下顎骨骨延長を行った3症例の顎顔面形態の短期変化

宮 本 学 須佐美隆史* 高 戸 毅*
米 原 啓 之* 高倉百々子* 黒 田 敬 之**

Short-term Changes of Maxillofacial Structure in Three
Cases after Mandibular Lengthening

MANABU MIYAMOTO, TAKAFUMI SUSAMI*, TSUYOSHI TAKATO*,
YOSHIYUKI YONEHARA*, MOMOKO TAKAKURA* and TAKAYUKI KURODA**

Abstract: A few case reports on the mandibular surgical lengthening therapy by McCarthy et al., Takato et al. and Kawakami et al. have been published in recent journals.

In this study, three females (4 years and 8 months, 6 years and 2 months, and 12 years and 10 months), who underwent mandibular surgical lengthening, were analyzed with regard to their facial changes by means of photometry and cephalometry.

The results were as follows:

- 1) Mandibular surgical lengthening was effective on the patient with micromandible such as hemifacial microsomia within a short period.
- 2) The effects of this therapy were more prominent on the change of soft tissue than that of hard tissue.
- 3) After removing the lengthening appliance, a fair amount of relapse was noticed.

Key words: mandibular surgical lengthening (下顎骨骨延長法), hemifacial microsomia (第一第二鰓弓症候群), micrognathia (小顎症)

[Received Jun. 12, 1995]

緒 言

Hemifacial microsomia など下顎骨發育不全の症例に対し、従来、機能的顎矯正装置による歯科矯正学的な成長誘導、骨切り術、骨移植などの外科的治療が行われてきた¹⁾。近年、下顎骨骨皮質に切開を加えた後、骨延長装置により徐々に下顎骨長を増大させる下顎骨骨延長法も試行されるよ

うになってきた²⁻⁶⁾。

骨延長法は、1905年に Codivilla⁷⁾ により脚延長法として最初に報告され、その後いくつかの試みがなされたが^{8,9)}、感染や骨延長装置自体の完成度の低さなどから満足すべき結果が得られなかった¹⁰⁾。しかし、1969年に Ilizarov らのリング型骨延長器¹¹⁾、1971年に Wagner の片側式骨延長器¹²⁾が報告されて以来、再び関心が高まり、種

倉敷中央病院歯科 (主任: 打田年実部長)

* 東京大学医学部口腔外科学講座 (主任: 高戸毅助教授)

** 東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第二講座 (主任: 黒田敬之教授)

Division of Dentistry, Kurashiki Central Hospital (Chief: Dr. Toshimi UCHIDA)

* *Department of Oral Surgery, Faculty of Medicine, University of Tokyo* (Chief: Assist. Prof. Tsuyoshi TAKATO)

** *Second Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University* (Chief: Prof. Takayuki KURODA)

Fig. 1 Case 1. Facial and oral photographs in frontal view.

A, C: Pre-lengthening (4y 8m)

B, D: During retention (6y 1m)

々の改良法が報告された¹³⁾。

現在主流を占めているのは、1987年に de Bastiani ら¹⁴⁾が報告した仮骨延長法 (Callotasis) である。この方法は、骨幹部近位あるいは遠位で骨切りを行い、約2週間の待機期間 (waiting period) をおいて、その間の仮骨の形成を待ったのち、持続的に延長するものである。

骨延長法の下顎骨への適用は、1973年に Snyder ら¹⁵⁾がイヌを用いた実験を行って以来、いくつかの動物実験¹⁶⁻¹⁸⁾が報告された。臨床応用は、1992年 McCarthy ら²⁾により初めて報告され、その後数例の報告³⁻⁶⁾をみるにすぎない。

本研究では、下顎骨骨延長を行った3症例について、骨延長前後の短期間の顔貌および顔面頭蓋の変化を定量的に検討した。さらに装置延長量と実際の骨延長量の差異、ならびに装置除去後の後戻りについても検討した。

症 例

症例1: 4歳8カ月, 女児 右側 hemifacial

microsomia (Fig. 1A)。右側下顎に中等度の発育不全 (Pruzansky の分類II型¹⁹⁾; Fig. 2A), 右側小耳症がみられた。このほか合併奇形として臍ヘルニアが生下時に認められた。

