

ラットの舌の大きさが顎顔面頭蓋の成長発育に及ぼす影響

松 茂 芳 紀 安 達 潤 丹 羽 金 一 郎

朝日大学歯学部歯科矯正学講座(主任 丹羽 金一郎)

抄録 正常咬合を維持する力を咬合保全力と言うが、それを構成する因子の1つとして舌圧がある。舌は形態的に個体差が大きく、日常臨床上、巨舌症の場合は空隙歯列弓あるいは上下顎前突に、無舌症あるいは小舌症の場合は叢生や交叉咬合になると言われているが因果関係は不明である。また、顎関節の形態と、舌の形態との因果関係も全く不明である。そこで今回、実験的にラットに舌拡大術および舌の縮小術を施し、歯列弓形態および上下顎骨各々の形態変化を乾燥頭蓋上で計測すると同時に顎関節の形態変化を組織学的に調べた。

その結果、舌形態が成長発育中に上下顎骨および歯列弓に大きく影響し、顎関節部では、舌の大きさが下顎頭のVertical dimensionを決定する重要な因子であることが示唆された。

キーワード：舌の拡大、舌の縮小、顎関節、下顎頭、ラット

緒 言

歯科矯正学では、不正咬合の原因として舌の形態および機能の異常が挙げられている。特に、巨舌症あるいは口腔底にできた嚢胞およびその他の病変による挙上舌、低位舌に起因した下顎骨の過成長および開咬、また、無舌症、小舌症が原因の極端な叢生、交叉咬合および小下顎症などの報告¹⁻¹¹⁾は数多く見られる。

近年、顎変形症に対して外科的手術前後の矯正治療が導入されて以来、手術成績は著しく向上しているが、いまだ下顎前突症や開咬症の手術後予期しない後戻りや顎関節異常が見られることがある。前者では原因が舌圧と考えられ、骨切除時に舌縮小術が併用されることがある¹²⁻¹⁹⁾。しかし、舌は周囲の環境に適応しやすい組織であるため、顎変形症手術に関連して必ずしも舌縮小術を行う必要はないという報告²⁰⁻²¹⁾もある。一方、後者の原因として、舌の大きさが関与している可能性が考えられるか、現時点では不明である。また、舌の手術時期に関してNordenramら^{17, 18)}は開咬症14症例に舌縮小術を施行したところ、矯正治療上有効な症

例は8例であり、比較的年齢の若い時期に舌縮小術を施行した者ほど良い結果が得られたと述べている。

過去、舌の大きさの変化が顎発育にどのような変化を及ぼすかということを実験目的として研究したものは少ない²²⁻²⁹⁾。特に、舌拡大術の影響について検索したものはBecker²²⁾、本田^{28, 29)}のみであり、前者は下顎骨を主体に観察、後者は頭部X線規格写真を用いて計測を行っている。しかし、彼らは経日的に追求していない。また、舌縮小術および舌拡大術実施後の舌発育について検索したものはJacobsら²⁵⁾、本田²⁸⁾のみである。さらに、下顎頭と舌の形態との因果関係を検索したものはBecker²³⁾、Stutzmannら²⁶⁾、本田²⁹⁾が舌縮小術後、下顎頭軟骨の活性が減少したという報告であり、舌拡大術後の影響に関する報告は本田²⁹⁾のみである。そこで、今回著者は幼若ラットに舌縮小術および舌拡大術を実施して経日的に顎発育を計測するとともに、下顎頭部の初期変化を組織学的に検索したので報告する。

材料および方法

1. 実験動物と飼育方法

実験開始時の体重約55gの雄生Wistar系ラット(平均体重54.6g)90匹を用い、無作為に対照群、舌拡大術群および舌縮小術群の3群に分けた。動物は、室温 22 ± 2 ℃、湿度 60 ± 5 %、明暗12時間周期のもとでラット用固形飼料(オリエンタル酵母社製)と水道水を自由

に摂取できるようにして飼育した。術中、術後に死亡したのもあったので、実験動物の例数は舌拡大術群21匹、舌縮小術群25匹および対照群30匹であった。なお、形態的变化を経日的に観察するために、舌拡大術群、舌縮小術群、対照群の15匹ずつを、生後4週齢(術後1週)、生後5週齢(術後2週)、生後10週齢(術後7週)の3グループに分けた。以下、生後の週齢で示す。

2. 体重の測定

(平成15年4月3日 受理)

手術が全身の成長発育に及ぼす影響を観察するために体重の計測は手術より1週間までは毎日、2週目以降は毎週ごとに計測した。

3. 手術術式

手術はいずれも生後21日目にエチル・エーテルの吸入麻酔を施して行った。

1) 舌拡大術 (Fig 1)

舌を鉗子にて前方に引き出し、舌尖より注射針27G × 3/4 (0.40×19mm)を刺入した後、注入用シリコンオイルWF-30(和光純薬社製)を総量0.3ml注入した。その際、舌全体の拡大を図るために舌尖部より4mmの部位と7mmの部位に各々0.15mlを注入した。また、確実な舌拡大を図るため、1週間後(生後28日目)同部位に同量のシリコンを再注入した。

2) 舌縮小術 (Fig 2-A, B)

舌を鉗子にて前方に引き出し、一辺5.4mm, 5.4mm, 5.0mmの二等辺三角形になるように電気メスを用いてRheinwald-Thoma法¹³⁾に準ずる方法で舌背中央部に尖頭を向け、楔状に舌背より舌下面に達する全層を切除した。なお、縫合はとくに行わなかったが、2週目にはほぼ癒着していた。

4. 下顎歯列弓長径・幅径の直接計測方法 (Fig 3-A, B, C)

ラットの下顎骨は上顎骨と異なり、正中中部で癒合していないので乾燥頭蓋骨作製時人為的变化が生じることが考えられる。そこで、口腔内にて直接デジタルノギスを用いて計測することとした。計測方法は各グループの5匹をエーテル麻酔下にて、歯列弓長径として下顎第一臼歯前縁より下顎切歯切端間距離を、歯列弓幅径として左右側下顎第一臼歯間の幅径を各々経的に計測した。

5. 舌の計測法 (Fig 4-A, B)

屠殺直後、舌根部で切除摘出した舌面上でデジタルノギスを用いて計測した。計測部位は本田²⁸⁾の方法に準じ、舌盲孔から舌尖までの距離(Ts-Tf:舌長)、舌盲孔部における幅径(T2-T2':舌後方部幅径)および舌尖から5mmの部位における幅径(T1-T1':舌前方部幅径)とした。

6. 形態的計測法 (Fig 5-A, B, C)

各グループの実験期間終了後に屠殺断頭して一部周囲軟組織を除去し直ちに頭蓋部を鋸断分離した後、90%エタノールで4日間固定、アセトンにて3日間脱脂した後、1%水酸化カリウムにて12時間浸漬し軟組織を完全に除去した。その後、希釈した過酸化水素水に浸漬し、漂白した後自然乾燥させ、乾燥頭蓋を作製した。計測部位はFig 5-A, B, Cに示してあるように下顎骨上に14点を設定し下顎骨咬合面観実測長としてM1-M1'(下顎第一臼歯間)、Go-Go'(下顎角間)、Cd-Cd'(下顎頭間)の3項目。側面実測長として、Cd-Id(下顎骨長)、Cd-MA(下顎枝長)、Cd-Go(下顎枝高)、



