , 又, 末, 中節骨側面模型では, 中間位, 過伸展位, 屈曲位に下関節面を作成して, 等色線写真を撮り, 等傾線を手で写しとつた。これらより, 周辺応力分布図, 剪断応力値, 主応力線を決定した。

第3章 実験結果

第1節 末節骨の背掌模型

第1項 傾斜 0° の時

等色線写真(写真 2)より, 周辺応力を求めると, 図 2 の如く, 略々左右対称に応力の集中を見, 最大応

図 2 末節骨背掌模型 0° 周辺応力分布図

図 3 末節骨背掌模型 0° 等傾線

図 4 末節骨背掌模型 0° 主応力線

力は骨頭部に見られた。次に等傾線(図 3)より主応力線(図 4)を求めた。

図 5 末節骨背掌模型 5° 周辺応力分布図

図 6 末節骨背掌模型 10° 周辺応力分布図

図 7 末節骨背掌模型 10° 主応力線

第2項 傾斜 5° の時
等色線写真(写真 3)より, 周辺応力を求めると図 5 の如く, 骨頭部と略々同じく傾斜側の骨体部中央及び底部に応力の集中が見られた。

第3項 傾斜 10° の時
等色写真(写真 4)より 周辺応力を求め, (図 6) 傾斜側の骨体部と骨底部に 応力の集中を見, 等傾線(図 7)より主応力線(図 8) を求めた。 0° の時と比較

図 7 末節骨背掌模型 10° 等傾線

して, 左右対称でなく, 傾斜側の骨体部に主応力を見て, 底部には見られなかつた。

一般的に指骨内部の応力を見るために指骨長軸, 骨体部中央(最大彎曲部), 底部の剪断応力を求め, (図 9, 10, 11) 応力値を比較すると, (荷重 73.50 kg の時) 傾斜の増加と共に応力値も増加し, 底部では傾斜側に最大応力値が移動していた。

第2節 末節骨側面模型の実験

図9 荷重 73.5 kg 時の末節骨中軸の剪断応力分布図 0°, 5°, 10° の比較

図10 荷重 73.5 kg 時の末節最大彎曲部の剪断応力分布図 0°, 5°, 10° の比較

図11 荷重 73.5 kg 時の末節骨底部の剪断応力分布図 0°, 5°, 10° の比較

図12 末節骨背面側面像中間位, 周辺応力分布図

第1項 中間位

等色線写真(写真5)より周辺応力(図12)を見ると、骨体部屈側中央に最大応力の集中を認め、底部は略々対称的であつた。

図13 末節骨側面模型過伸展位, 周辺応力分布図

第2項 過伸展位

等色線写真(写真6)より周辺応力(図13)を求め、骨頭部及び屈側底部に略々同様な応力の集中を認め、骨体部と底部の移行部、即ち、最大彎曲部に応力の集中を見た。

第3項 屈曲位

図14 末節骨側面模型過屈曲, 周辺応力分布図

等色線写真(写真7)より周辺応力(図14)を求めた。屈側の体部に最大応力の集中を認め、屈側底部に骨頭部より大きい応力の集中を見た。

第3節 中節骨背掌模型

等色線写真(写真8)より、周辺応力(図15)を求めると、骨頭部では形状の最大彎曲部に、骨体部では

略々同大に、底部では略々対称的に応力の集中を見た。等傾線 (図 16) より主応力線 (図 17) を導き出した。

第 4 節 中節骨側面模型

第 1 項 中間位
等色線写真 (写真 9) より周辺応力 (図 18) を見ると、末節骨と同じく、屈側体部中央に最大応力を認め骨頭部より大きかった。

第 2 項 過伸展位

図 16 末節骨背掌模型
0° 等傾線

図 17 末節骨背掌模型
0° 主応力線

図 18 中節骨側面模型中間位
周辺応力分布図

図 15 末節骨背掌模型
周辺応力分布図

等色線写真より (写真 10) 周辺応力を求めると、屈側体部と同大の応力の集中を背側底部に認めた。末節骨と異なり、骨体部の骨底部との移行部に応力は移行せず、骨体部の中央にあつた。

第 3 項 屈曲位

等色線写真 (写真 11) より、周辺応力を求めると、屈側体部に最大応力の集中を認め、屈側底部に骨頭部より大きい応力を認めた。

弾性理論によれば、荷重による物体内部の応力は、試験片の境界面の形状と荷重のかゝり方で決定され、基節骨は中節骨と相似する理由で実験は行わなかつた。

総括並びに考按

スポーツによる「突指」に関する統計的観察は、小山⁸⁾、斎藤¹⁾、清水³⁾、水谷¹⁰⁾、高沢¹¹⁾等によりなされているが、多数例につきスポーツ以外の外傷による広義の「突指」を含めての報告は、著者¹⁰⁾等を除き見当たらない。著者は、日本医科大学整形外科 28 年間の外傷患者 11,636 名、11,906 例中、レ線所見上、明らかに「突指」による指骨々折と診断された 127 例を含む。389 例の全「突指」について統計的観察を行い、更に、体育教官を通じて調査し得た学生の 3,513 例、5,074 指につき観察を行つた。