症例2: 6歳2カ月, 女児, 左側 hemifacial microsomia (Pruzansky の分類II型¹⁹⁾; Fig. 2B および Fig. 3A), 左側小耳症がみられた。本例は1歳2カ月時に左側横顔裂の形成手術を受けている。

症例3: 12歳8カ月, 女児, 両側性 hemifacial microsomia (Fig. 4A)。両側下顎頭に軽度の形成不全 (Pruzansky の分類I型¹⁹⁾) がみられ (Fig. 2C), 両側性小耳症, 両側性難聴を伴っていた。2歳時に ear tag の除去手術, 5歳時に左外耳道拡張術を受けている。このほかの合併症として, 不完全右脚ブロック, アトピー性皮膚炎を有していた。

これら3症例の下顎骨骨延長法は、いずれも高戸³⁻⁵⁾の報告した方法により行った。その概略は以下の通りである。

Fig. 2 Mandibular shape (traced from panoramic X-ray)

A: Case 1, B: Case 2, C: Case 3

延長装置は一方向延長型の ORTHOFIX M-100® を用いた。

あらかじめX線写真像、3次元CTおよびプラスチック製立体モデル²⁰⁾にて皮質骨骨切り線を決定しておく。特に歯および歯胚の位置を確認し、骨切り線がこれらを巻き込まないように注意する。延長装置装着の術式は、全身麻酔下で下顎下縁より約1.5横指下方に皮膚切開を行う。骨切り線は、下顎角から上方へ歯槽骨の後方、すなわち下顎枝前縁と下顎体の移行部にかけて設定する。骨切り線の周囲の幅10mm程度の骨膜を剝離して下顎骨を露出させ、スクリューピンを骨に刺入した後、骨切り線の下顎骨皮質をリンデマンバーあるいはreciprocating sawにて近位と遠位とに離断する。すでに刺入してあるスクリューピンを用いて若木骨折を起こすように受動させ、骨切りを完了する。最後に骨延長器を装着して閉創した (Fig. 5)。術後、2週間の待機期間をおき、その後1回0.36mm、1日2回延長した (Fig. 6)。

症例1では、右側下顎骨に骨延長器 ORTHOFIX M-100® を装着し、17.3mm、その後角度変換可能な ORTHOFIX M-110® にて6.1mm、計22.9mm (32.5日間) 延長した。また、症例2は左側下顎骨に骨延長器を装着し、22.3mm (31日間)、症例3は両側下顎骨に骨延長器を装着し、右側25.0mm、左側24.0mm、平均して24.5mm (35日間) 延長した。延長の操作は母親に指導し、自宅で行わせた。延長終了後、延長器を8~15週間装着しておき、その後スクリューおよび延長器を除去した (Table 1)。装置除去後は、アクチベーターを保定装置として用いた。

以上3症例の骨延長前、骨延長後、保定中に得られた顔面写真および頭部X線規格写真を分析資料とした。

片側性の延長を行った症例1、2では、正貌顔面写真および正貌頭部X線規格写真を用い顔面の対称性の変化について、また両側に延長を行った症例3では、側貌顔面写真および側貌頭部X線規格写真を用いた矢状面での変化について検討を加えた。なお、これらの症例は、外耳に異常が認められるため、自然頭位により撮影した顔面写真および頭部X線規格写真を用いている。頭部X線規格写真は、健側のみ耳管を外耳孔に挿入し自然頭位をとらせ、両側の眼裂が水平かつフィルム面にほぼ平行であることを確認した上で撮影した。

検 討 事 項

1. 正貌の変化

1) 顔貌

正貌顔面写真を用い、左右瞳孔点を結んだ直線を上顔面水平基準線、左右瞳孔点を結ぶ線分の midpoint より上顔面水平基準線に対し下した垂線を顔面正中線、上顔面水平基準線と口裂線のなす角を口裂線傾斜度、左右瞳孔点を結んだ線分の midpoint と軟組織オトガイ点とを結んだ直線と顔面正中線のなす角を軟組織オトガイ偏位度とした (Fig. 7)。なお、偏位の方法は時計回りを+とした。

2) 顔面骨格

正貌頭部X線規格写真を用い、須佐美らの方法²¹⁾に準じ、左右の眼窩上縁に接する直線を水平基準線、左右の眼窩内側壁点を結ぶ直線の midpoint を

Fig. 3 Case 1. Facial and oral photographs in frontal view.