Fig 1 Surgical procedures of tongue volume expansion



Fig 2-A Tweezers for tongue volume reduction surgery Fig 2-B Surgical procedure of tongue volume reduction

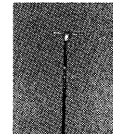


Fig 3-A Dental arch length measurement apparatus



Fig 3-B Dental arch length measurement method



Fig 3-C Dental arch width measurement method

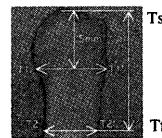


Fig 4-A Measurement sites in the tongue

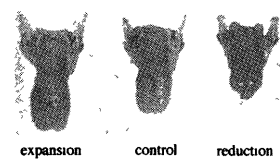
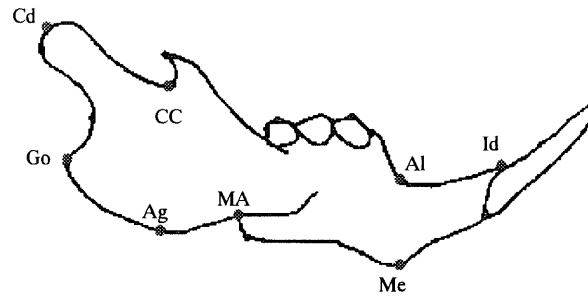


Fig 4-B Comparison of tongue morphology

Cd-CC(下顎頭長)、Go-Id(全下顎長)、Go-Me(下顎骨体長)、MA-Id(下顎下縁長)、CC-Ag(後顔面高)、Al-Me(前顔面高)、Me-Id(下顔面高)の10項目を測定した。また、上顎骨上に8点を設定し、M1-M1'(上顎第一臼歯間)、M2-M2'(上顎第二臼歯間)、Z1-Z1'(頬骨弓最前縁間)、Z2-Z2'(頬骨弓最後縁間)の4項目をデジタルノギスにて3回計測し平均値をとった。

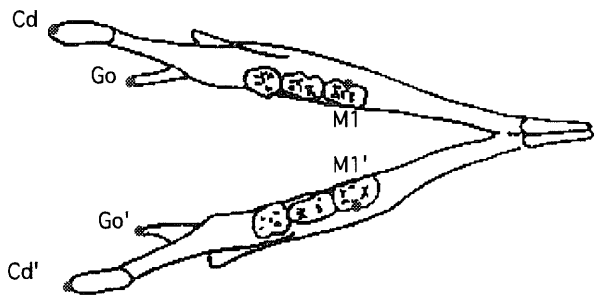
7. 組織学的検索

舌の形態的变化による下顎頭の初期変化を観察するため、4週齢と5週齢のラットを10%ホルマリンにて還流固定を行い、屠殺後、直ちに頭蓋部を鋸断分離した。その後、10%EDTA-4Naで脱灰し、通法に従ってパラフィン包埋、顎関節部を厚さ6μmの矢状断連続切片を作製し、ヘマトキシリン・エオジン重染色とアザン・マロニー染色を施し鏡検した。



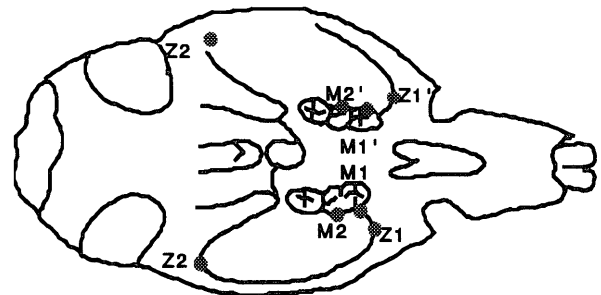
- Cd-Id Length of the mandibular bone
- Cd-MA Length of the mandibular ramus
- Cd-Go Height of the mandibular ramus
- Cd-CC Length of the condylar head
- Go-Id Total length of the mandible
- Go-Me Length of the mandibular body
- MA-Id Length of the mandibular inferior border
- CC-Ag Height of the posterior face
- Al-Me Height of the anterior face
- Me-Id Height of the lower face

Fig 5-A Measurement points on the lateral surface of the mandibular bone, and measurement items



- Cd-Cd' Between the condylar crests
- M1-M2 Between the first molars
- Go-Go' Between the mandibular angles

Fig 5-B Measurement points on the occlusal surface of the mandibular bone, and measurement items



- M1-M1' Between the maxillary first molars
- M2-M2' Between the maxillary second molars
- Z1-Z1' Between the zygomatic arch anterior borders
- Z2-Z2' Between the zygomatic arch posterior borders

Fig 5-C Measurement points on the maxillary bone, and measurement items

結 果

1. 実験動物の体重の変動

対照群では1日平均6.3gのほぼ一定の増加があった。それに対して、舌拡大術群では手術後2日目までは1日平均4.1gの増加、4日目以降は対照群の日量変化と同じである。また、舌縮小群では、手術の翌日は4.7gの日量増加であるが、拡大群同様それ以降は日量増加が対照群と同量であった。2週目以降は、全群術後7週目まで1週平均51.9g増加し、10週齢では対照群373g、舌拡大術群371g、舌縮小術群370gで3群間に有意差は認められなかった。

2. 下顎歯列弓長径と歯列弓幅径(Fig 6-A, B Table 1)

歯列弓長径は対照群が、3週齢で約9mm、平均0.5mm/週増加し、10週齢では12.4mmであったのに対して、舌拡大術群では術後3週齢までは平均0.9mm/週増加し11.6mmと3群間で最大値を示したが、それ以後は約0.4mm/週増加で10週齢では12.8mmであった。舌縮小群では5週齢まで対照群とほぼ同量の増加であったが5週齢から6週齢の間の増加が0.2mmと少なく、6週齢から7週齢間には逆に0.9mm増加した。その後は0.2~0.4mm/週増加し10週目には12.1mmであった。