1. 性別と罹患例

男子に多く、やゝ右側に多く好発するを認め、諸家の統計と一致していた。

2. 受傷年令別

スポーツによるものは、他の外傷によるものと比較して、スポーツ愛好年令に一致し、青少年に多く見られた。

3. 受傷機転

スポーツによる「突指」の中、球技では捕球によるものが最も多く、練習の中期に多発していた。球技以外及び一般外傷によるものは、対象物との衝突が主である。

4. 発生頻度

各々スポーツ種目別及び一般外傷では、把握し得なかつたが、女子体育短大生の約 80% に見られ、略々その半数が同一人に頻発していた。

5. 発生種目と発生部位

スポーツによるものは、種目により「突指」発生部位が特徴あり、排球、ソフトボール、籠球では右側に好発し、母指の基節関節に多発し、斎藤¹⁾の統計と略々一致した。野球は、左母指基節関節に、一般外傷で

は、右母指に頻発していた。諸家の観察によると、環指に多発しているが、著者の例ではこれと異つていた。又「突指」受傷指関節部位のみを考えて見ると、母指では基節関節に、他の四指では中節関節に多発し、何れにしても、指先より数えて二番目の指関節に頻発していた。著者は、これに関して、次の如く考察した。即ち、母指の基節関節は、他の四指の中節及び末節関節と同じく蝶番関節であり、過伸展位とはなり難く、且つ内、外転は T. Lanz³³⁾ によれば $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ であり、撓側方向への外力に対して支点となり易い。又他の四指の基節関節は、球関節で、中節及び末節関節は蝶番関節であるため、この中節及び末節関節が過伸展位をとり難く、その運動域は T. Lanz³³⁾ によれば、中節関節は、 $110^{\circ}\sim 130^{\circ}$ 、末節関節は、 $65^{\circ}\sim 95^{\circ}$ であつて、末節は、中節関節の約 60%~70% の運動域しか有しない。従つて、指の中間肢位を考えた場合、末節関節は、中節関節より伸展位にあり、指は中手骨骨頭の中心を支点とし、中節関節は最大彎曲位を取り、従つて弾性理論から、長軸に平行な外力により、瞬間的に応力の集中をみる事になる。以上の理由により「突指」が、母指の基節関節及び他の四指の中節関節に頻発するものと考察した。

6. 「突指」による指骨々折

全「突指」の約 33% に見られ、小山⁸⁾の 40%、斎藤¹⁾の 41% と較べ、やゝ低率で、高沢¹¹⁾の 34.9% に略々一致していた。

受傷指は、示指に最も多く、「突指」例が少ないのに骨折率が高いのが特徴であつた。

受傷指骨は、基節骨が多く、斎藤¹⁾及び小山⁸⁾の統計と異つていた。

指骨を、骨頭部、骨体部、骨底部の三部に分けて観察すると、骨底部に最も多く見られた。

7. 後遺症

変形を残すものが最も多く、疼痛、肥厚、運動障害等の何等かの後遺症を残すものが過半数を占めており、注意を要したが、受傷を同一部に頻回に繰り返したものに特に目立つた。

8. 治療法

自分又は他人により、単に索引しておくのみが最も多く、医師を受診したのは 9.5% のみで、しかも重傷のため後遺症を残す率が多いのは注目を要した。

次に著者は、正常人及び「突指」受傷者の指関節裂隙と指骨軸を計測して「突指」のレ線学的研究を行った。

9. 正常人の指関節裂隙の伸縮性

「突指」を経験しない正常成人 20 名の示指の基節関節を選んで実験を行った。長軸に平行な圧縮並びに牽引によつて、レ線所見上では指関節裂隙の変化は認められなかつた。

10. 「突指」受傷直後の指関節裂隙

教室例、262 例の「突指」患者の中で、受傷直後で同一条件下に左右対称レ線像を撮り得た 123 例のレ線フィルム上、指関節裂隙を計測して左右を比較し、0.1 mm 以上の差のあつたのは、91 例で約 75% にも及んでいた。9. の結果と比較して、此の関節裂隙の狭少は、鞏固な、関節囊、靱帯、筋腱の結合を越える大きな外力が急に加わり、関節軟骨自体の弾性度を越えて、指骨の底部又は頭部に微細な挫傷を生じ、後にこれが反応性変化を来て、変形、疼痛機能障害を惹起する一因と考えられた。