A, C: Pre-lengthening (6y 2m)

B, D: During retention (7y 4m)

通る水平基準線に対する垂線を顔面骨格正中線として、骨オトガイ点、および下顎前歯正中点の偏位量を計測し、それぞれ骨オトガイ点偏位、および下顎前歯偏位とした。骨オトガイ点の設定には、オトガイ棘のほか下顎犬歯歯胚の位置を参考にした (Fig. 8)。なお、偏位の方法は右側を+とした。

2. 側貌の変化

1) 顔貌

側貌顔面写真を用い、Ricketts²²⁾ のE-line (鼻尖と軟組織オトガイに接する直線)、Epker と ish²³⁾ による Subnasale perpendicular (Frankfort horizontal 平面に垂直で subnasale を通る直線) に対する上下唇の突出量を計測した (Fig. 9)。なお、基準線より上唇および下唇が前方に突出する場合を+とした。

2) 顔面骨格

側貌顔面X線規格写真を用い、下顎骨長として Articulare-Pogonion (以下 Ar-Pog.) 上下顎間関係の指標として角度 Point A-Nasion-Point B

(以下 $\angle ANB$) を計測した (Fig. 10)。

3. 骨延長量の算定

片側延長症例の症例1, 2では下顎骨延長部の近位および遠位の解剖学的指標として、第一大臼歯および第二大臼歯遠心頬側咬頭を選択し、石川らの方法²⁴⁾を参考にして、同時に撮影した正貌および側貌顔面X線規格写真上での両咬頭間の距離を計測し、それぞれの距離をもとに三次元的距離を算出した (Fig. 11)。また、両側延長症例の症例3では左右の Condylion-Menton (以下 Cd-Me) 間の三次元的距離を算出し、その平均を骨延長量とした。

結 果

症例1 (Fig. 1, Table 2)

正貌では、口裂線傾斜度、オトガイ偏位度は、延長前と保定中でそれぞれ 8.0° から -0.6° 、 7.0° から 1.9° と顔面の非対称が著しく改善された。また顔面骨格でも、骨オトガイ点偏位が延長前から

Fig. 4 Case 3. Facial and oral photographs in lateral view.

A, D : Pre-lengthening (12y 8m)
 B, E : After removal of appliance (13y 6m)
 C, F : During retention (14y 1m)

Fig. 5 Facial photograph of a patient the appliance had been set on. (Case 1)

延長後3カ月で、9.6mm から5.5mm と改善し、
 下顎前歯偏位は、2.3mm から-1.8mm とオーバ-
 コレクションされていた。しかし、保定中には、
 骨オトガイ点偏位6.7mm、下顎前歯偏位-0.5mm
 と、両者とも約3割の後戻りがみられた。

また、骨延長量は延長終了時9.6mm で、骨延

Fig. 6 A part of panoramic X-ray. (Case 1)
 A : Pre-lengthening, B : Post-lengthening
 The span between first and second molar germ was lengthened.

Table 1 Protocol

	Case 1	Case 2	Case 3
Pre-lengthening			
Facial photographs	4y 8m	6y 2m	12y 8m
Cephalograms	4y 8m	6y 2m	12y 8m
Age at appliance setting	4y 8m	6y 2m	12y 10m
Lengthening period	antero-downward 24 days downward 8.5 days	31 days	35 days
Total lengthening			
right	22.9mm		25.0mm
left		22.3mm	24.0mm
mean			24.5mm
Fixation period	71 days	56 days	106 days
After removal of appliance			
Facial photographs	—	—	13y 6m
Cephalograms	4y 11m	6y 9m (3m after removal)	13y 6m (3m after removal)
During retention			
Facial photographs	6y 1m	7y 4m	14y 1m
Cephalograms	6y 1m (1y 1m after removal)	7y 4m (10m after removal)	14y 1m (10m after removal)

Fig. 7 Reference lines and points on frontal photograph.