歯列弓幅径では、対照群の3週齢で7.1mm、平均0.3mm/週増加し、10週齢で9.3mmであったのに対し

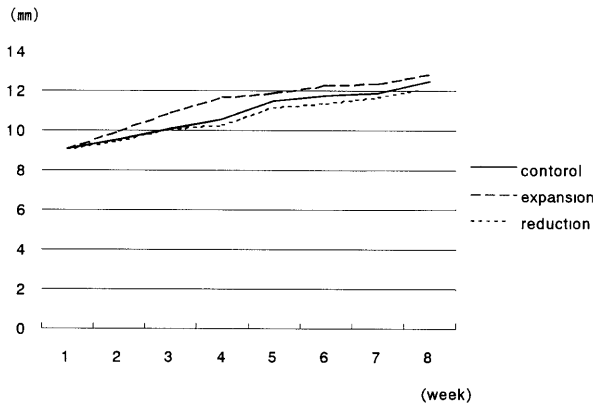


Fig 6-A Length of the mandibular dental arch

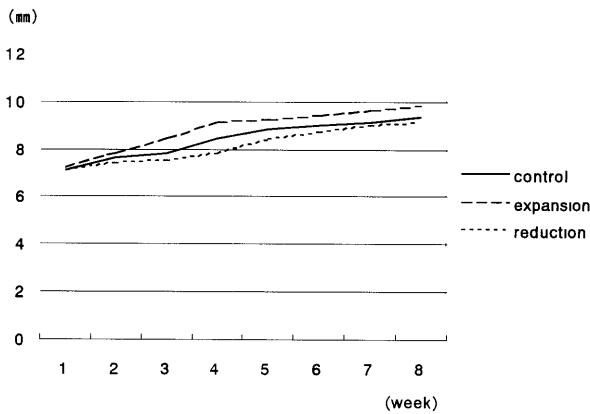


Fig 6-B Width of the mandibular dental arch

Table 1 Length and width of the mandibular dental arch

	week	3		4		5		6		7		8		9		10	
		mean	S D	mean	S D	mean	S D	mean	S D	mean	S D	mean	S D	mean	S D	mean	S D
Length	control	9.0	(0.1)	9.5	(0.1)	10.0	(0.1)	10.5	(0.1)	11.4	(0.1)	11.7	(0.1)	11.8	(0.1)	12.4	(0.1)
	expansion	9.0	(0.1)	9.9	(0.1)	10.8	(0.1)	11.6	(0.1)	11.8	(0.1)	12.2	(0.1)	12.3	(0.1)	12.8	(0.1)
	reduction	9.0	(0.1)	9.4	(0.1)	10.0	(0.1)	10.2	(0.1)	11.1	(0.1)	11.3	(0.1)	11.6	(0.1)	12.1	(0.1)
Width	control	7.1	(0.1)	7.6	(0.1)	7.8	(0.1)	8.4	(0.1)	8.8	(0.1)	9.0	(0.1)	9.1	(0.1)	9.3	(0.1)
	expansion	7.2	(0.1)	7.8	(0.1)	8.4	(0.1)	9.1	(0.1)	9.2	(0.1)	9.4	(0.1)	9.6	(0.1)	9.8	(0.1)
	reduction	7.1	(0.1)	7.4	(0.1)	7.5	(0.1)	7.8	(0.1)	8.4	(0.1)	8.7	(0.1)	9.0	(0.1)	9.1	(0.1)

て、舌拡大術群では5週齢までは0.6mm/週増加し、6週齢では9.1mmと3群間で最大値を示した。しかし、それ以降は平均0.2mm/週増加し10週齢では9.8mmであった。舌縮小群では5週齢までは0.1~0.2mm/週増加しているが、その後は平均0.3mm/週増加し、6週齢では7.8mmであり、10週齢では9.1mmであった。なお、歯列弓長径、幅径とも3群間にP<0.05レベルの有意差が認められた。

3. 舌の長径・幅径の計測 (Fig 7-A, B, C Table 2)

対照群のTongue Width 1は、10週齢時までには0.7mm、Tongue Width 2は0.4mm、Tongue Lengthは2.1mm各々増加していた。

舌拡大術群のTongue Width 1は10週齢時までには1.0mm、Tongue Width 2は0.4mm、Tongue Lengthは

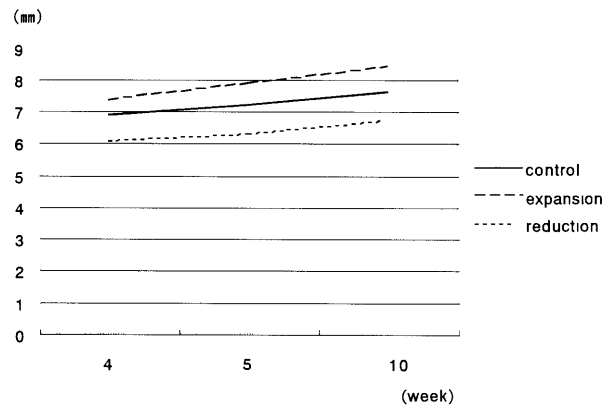


Fig 7-A Tongue width 1 (T1-T1')

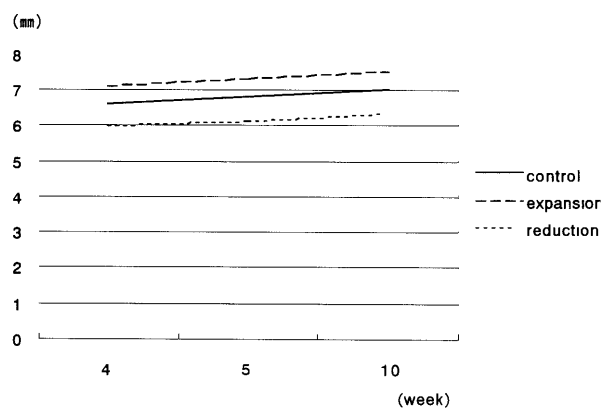


Fig 7-B Tongue width 2 (T2-T2')

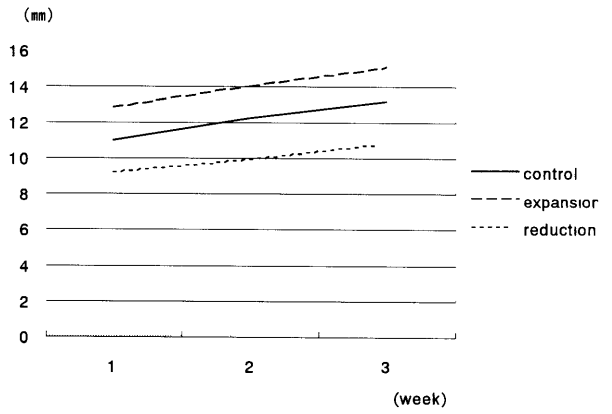


Fig 7-C Tongue length (Ts-Tf)

Table 2 Tongue width and length

	week	control	expansion	reduction
		mean S D	mean S D	mean S D
Tongue width1	4	6.9 (0.2)	7.4 (0.2)	6.1 (0.1)
	5	7.2 (0.2)	7.9 (0.1)	6.3 (0.2)
	10	7.6 (0.1)	8.4 (0.3)	6.7 (0.2)
Tongue width2	4	6.6 (0.2)	7.1 (0.2)	6.0 (0.1)
	5	6.8 (0.2)	7.3 (0.3)	6.1 (0.1)
	10	7.0 (0.2)	7.5 (0.2)	6.3 (0.1)
Tongue length	4	11.0 (0.1)	12.8 (0.2)	9.2 (0.1)
	5	12.2 (0.1)	14.0 (0.2)	9.9 (0.1)
	10	13.1 (0.2)	15.0 (0.3)	10.8 (0.2)

2.2mm増加していた。また経日的には、Tongue Width 1は術後1~2週間の増加量が対照群よりP<0.05レ

ベルで有意に大きかった。しかし、Tongue Width 2と Tongue Lengthの実測値は対照群より大きい、増加量は対照群とほぼ同量であった。

舌縮小群のTongue Width 1は10週齢時までに0.6 mm、Tongue Width 2は0.3mm、Tongue Lengthは1.6mm各々増加しているが、10週齢の実測値は対照群に比べT1-T1'で0.9mm、拡大術群に対しては1.7mm、T2-T2'では前者が0.7mm、後者が1.2mm、TS-TFは前者が2.3mm、後者が4.2mmと明らかに小さかった。

4. 乾燥頭蓋での計測

1) 下顎骨咬合面の実測長 (Fig 8-A, B, C Table 3)

(1) 下顎第一大臼歯間 (M1-M1')

乾燥頭蓋作製による人為的变化の有無を調べるためのM1-M1'の実測長と口腔内直接計測値の経時の変化を比較してみると、対照群と舌縮小群の5週齢のみに0.1mmの差が認められるのみであった。