11. 指骨軸の内、外反度

正常成人 51 名を対照とし、教室例の男子成人の 97 例について同一条件下のレ線フィルム上より、基節骨軸に対する中節及び末節骨軸の角度を測定し「突指」受傷指では、指骨軸の内、外反度が増加している事を知つた。

次に著者は、指骨模型の二次元光弾性実験を行つて、従来余り研究されていない指骨の力学的構築を知り、「突指」の成因に関して考察を行った。

12. 指骨の背掌模型

長軸に平行な外力が加わつた時には、指骨軸の傾斜度即ち内、外反度が増加した程、指骨の傾斜側に大なる応力が加わり、底部の応力も傾斜側に移動していった。

13. 指骨の側面模型

中間位では、指骨の解剖的構造により、最大彎曲部たる骨体部の掌側に最大応力を認め、骨底部では均等であつた。

過伸展位では、指骨背側底部に大なる応力を認め、末節骨では特に骨体部と骨底部との移行部、即ち、伸筋腱附着部付近に最大応力を認めた。

屈曲位では、掌側の骨体部中央に最大応力の集中を見、掌側底部に於ても骨頭部より大なる応力が認められた。

臨床的観察例によると「突指」による指骨々折は、各指骨の底部に多く見られ、光弾性を利用した指骨模型実験では、骨体部の掌側、即ち最大彎曲部に最大応力の集中を見て、一見相反する如き結果となつている

が、著者は、指骨も又弾性体であり、弾性理論に適つてはいるが、生体では骨組織は均一ではなく、筋腱、靱帯の付着や、複雑なる立体構造を有しており、又、レ線所見上、骨皮質は、骨体部が最も肥厚し、生物一般の理に従つて、形態上、構築上の力学的弱点が却つて、そのために補強され、他部と同様或いは又、それ以上の外力に対応出来る如く、順応していると考えられる。その結果、関節軟骨を有する骨底部がその指骨の受ける外力の支点となり易く、骨折が惹起され易いと考えたい。

結 語

著者は、「突指」に関して、日本医科大学整形外科教室における全「突指」受傷例、389 例及び調査表による学生の 3,513 例、5,074 指につき統計的観察を行つて、次の如き結果を得た。

1. 「突指」は男子に多く、右側に好発していた。スポーツによる「突指」では年令の特徴が見られた。

2. 受傷機転は、殆んどすべてのスポーツに見られ、球技では捕球時に、他の外傷では、対象物との衝突が多かつた。

3. 発生頻度は高く、略々その半数に同一人に頻発していた。

4. 発生種目と発生部位との関係は、スポーツによるものは、種目により発生部位に特徴が見られたが、何れにしても、指先より数えて二番目の指関節が多かつた。

5. 「突指」による指骨々折は、全「突指」の 33% に見られ、頻度の少い示指の骨折率が最も高く、約 50% であつた。受傷指骨は、基節骨が多く、指骨の底部に最も多かつた。

6. 後遺症は、過半の 53.4% に見られた。

7. 自分又は素人療法が大部分で医師を受診したものは 9.5% で特に高率に後遺症を残していた。

8. 受傷後治癒までの期間は、10 日以内が 84% を占めていた。

次に著者は、正常人及び「突指」受傷者の指関節裂隙及び指骨軸をレ線学的に計測し「突指」をレ線学的に考察した。

9. 正常成人の指関節裂隙は、20 名の示指基節関節の実験によると、牽引又は圧縮によりレ線学的に変化は見られなかつた。

10. 「突指」受傷直後のレ線 123 例の中、指関節裂隙を測定し、左右を比較すると、0.1 mm~0.6 mm の狭少のあつたのは、91 例、75% であつた。

11. 「突指」受傷指の指骨軸を 97 例測定し、対照と比較すると、受傷指では、内、外反度が増加していた。

最後に著者は、二次元指骨模型の光弾性実験により、指骨の力学的構築を検討し「突指」による指骨々折について考察した。

12. 指骨背掌模型では、長軸方向の外力により、指骨軸の傾斜が増加する程、指骨体部の掌側に大なる応力を見、底部の応力も、傾斜側に移動した。

13. 指骨側面模型では、中間位の時、骨体部掌側中央に最大応力を認め、骨底部では均等であつた。過伸展位では、背側骨底部に大なる応力を見、末節骨では、筋腱付着部付近に最大応力を認めた。屈曲位では、掌側骨体部中央に応力の集中を見、掌側骨底部にも骨頭部より大なる応力が認められた。