A: Inclination of line of aperture of mouth

B: Deviation of soft tissue menton

Pu, Pu': Pupil SMe: Soft tissue menton

Fig. 8 Reference lines and points on frontal cephalogram.

A: Deviation of menton

B: Deviation of lower incisors

OR, OR': Orbital superior margin

Cd: Condylion IOW, IOW': Orbital inner wall M: Menton

L1: Midpoint of lower deciduous central incisors

Fig. 9 Reference lines and points of soft tissue on lateral cephalogram.

A: E-line B: Subnasale perpendicular
FH: Frankfort horizontal plane
U: Upper lip L: Lower lip Sn: Subnasale

Fig. 10 Reference lines and points of hard tissue on lateral cephalogram.

S: Sella N: Nasion A: Point A
B: Point B Pog: Pogonion
Me: Menton Cd: Condylion
Ar: Articulare

長器延長量22.9mmの4割強であった。また保定中に骨延長量は6.8mmに減少し、約3割の後戻りがみられた。

咬合に関しては、骨延長前には前歯部および臼歯部に反対咬合は認められなかった。しかし、骨

Fig. 11 Measurement method of amount of mandibular lengthening (in unilateral lengthened case).

S: Component projected on sagittal plane (measured on lateral cephalogram)

H: Horizontal component of component projected on frontal plane (measured on frontal cephalogram)

M1, M2: Top of distal buccal cusp of first and second molar respectively

L: Three-dimensional distance between M1 and M2

Amount of lengthening = L (after lengthening or during retention)
- L (before lengthening)

延長後は下顎歯列が左側へ偏位したため、左側歯列が側方交叉咬合を呈するようになった。

症例2 (Fig. 3, Table 2)

正貌では、口裂線傾斜度は、延長前の4.8°が保定中では0.0°と非対称が解消され、オトガイ偏位度は-6.2°から4.5°とオーバーコレクションされていた。また顔面骨格でも、骨オトガイ点偏位が延長前から延長後で、-12.7mmから-2.1mmと著しく改善したが、保定中では-6.7mmと後戻りがみられた。下顎前歯偏位は、-5.2mmから4.1mmとオーバーコレクションされていたが、保定中に1.3mmと顔面正中に近づいた。骨延長

Table 2 Change in uni-lengthened cases. (Case 1 and 2 : frontal view)

	Case 1			Case 2		
	Pre-lengthening	After removal	During retention	Pre-lengthening	After removal	During retention
Photometry						
ILA (°)	8.0		- 0.6	4.8		0.0
DSMe (°)	7.0		1.9	- 6.2		4.5
Cephalometry						
DMe (mm)	9.6	5.5	6.7	-12.7	- 2.1	- 6.7
DLI (mm)	2.3	- 1.8	- 0.5	- 5.2	4.1	1.3
AML (mm)		9.6	6.8		9.9	6.1

ILA : Inclination of line of aperture of mouth

DSMe : Deviation of soft tissue menton

DMe : Deviaiton of menton

DLI : Deviation of lower incisors

AML : Amount of mandibular lengthening

Table 3 Change in bi-lengthened case. (Case 3 : lateral view)

		Case 3		
		Pre-lengthening	After removal	During retention
Soft tissue profile				
E-line	upper lip (mm)	8.5	3.0	3.0
	lower lip (mm)	2.7	0	0
Subnasale	upper lip (mm)	3.0	2.0	2.0
perpendicular	lower lip (mm)	-12.5	- 8.0	- 9.1
Hard tissue profile				
Ar-Pog (mm)		78.6	88.2	91.2
ANB (°)		17.0	11.9	11.8
Amount of lengthening (mm)			9.1	11.3

量は 9.9mm で、やはり骨延長器延長量 22.3mm の 4 割強であった。保定中では 6.1mm に減少し、後戻り量は 4 割弱であった。

咬合に関しては、骨延長前は前歯部および臼歯部とも反対咬合は認められなかったが、骨延長後は下顎歯列が右側へ偏位したため、症例 1 とは逆に右側歯列に側方交叉咬合が認められるようになった。