対照群は、4週齢では7.7mmであり10週齢まで0.3mm~0.5mm/週増加していき、10週齢では9.4mmになった。舌拡大群では4週齢から5週齢まで0.6mm/週増加し、それ以後10週齢まで0.3mm/週増加、10週齢では9.8mmになり対照群とP<0.05レベルの有意差が認められた。舌縮小群では、4週齢から5週齢までは0.2mm/週しか増加せず、それ以後は10週齢まで0.3mm~0.4mm/週の増加がみられ、10週齢では9.1mmと対照群に比べP<0.05レベルで有意に狭かった。

(2) 下顎角間 (Go-Go')

対照群は、4週齢で16.2mmであり5週齢まで1.5mm/週増加したが5~10週齢までは、0.3mm/週とほとんど増加しなかった。舌拡大群では、4週齢から5週齢で2.0mm、それ以後は対照群と同様0.3mm/週とほとんど増加しなかった。しかし、10週齢では対照群18.1mmに対し、舌拡大群18.8mmで両者間にP<0.05レベルの有意差が認められた。舌縮小群は対照群と同様の变化を示し、両者間に有意差は認められなかった。

(3) 下顎頭頂間 (Cd-Cd')

対照群は、4週齢で14.8mmであり5週齢まで1.2mm/週増加したが5~10週齢までは、0.1mm/週とほとんど増加しなかった。舌拡大群では、4週齢から5週齢で1.6mm増加したが、それ以後は対照群と同様ほとんど増加しなかった。また、10週齢対照群は、16.5mm、舌拡大群17.3mmで両者間にP<0.05レベルの有意差が認められた。舌縮小群は4週齢から5週齢で1.2mm増加し、それ以後はほとんど増加しなかったが、10週齢では16.2mmで対照群とP<0.05レベルの有意差がみられた。

2) 顎骨側面実測長計測 (Fig 9-A~J Table 4-A, B)

(1) 前後的成長計測項目

下顎頭 (Cd) を基準とした対照群の週間成長量はCd-Idが0.79mm、Cd-MAが0.63mm、Cd-CCが0.18mm、

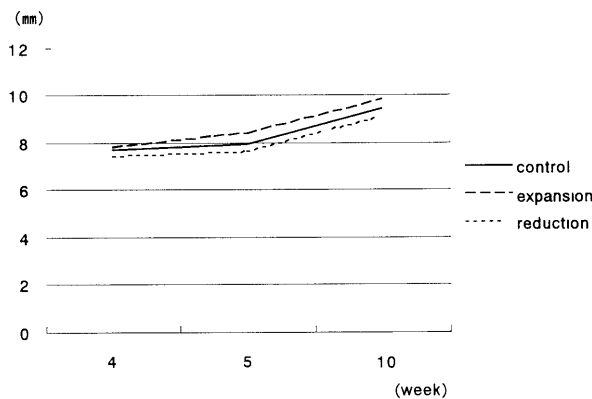


Fig 8-A M1-M1'

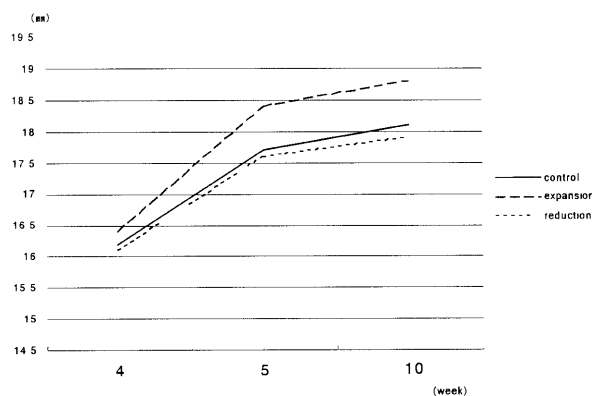


Fig 8-B Go-Go'

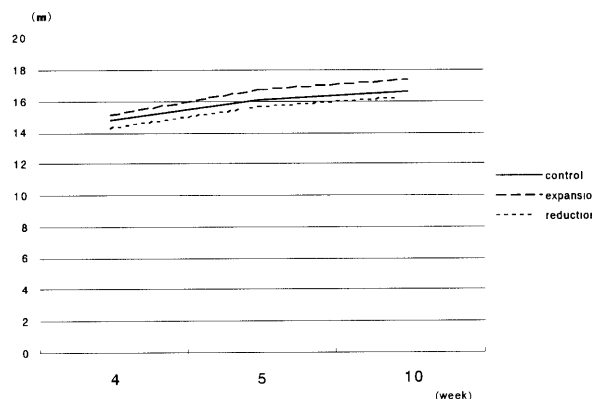


Fig 8-C Cd-Cd'

Table 3 Measurement of the ccclusal surface morphology

	week	control	expansion	reduction
		mean S.D	mean S.D	mean S.D
M1-M1'	4	7.7 (0.1)	7.8 (0.1)	7.4 (0.1)
	5	7.9 (0.1)	8.4 (0.1)	7.6 (0.2)
	10	9.4 (0.1)	9.8 (0.1)	9.1 (0.1) *
Go-Go'	4	16.2 (0.1)	16.4 (0.1)	16.1 (0.1)
	5	17.7 (0.1)	18.4 (0.1)	17.6 (0.1)
	10	18.1 (0.1)	18.8 (0.1) *	17.9 (0.1)
Cd-Cd'	4	14.8 (0.1)	15.1 (0.1)	14.3 (0.1)
	5	16.0 (0.1)	16.7 (0.1)	15.6 (0.2)
	10	16.5 (0.1)	17.3 (0.1) *	16.2 (0.1) *

* P<0.05 (**)