著者は、一般に極めて軽視されがちな、広義のいわゆる「突指」の成因に関して、種々観察、実験、考察を加えたが、「突指」を力学的に解析して、その発生は、外力の大きさと速度に必ずしも比例しないで、指骨及び指関節の解剖上の形態と外力の方向及び受傷時の指関節の肢位に関係を有し、受傷の種類、程度、予後に對する影響が大きく、複雑多岐に互るものと考えたい。

拙筆に当り、御懇篤なる御指導、御校閲を賜りました恩師伊藤忠厚教授に深甚なる謝意を表し、併せて種々御教示下さつた水谷兼見助教授、並びに光弾性実験の御指導を賜りました理化学研究所、光弾性研究室、西田正孝博士及び御協力を仰いだ教室員各位に深謝致します。

尚、本研究の一部は、文部省科学研究費による事を付記し感謝致します。

(本論文の要旨は、第 31 回日本整形外科学会総会、第 2 回、手の外科学会総会、第 12 回、日本体力医学会総会に於て発表した。)

文 献

- 1) 齊藤一男：日整会誌，**9**，(6)，477 (1935)
- 2) 桑波田，後藤：日整会誌，**5**，79 (1930)
- 3) 清水源太郎：公衛会誌，**7**，(2)，107 (1950)
- 4) 伊藤京逸：日本外科全書，**2**，185 (1954)
- 5) 諸富武文：日本外科全書，2102,125 (1954)
- 6) 片山良亮：整形外科学，**2**，448 (1954)
- 7) 水町四郎：日整会誌，**30**，221 (1956)
- 8) 小山 繁：整形外科，**3**，201 (1952)
- 9) 玉置拓夫：外科の領域，**5**，829 (1957)
- 10) 水谷，清川，他：日整会誌，**32**，(8)，865 (1958)
災害医学，**2**，(7)，18 (1959)
- 11) 高沢晴男，他：災害医学，**2**，(3)，62 (1959)
- 12) Schloffer：Die Frakturen des Handskelets Kapitel，683-719 (1931)
- 13) Böhler：Die Technik der Knochenbruchbehandlung，4te Aufl. 208 (1933)

清川論文附図(1)

写真1. 伸縮度

10Kg圧迫時

対照群

10Kg牽引時

写真2. 末節骨背掌模型

0°
等色線写真

写真3. 末節骨背掌模型

5°
等色線写真

写真4. 末節骨背掌模型

10°
等色線写真

写真5. 末節骨側面模型

中間位
等色線写真

写真6. 末節骨側面模型

過伸展位
等色線写真

写真7. 末節骨側面模型

屈曲位
等色線写真

清川論文附図 (2)

写真8. 中節骨背掌模型

中間位
等色線写真

写真9. 中節骨側面模型

中間位
等色線写真

写真10. 中節骨側面模型

過伸展位
等色線写真

写真11. 中節骨側面模型

屈曲位
等色線写真

- 14) Matti, H. : Knochenbüche und Ihre Behandlung (2), 692 (1931)
 - 15) Conwell : Surg. Gyn. Obst. **50**, 611 (1930)
 - 16) Key, J.A. : South. Med. Jour., 449 (1940)
 - 17) Mason, M.L. : Surg. Gyn. Obst., **50**, 611 (1930)
 - 18) Kaplan L. : J B.J.S., **39-A**, (5), 1081 (1957)
 - 19) Watson-Jones, S.E. : Fraktures and Otherbone and Joint injuries, **1**, 208 (1940)
 - 20) Bunnel, S. : Hand Surg. **3ed** 1072 (1940)
 - 21) 西田正孝 : 応力測定法, 80 (1948)
 - 22) Brewster : 西田氏「応力測定法」による
 - 23) Zak, B. : Zeitschr. f. Stomat **22-37**, 87-103 (1935)
 - 24) Alexander, N. : Photo-Elasticity, Rhode Island State Colloge of Aeronautics, (1936)
 - 25) Milch, H. : J.B.J.S., **22**, 621 (1940)
 - 26) 正林陽高 : 日整会誌, **28**, 37 (1954)
 - 27) 出井義教 : 歯科学報, **54**, 411 (1954)
 - 28) 矢島忠夫 : 歯科学報, **54**, 323 (1954)
 - 29) 大多和彦一 : 歯科学報, **55**, 413 (1955)
 - 30) 高田允克 : 米子医誌, **8**, (6), 1017 (1957)
 - 31) 中野駿児 : 中整災害会誌, **1**, (1), 61 (1958)
 - 32) 有馬純郎 : 整形外科, **10**, (5), 295 (1959)
 - 33) Lanz, T.u.W. Wachsmuth : Praktische 、Anatomie, 224 (1935)
-