症例 3 (Fig. 4, Table 3)

側貌の E-line に対する評価では、上唇で延長前の 8.5mm が延長後 3.0mm、下唇で 2.7mm が 0mm と両者とも改善しており、その程度は上唇で大きかった。また、保定中においても、上唇 3.0mm、下唇 0mm と延長後とほとんど変化が

みられなかった。

Subnasale perpendicular に対しては、上唇で延長前の 3.0mm が延長後 2.0mm と減少し、保定中も 2.0mm と安定していた。下唇では -12.5mm が -8.0mm となり、大きく前方へ変位していたが、保定中で -9.1mm とわずかに減少した。また、上下顎の顎関係の指標である $\angle$ ANB は、延長前の 17.0° が延長後 11.9°、保定中で 11.8° と著しい改善をみた。Cd-Me の変化により算出した骨延長量は 9.1mm で、骨延長器延長量 24.5mm の 4 割弱であった。しかし、保定中では 11.3mm と増大した。

咬合に関しては、骨延長前はオーバージェットが +17.5mm であったが、骨延長後は +14.0mm

と減少し、保定中では+14.5mm でほとんど変化していなかった。

考 察

A. 評価法について

1. 頭位について

Hemifacial microsomia または第一第二鰓弓症候群と呼ばれる本報告のような患者では、顔面の規格写真や頭部X線規格写真で基準として用いられる外耳孔の位置や形態に異常があるため、外耳孔へ耳桿を挿入して撮影することができない。このため、今回は自然頭位を採用し、眼裂が水平かつフィルム面にほぼ平行であることを確認した上で、頭部X線規格写真を撮影した。しかし、耳桿による頭部固定が十分行えなかったことにより、再現性には問題がある。本報告に用いた資料の分析にあたっては撮影した資料間で著しい頭位の差が無いことを確認して分析に供した。

2. 顔貌および顔面骨格の評価法について

片側性下顎骨延長症例における顔貌変化の検討に際しては、用いた写真が規格写真でないため、距離計測は行わず、角度分析のみとした。下顔面部の変形の程度を評価するための顔面正中線は左右の瞳孔点を基準とした。

正貌における下顎骨の位置変化の評価には、下顎の正中を、骨オトガイ点、下顎前歯正中点に代表させ検討した。骨オトガイ点の設定は、オトガイ棘のほか、下顎犬歯の歯胚を参考にし、解剖学的下顎正中を採用したが、軟組織オトガイ点との関連性を検討するうえには単に下顎骨の最下点を採る方法も考えられるが、今後検討を要すると思われる。また、今回は乳歯列期の範囲で変化を追ったため、乳中切歯間の接触点を用いたが、前歯交換期以降まで長期にわたる変化を追うため永久中切歯を代用するには萌出を伴う変化も加わってくる可能性があり、他の計測点を求める必要が生じると思われる。

3. 骨延長量の算出について

延長装置自体の延長量は、1日の延長量と延長日数により求められるが、その延長量がそのまま下顎骨の延長量になっているのかどうかを検討するため、石川ら²⁴⁾の方法を参考に正貌および側貌

頭部X線規格写真を用いて三次元的延長量を算出することを試みた。片側延長症例である症例1および2では、近位および遠位のそれぞれの骨片に計測点を設定し、両側延長症例の症例3では、左右の延長量がほぼ同じだったため、左右の Cd-Me の長さの平均の変化を骨延長量とした。今回のように比較的短期間で、成長発育変化による影響がそれ程著しくない場合には実質的延長量は評価可能ではあるが、長期にわたって検討しなくてはならない場合では問題点となる。

B. 下顎骨延長法について

1. 骨延長法の適用について

従来、hemifacial microsomia などの下顎骨発育不全の患者に対し、骨切り術や骨移植などの外科的処置や機能的顎矯正装置による顎骨成長誘導が行われ、発育不全の程度や患者の社会的、心理的背景を考慮して、実施時期を決定してきた¹⁾。しかし、骨切り術や骨移植術は手術による侵襲が大きく、若年期に手術を行った場合、その後の顎発育に少なからず影響を与えると考えられる²⁵⁾。さらに、手術後、期待した結果が得られなかった場合、再手術を行うことは非常に困難である。また、機能的顎矯正装置についても、現在用いられている装置はほとんどが可撤式であるため、患者の装着時間等により必ずしも効果が確実ではないという問題点がある。