Go-MeとGo-Idが各々0.8mm、MA-Idが0.4mmであり計測部位によって成長が異なっていた。しかし、全

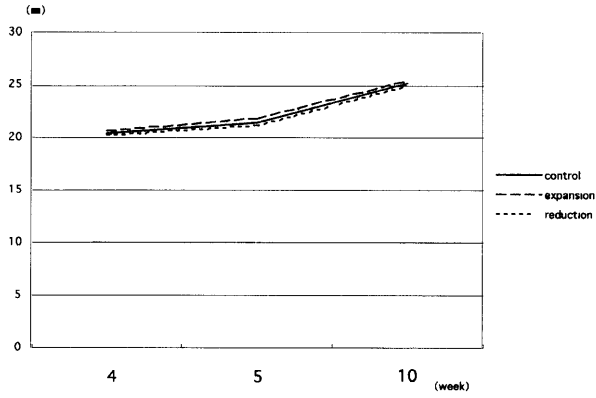


Fig 9-A Cd-Id

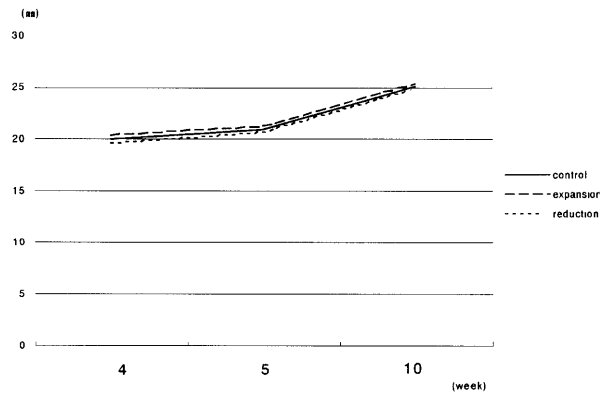


Fig 9-E Cd-Id

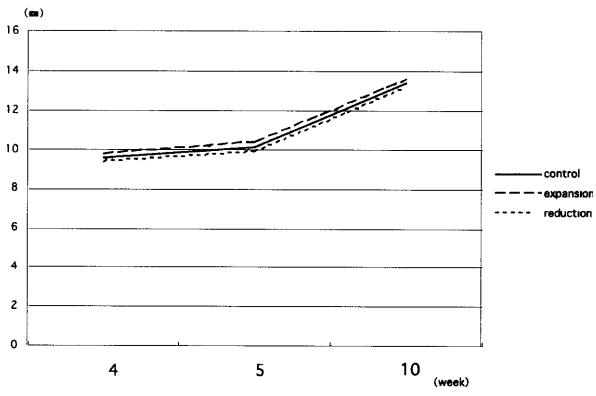


Fig 9-B Cd-MA

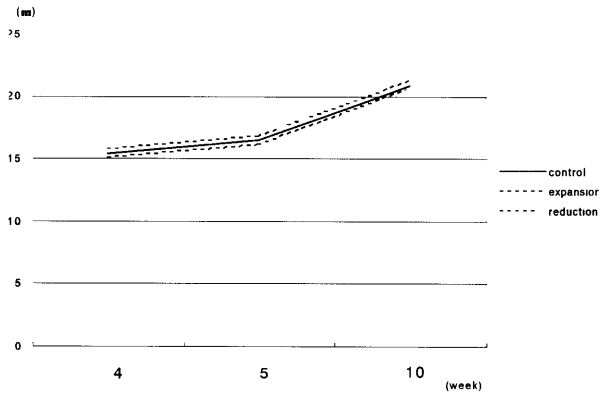


Fig 9-F Go-Me

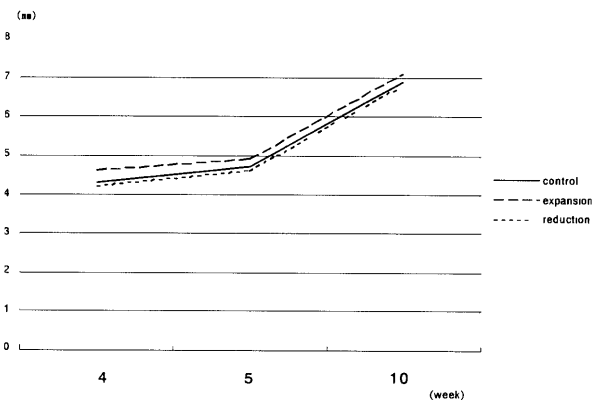


Fig 9-C Cd-Go

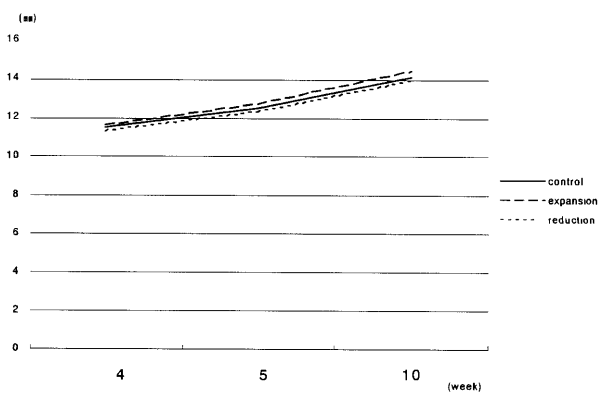


Fig 9-G MA-Id

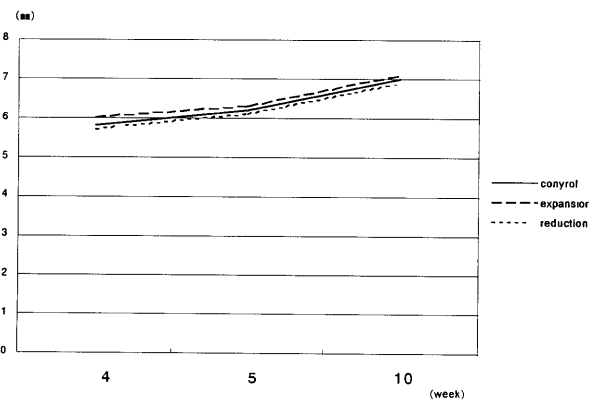


Fig 9-D Cd-CC

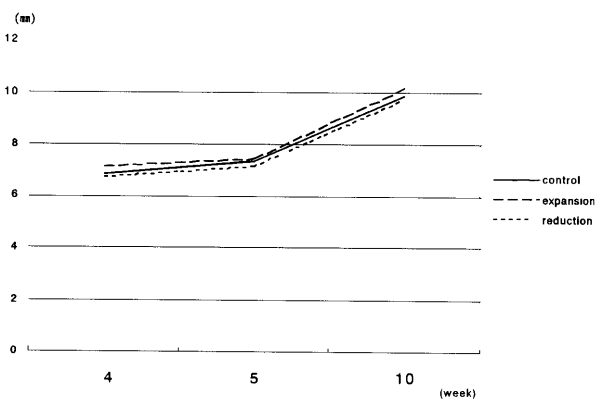


Fig 9-H CC-Ag

計測項目とも舌拡大術群は対照群より実測値が大きく、舌縮小群は小さいが明確な差は認められなかった。しかし、Table 4-A, Bに示すようにt検定を行うと舌拡大

術群では、全グループ、特にCd-Id, Go-Id, Go-Meの計測項目が、 $P < 0.01$ レベルで有意に大きいものに対して、Cd-CCを除いた2計測項目は $P < 0.05$ レベルの