下顎骨延長法は、骨移植を必要とせず、術中に骨を露出させる範囲が比較的小さいことから、成長への影響を最小限にすることが可能と考えられている³⁾。また、骨延長を行った後、再び下顎枝部における骨切り術を行うこともできる。さらに、下顎骨に固定した装置を延長するため効果が確実であるほか、生体の反応を見ながら延長量を増減できるという利点も有する。

一方、骨延長法の問題点としては、現在利用できる延長装置では、方向や量が制限されることがまず挙げられる。刺入したスクリューピンの維持を考慮すると、下顎骨のある程度厚みのある部分にスクリューピンを刺入する必要があるが、顎舌骨筋線付近に刺入することが多い。刺入部位の設定にはX線像、3次元 CT およびプラスチック製立体モデル²⁰⁾を参考にしている。この場合、延長

方向は ORTHOFIX M-100® のような一方向延長装置の場合、顎舌骨筋線に平行、即ち後上方から前下方の方向に限定される。この点、症例1で用いた ORTHOFIX M-110® のような角度変換可能な延長装置が有用であるが、この装置は最大延長量が10mm で延長量に制限がある。必要な延長量がこれより多い場合には、さらなる延長装置の改良が求められよう。

2. 骨延長法の効果について

今回の結果から、まず第一に、延長装置の延長量がそのまま下顎骨の延長量にはなっていないことが挙げられる。今回の3症例では、実際の骨延長量は装置の延長量の4割前後であった。これは、今後骨延長を計画する場合の目安となろう。この原因としては、延長装置を固定するスクリュépインの緩みや変形およびスクリュépイン周囲の骨吸収が考えられる。

片側延長症例では延長後、骨延長量の3～4割の後戻りがみられた。この点について、McCarthy ら²⁾ は4例中1例で装置の延長量に対して約22%の後戻りがみられたと報告している。後戻りの時期や量については、今後症例数や観察期間を増やし、明らかにしていく必要がある。

一方、両側延長症例である症例3では、装置除去後3カ月から保定中にかけて、下顎骨長が増大していた。この原因としては、延長を行った年齢が13～14歳で、ちょうど思春期性成長スパート中であり、後戻りを上まわる下顎の成長があったことが考えられる。このことは、下顎骨骨延長後も、下顎頭の成長発育能に著しい異常がなければ下顎の成長能は維持されることを示している。

さらに、骨延長法の効果は、症例1, 2で口裂線傾斜がほぼ解消していることや、骨オトガイ点の変化に比べ、軟組織オトガイ点の変化が大きいこと、症例3でE-lineに対する上下唇の位置が延長後ほぼ良好であることから、骨延長法の効果が顔面骨格より顔貌の変化により大きく表れており、興味ある結果である。

他方、歯科矯正学的視点から考えると、骨延長後に咬合関係の不調和がみられる。特に片側性に骨延長が施術された場合、健側の交叉咬合が見られるようになった。今後の成長変化とともに、永