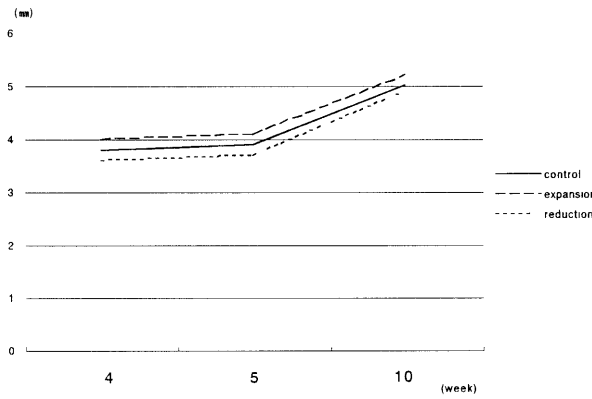


Fig 9-I AI-Me

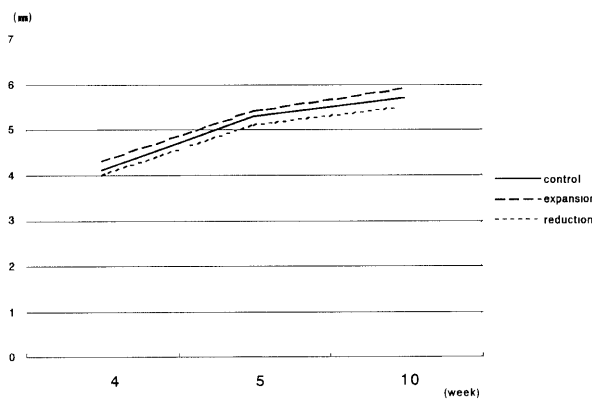


Fig 9-J Me-Id

Table 4-A Measurement of the mandibular bone

	week	control	expansion	reduction
Cd-Go	4	4.3 (0.1)	4.6 (0.1) *	4.2 (0.1)
	5	4.7 (0.1)	4.9 (0.1) *	4.6 (0.1)
	10	6.9 (0.1)	7.1 (0.1)	6.8 (0.1)
Cd-CC	4	5.8 (0.1)	6.0 (0.2)	5.7 (0.1)
	5	6.2 (0.1)	6.3 (0.1)	6.1 (0.2)
	10	7.0 (0.1)	7.1 (0.2)	6.9 (0.1)
Cd-MA	4	9.6 (0.1)	9.8 (0.1)	9.4 (0.1) *
	5	10.1 (0.1)	10.1 (0.2) *	9.9 (0.1) *
	10	13.4 (0.1)	13.6 (0.1) *	13.2 (0.1) *
Cd-Id	4	20.1 (0.1) *	20.6 (0.1) **	20.2 (0.1) **
	5	21.1 (0.1)	21.8 (0.1) **	21.3 (0.1) **
	10	25.1 (0.1)	25.4 (0.1) **	24.9 (0.1) **
Go-Id	4	20.0 (0.1)	20.1 (0.1) **	19.6 (0.1) **
	5	20.9 (0.1)	21.2 (0.1) **	20.6 (0.1) **
	10	25.0 (0.1)	25.3 (0.1) **	24.8 (0.1) **

* P<0.05 ** 1<0.01 (mm)

Table 4-B Measurement of the mandibular bone

	week	control	expansion	reduction
Go-Me	4	15.4 (0.1)	15.8 (0.1) **	15.1 (0.2) *
	5	16.5 (0.2)	16.8 (0.1) **	16.1 (0.2) *
	10	20.8 (0.1)	21.2 (0.1) **	20.6 (0.1) **
MA-Id	4	11.5 (0.1)	11.6 (0.1) *	11.3 (0.1) *
	5	12.5 (0.1)	12.7 (0.1) *	12.3 (0.1) *
	10	14.1 (0.1)	14.1 (0.1) *	13.9 (0.1) *
CC-Ag	4	6.8 (0.1)	7.1 (0.1) *	6.7 (0.1) *
	5	7.3 (0.1)	7.1 (0.1) *	7.1 (0.1) *
	10	9.8 (0.1)	10.1 (0.1)	9.7 (0.1)
AI-Me	4	3.8 (0.1)	4.0 (0.2)	3.6 (0.1)
	5	3.9 (0.1)	4.1 (0.1)	3.7 (0.1)
	10	5.0 (0.2)	5.2 (0.1)	4.9 (0.1)
Me-Id	4	3.1 (0.1)	3.3 (0.1) *	3.0 (0.1) *
	5	3.3 (0.1)	3.4 (0.1) *	3.1 (0.1) *
	10	5.7 (0.1)	5.9 (0.1)	5.5 (0.1)

* P<0.05 ** 1<0.01 (mm)

有意に大きかった。一方舌縮小群の4週齢グループでは、Cd-IdとGo-Idの計測項目がP<0.01レベルで小さいが、5週齢グループと10週齢グループでは前2者に加えてGo-MeがP<0.01レベルになっていた。またP

<0.05レベルの計測項目はCd-Ma, Ma-Idであった。

(2) 高さの計測項目

対照群ではCd-Goが0.42mm/週ずつ増加し、10週齢では6.9mm CC-Agは0.5mm/週で9.8mmに、AI-Meは0.2mm/週で5.0mmに、Me-Idは0.25mm/週で5.7mm各々に成長している。舌拡大術群ではCd-GoとCC-AgとMe-Idが術後2週間まで成長量が大きく対照群とP<0.01レベルの有意差が認められたが、AI-Meでは全グループ有意差は認められなかった。

3) 上顎骨実測長計測 (Fig 10-A~D, Table 5)

対照群第一臼歯 (M1-M1') 幅径は4週齢で7.7mmであり0.32mm/週のほぼ均一した増加を示し、10週齢では9.6mmであった。舌拡大術群では5週齢まで0.5mm/週増加していたが、その後増加量が減少し10週齢では9.7mmと対照群とほとんど差がなくなっていた。舌縮小群ではどの週齢においても他に比べて小さかったが、10週齢では9.5mmになり対照群との差はほとんどなくなっていた。第二臼歯間 (M2-M2') 幅径は、第一臼歯部より週増加量は大きく、対照群では0.4mmであった。舌拡大群では5週齢までの増加が0.7mmと大きいのに対して舌縮小群の増加量は少なかった。しかし、10週齢では3群間に差はなく10.2mmであった。頬骨弓 (Z1-Z1') 幅径は対照群0.4mm/週の増加であり舌拡大術群でも同じく0.4mm/週の増加があった。10週齢では前者が16.3mm、後者が16.5mmであった。一方舌縮小群での10週齢は15.8mmと有意に対照群より小さかった (P<0.01)。しかしZ2-Z2'では、全群0.3mm/週増加し、10週齢で対照群18.5mm、舌拡大術群18.8mm、舌縮小術群18.3mmと三群間に有意差が認められなかった。

4) 組織学的所見 (Fig 11, 12)

(1) 対照群

4週齢では、下顎頭は遠心方向への傾斜がわずかに見られ、軟骨は遠心1/3で最も層が厚く、近心に向かうに伴って薄くなっていた。軟骨死滅層では長軸方向の骨梁形成が旺盛ですでに形成された下顎頸部の骨梁と連なっていた (Fig 11-A)。

5週齢では逆に近心方向の立ち上がりが見られ、これに伴って軟骨部は遠心1/3でさらに厚くなる傾向を示した。また、軟骨性骨化部は化骨がさらに進展していた (Fig 12-A)。

(2) 拡大術群

4週齢では、対照群に比べて下顎頭の傾斜は少ない傾向を示したが、軟骨部は全体的に厚く、その下層の化骨の程度も対照群よりは進行していた (Fig 11-B)。

5週齢では、下顎頭軟骨の厚さは4週齢よりもさらに厚くなり、下層の骨梁形成は少なくなり、すでに形成された骨梁の癒合が強く認められた (Fig 12-B)。

(3) 舌縮小群

4週齢では、対照群に比べて下顎頭の遠心方向への

傾斜が強く、またその遠心1/3の軟骨部の突出状の肥厚が認められた(Fig 12-C).

5週齢では、その下顎頭の近心方向への立ち上がりがみられたが、その程度は対照群や舌拡大術群と比べてわずかであった。同時に軟骨層の菲薄化が認められた。また、この群では軟骨細胞死滅層の骨梁形成が依然として旺盛であった(Fig 12-C).

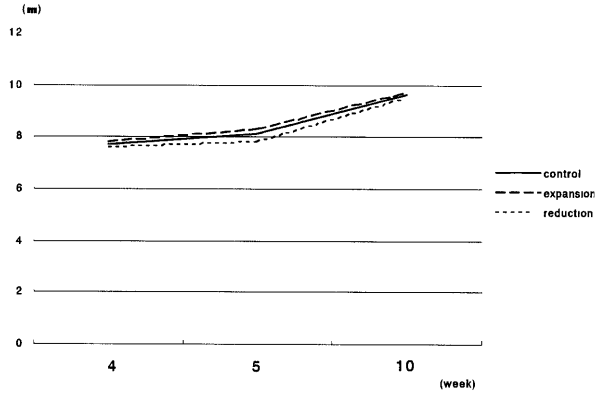


Fig 10-A M1-M1'

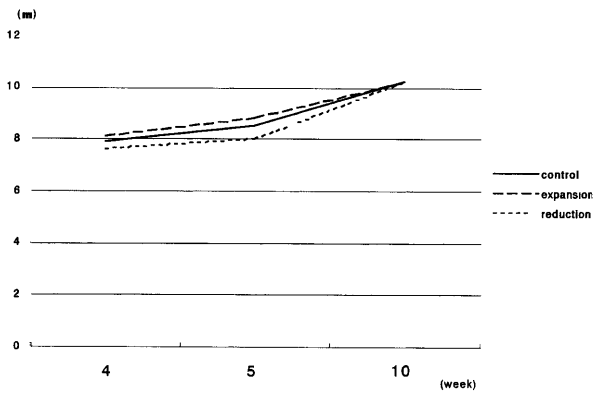


Fig 10-B M2-M2'

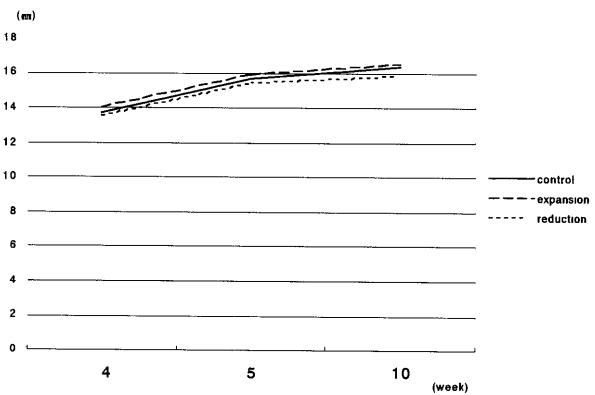


Fig 10-C Z1-Z1'

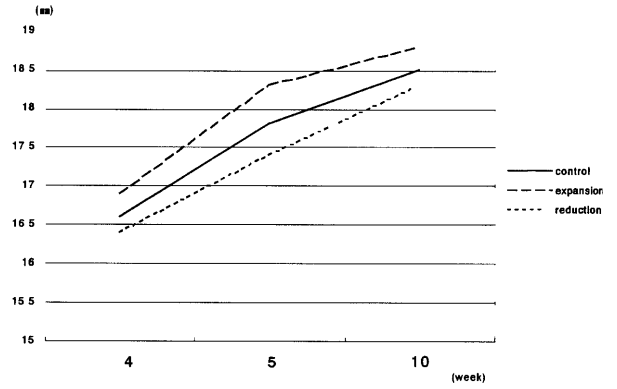


Fig 10-D. Z2-Z2'

Table 5 Measurement of the maxillary bone

	week	control	expansion	reduction
		mean S D	mean S D	mean S D
M1-M1	4	7.7 (0.1)	7.8 (0.1)	7.6 (0.1)
	5	8.1 (0.1)	8.3 (0.1)	7.8 (0.1)
	10	9.6 (0.1)	9.7 (0.1)	9.5 (0.1)
M2-M2	4	7.9 (0.2)	8.1 (0.1)	7.6 (0.2)
	5	8.5 (0.2)	8.8 (0.1)	8.0 (0.2)
	10	10.2 (0.1)	10.2 (0.1)	10.2 (0.1)
Z1-Z1	4	13.7 (0.1)	14.0 (0.1)	13.5 (0.2)
	5	15.6 (0.1)	15.9 (0.1)	15.4 (0.1)
	10	16.3 (0.1)	16.5 (0.1)	15.8 (0.1) **
Z2-Z2	4	16.6 (0.1)	16.9 (0.1)	16.4 (0.1)
	5	17.8 (0.1)	18.3 (0.1)	17.4 (0.1)
	10	18.5 (0.1)	18.8 (0.2)	18.3 (0.2)

* P<0.05 ** P<0.01 (n)

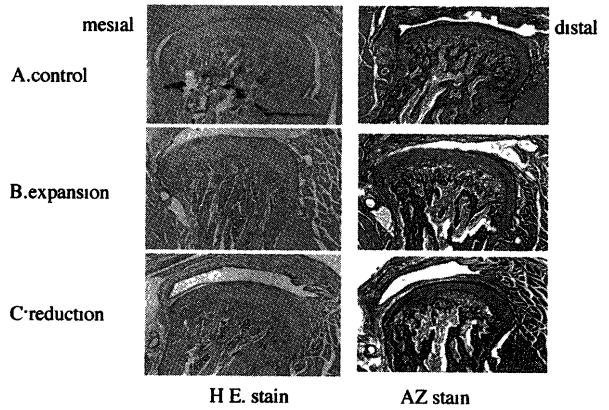


Fig 11 Condylar head (4 weeks)

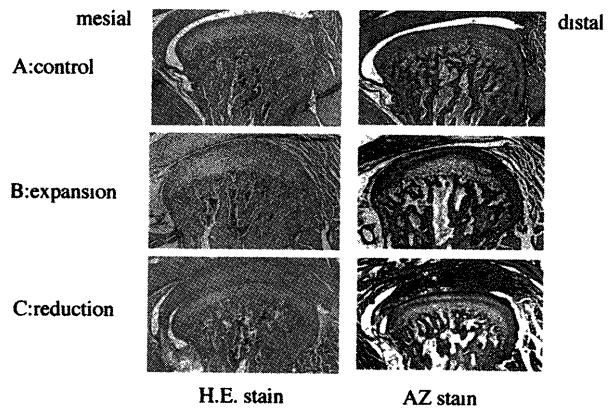


Fig 12 Condylar head (5 weeks)

考 察

1. 実験方法

舌形態と顎骨や歯列弓形態および顎骨の成長発育に関する実験は、ラット、サルおよびブタ等²²⁻²⁹⁾が用いられてきたが、成長発育の研究では、遺伝的要因および環境的要因が満たされなければならない。この観点からみると、ラットは個体間の変動が少なく同一条件下での飼育が容易であり、純系が一度に多数入手できるため本研究の実験動物としてラットを用いることには妥当性があると考えた。そして環境的要因を満たすため、水と固形飼料を自由に摂取できるようにし、湿度および温度はほぼ一定、明暗12時間周期とし3匹に1ゲージとした。舌形態を人為的に変えた実験的研究は比較的少なく、舌縮小術ではBecker²³⁾、Jacobsら²⁵⁾、Stutzmannら²⁶⁾、Simard-Savoieら²⁷⁾、本田^{28, 29)}、また舌拡大術では、Becker²²⁾、本田^{28, 29)}の論文にみられるのみである。手術時期については、各研究者で一定しておらずSimard-Savoieら²⁷⁾が21日、Stutzmannら²⁶⁾が24日、本田^{28, 29)}が30日、Jacobsら²⁵⁾が42日、Becker²²⁾が60日と様々である。本研究では開咬と巨舌症を主訴に来院した3歳8ヶ月の男児に舌縮小術と扁桃切除術を施したところ、7歳時には下顎前突の傾向はあるけれども開咬は治ったという報告³⁰⁾に基づき、できるだけ早期に施術するためにWiter系ラットの離乳時期とされる3週齢に手術を行うこととした。