久歯列へ向けて歯科矯正学的に咬合の改善を図っていく必要があるが、この点については今回の観察期間があまりに短期間であるため、考察することは難しい。

本論文の内容の一部は、第3回顎変形症学会総会(1993年6月3日、大阪)、第52回日本矯正歯科学会大会(1993年11月12日、鹿児島)、において発表した。

なお、本研究の一部は、文部省科学研究費06672040によった。

文 献

- 1) Harvold, E. P., Vargavik, K. and Chierici, G.: Treatment of Hemifacial Microsomia, A. R. Liss, New York, 1983, p133-137.
- 2) McCarthy, J. G., Schreiber, J., Karp, N. et al.: Lengthening the human mandible by gradual distraction, Plast Reconstr Surg 89: 1-8, 1992.
- 3) 高戸 毅, 波利井清紀, 小室裕造, 他: 片側下顎発育不全に対する下顎骨延長法, 日形会誌, 13: 187-197, 1993.
- 4) Takato, T., Harii, K., Hirabayashi, S., et al.: Mandibular lengthening by gradual distraction: analysis using accurate skullreplicas, Br J Plastic Surg 46: 686-693, 1993.
- 5) 高戸 毅, 波利井清紀, 小室裕造, 他: 下顎骨両側延長術の経験, 形成外科, 37: 519-524, 1994.
- 6) 川上重彦, 香林正治, 吉川秀昭, 他: 小顎症に対する下顎骨骨延長法の検討, 形成外科, 37: 525-530, 1994.
- 7) Codivilla, A.: On the means of lengthening in the lower limb, the muscles and tissues which are shortened through deformity, Am J Orthop Surg 2: 353-369, 1905.
- 8) Magnuson, P. B.: Lengthening shortened bones of the leg by operation. Ivory screws with removable beads as a means of holding the two bone fragments, Surg Gynec Obstet 17: 63-89, 1913.
- 9) Putti, V.: The operative lengthening of the femur. JAMA 77: 934, 1921.
- 10) De Pablos, J. and Canadell, J.: Methods of Bone Lengthening and Their Applications.: 安井夏生訳 骨延長—その方法と適用—, 南江堂, 東京, 1990, p1-25.
- 11) Ilizarov, G. A., Lediou, V. L. and Shitin, V. P.: The course of compact bone reparative regeneration in distraction osteosynthesis under different conditions of bone fragment fixation and experimental study [Russian], Exp Khir Anesteziol 14: 3-12, 1969.
- 12) Wagner, H.: Operative Beinverlängerung, Chi

- rurg 42 : 260-266, 1971.
- 13) Monticelli, G. and Spinelli, R.: Distraction epiphysiolysis as a method of limb lengthening. III. Clinical applications, Clin Orthop 154 : 274-285, 1984.
 - 14) De Bastiani, G., Aldegheri, R., Renzi-Brivio, L. and Trivella, G.: Limb lengthening by callus distraction (Callotasis), J Pediatr Orthop 7 : 129-134, 1987.
 - 15) Snyder, C. C., Levine, G. A., Swanson, H. M., et al.: Mandibular lengthening by gradual distraction: Preliminary report, Plast Reconstr Surg 51 : 506-508, 1973.
 - 16) Constantino, P. D., Shybut, G., Friedman, C. D., et al.: Segmental mandibular regeneration by distraction osteogenesis: An experimental study, Arch Otopharyngol Head Neck Surg 116 : 535-545, 1990.
 - 17) Karp, N. S., Thorne, C. H. M., McCarthy, J. G., et al.: Bone lengthening in the craniofacial skeleton, Ann Plast Surg 24 : 231-237, 1990.
 - 18) 小室裕造, 高戸 毅, 波利井清紀, 米原啓之: 顔面骨延長に関する実験的研究—第1報 形態学のおよび組織学的検討—, 日形会誌, 13 : 19-28, 1993.
 - 19) Pruzansky, S.: Not all dwarfed mandibles are alike, Birth Defects Original Article Series 5 : 120-129, 1969.
 - 20) 古森孝英, 高戸 毅, 宮本 学, 他: 顎変形症に対するレーザー硬化型3次元実体モデルの利用, 日口外誌, 39 : 871-878, 1993.
 - 21) 須佐美隆史, 本橋信義, 馬場祥行, 他: Hemifacial microsomia の顎態, 咬合様式の検討, 日矯歯誌, 50 : 87-99, 1991.
 - 22) Ricketts, R. M.: A foundation for cephalometric communication, Am J Orthod 46 : 330-357, 1960.
 - 23) Epker, B. N. and Fish, L. C.: Dentofacial Deformities. Integrated orthodontic and surgical corrections, C. V. Mosby, St. Louis, 1986, p20-21.
 - 24) 石川雅章, 中田 稔: 顔面頭蓋の3次元計測法に関する研究, 小児歯誌, 15 : 1-8, 1977.
 - 25) Epker, B. N. and Fish, L. C.: Dentofacial Deformities. Integrated orthodontic and surgical corrections, C. V. Mosby, St. Louis, 1986, p966-969.