2. 全身に及ぼす影響

体重計測の日量変化において、舌拡大術群の術後2日までと舌縮小術群の手術日翌日に対照群と比べて体重の増加が少なかった。これは各手術の影響が現れたものと思われる。その後は対照群とほぼ同様の増加量を示し、手術によると思われる影響は改善されたと考える。生後3週～10週の体重変化で7週齢時以降に増加量の減少がみられた。花田³¹⁾によると体重は生後20～30日に1回目のピークを迎え70～80日に2回目のピークがあると述べている。また30日目までの増加は少なく、以後急激に増大するとしている。本研究では3週齢～7週齢時までがその2回目のピークに相当すると考えられた。

3. 舌拡大術と舌形態

舌の拡大術はBecker²²⁾、本田^{28, 29)}の行った舌にシリコンを注入する方法に準じて行った。前者は生後2ヶ月のラットに0.4ml 1カ所1回注入、後者は生後30日と37日の2回に分けて0.2mlを注入している。本研究では両者の中間量0.3mlを3週齢と4週齢時に注入し拡大をはかった。また今回は拡大の均一化を図るため舌尖より4mmと7mmの部位で0.15ml注入したところ、シリコンの流出を防止するため彼等が術中行った麻酔覚醒まで鉗子にて強く把持する必要はなかった。術後の舌形態はFig 4-Bに示すように肉眼的にも対照

群より明らかに大きく、10週齢では舌長(Ts-Tf)は対照群より1.9mm、舌幅(T1-T1')では0.8mm、T2-T2'では0.5mmと有意に大きかった。本田²⁸⁾は生後180日目の対照群データでは幅径は長径の約1/3であったと報告しているが、本実験では舌後方部にも $P < 0.05$ レベルの有意差が認められた。これらの原因はラットの成熟差とシリコン注入量ならびに部位によるものと考えられる。また、舌長(Ts-Tf)と舌幅T2-T2'の週間増加量は対照群と差はないが、舌幅(T1-T1')での週間増加量は対照群より大きかった、この原因は機能低下による膨化が考えられるが不明である。

4. 舌縮小術と舌形態

日常矯正临床上、顎発育異常の外科的治療に際して用いられる舌縮小術にはEgyedi-obwegeser法¹²⁾とRheinwald-Thoma法¹³⁾がよく用いられるが、高橋⁵⁾によると、その他にPichler³³⁾、Edgerton¹¹⁾、Dingman Grabb³³⁾、Kole³⁴⁾、Becker¹⁴⁾法が報告されている。本実験ではRheinwald-Thoma法¹³⁾に準じて行った。また临床上、舌の大きさを客観的に測定する方法が確立されていないため、主観的に判定されているが、本学教室ではEckardtら³⁵⁾の方法、すなわち若干開口させて舌の最大幅径を測定すると同時に、舌を前方に突出させて下顎切歯切端より突出した量を測定し、さらに舌に歯型が付いているかによって判定している。しかし、切除量に関しては不明である。本実験では、体積で約14%切除した結果、10週齢でも明らかに対照群より小さかった。とくに舌長(Ts-Tf)は4週齢時、対照群より0.8mm、5週齢時以降は0.9mm、拡大術より1.7mm、舌幅(T2-T2')は対照群より0.6～0.7mm、舌拡大術群より1.1～1.2mm小さかった。また、舌長は3週間に0.8mm増加したが、その後は5週間で0.8mmの増加であり、対照群の前者1.2mm、後者1.1mmに比べて有意に少なく、対照群と舌拡大術群に比べて約40%少なかった。一方、舌幅は5週齢から6週齢の間に0.1～0.2mm増加しているが、その後は5週間でT1-T1'で0.4mm、T2-T2'で0.2mmの増加であり、対照群と有意差は認められなかった。このことから舌縮小術による舌幅の成長はほとんど抑制されていないが、舌長には約60%の成長抑制効果があったと推測される。

5. 舌拡大術による顎骨への影響

舌拡大術が顎骨に与える影響についてはわずかにBecker²²⁾、本田^{28, 29)}のみが報告しているが、その中でBeckerは舌拡大による顎骨の成長発育への著明な影響は見られなかったと報告している。これに対し本田は下顎骨の高径、長径および幅径を示す全ての計測項目が対照群より大きな値を示したと報告している。本研究では上顎臼歯幅径(M1-M1', M2-M2')と頬骨弓最前縁(Z1-Z1')が5～6週齢までは成長量が増加し

ていたが、10週齢では対照群と有意差が認められなかったことと、頬骨弓最後縁間(Z2-Z2')には変化がないことから、上顎ではCatch up現象が生じ、成長終了時にはBacker²²⁾の報告と一致するのではないかと考えられた。しかし、下顎骨に関する計測項目の内、下顎頭長(Cd-CC)と前顔面高(AI-Me)を除いた残りの11計測項目にt-検定上有意差が認められた。とくに下顎骨長(Cd-Id)、全下顎長(Go-Id)、下顎骨体長(Go-Me)と下顎第一臼歯間(M1-M1')、下顎頭間(Cd-CC)、下顎角間(Go-Go')がシリコン注入による舌拡大という外因因子によって、下顎骨体の前方部、および後方部での前後的成長および下方成長ならびに下顎頭の後上方成長と歯列弓幅径の拡大を促進させたものと考えられる。しかし日常临床上、小舌症あるいは小下顎症の治療に用いられるほどの量的変化は現時点では期待できないようであるが、今後この舌拡大術に顎矯正力(Orthopedic force)を併用することにより有効になるかもしれない。

6. 舌縮小術による顎骨への影響

舌縮小術を施したBecker²³⁾は、幼弱ラットと豚との実験で、下顎体長径ならびに下顎枝高径は短縮したが、下顎頭長と筋突起上端を結んだ線と下顎下縁とのなす角が増大したと報告している。また、Jacobsら²⁵⁾は下顎骨長径ならびに下顎体長径と臼歯部下顎体高径の短縮が生じるが、上顎第一大臼歯間幅径ならびに頬骨弓間幅径には変化しないことを明らかにしている。また本田²⁸⁾は、顎顔面頭蓋における多くの計測項目で対照群より小さな値を示し、とくに下顎骨に関連する計測項目で有意の差が多く認められたと報告している。本実験では下顎骨長(Cd-Id)、全下顎長(Go-Id)が術後早期から変化が現れ、暫くして下顎骨体長(Go-Me)、下顎枝長(Cd-MA)、下顎下縁長(MA-Id)、下顎頭長間(Cd-Cd')、有意差が認められるようになった。しかし下顎頭長(Cd-CC)、前顔面高(AI-Me)には対照群と有意差が認められなかった。また、歯列弓長径および幅径とも5週齢までは増加量が少ないが、その後はCatch up現象が生じていた。しかし10週齢では対照群に比べて有意に小さかった。花田³¹⁾は、ラットの下顎骨前方部は漸次前下方に偏位し、下顎骨後方部は後下方へ成長する下顎角部へ成長する下顎関節頭からなり、下顎角部が20~90日間に急激に後下方へ突出するのに反して、下顎関節頭はかなり早期に成熟型に近づき、また第一大臼歯は下顎下縁平面とほぼ平行に前下方に移動し、その位置はかなり早期に決定されると述べている。このようなラットの成長と本実験結果と組み合わせると、舌縮小術によって下顎骨体の前後的成長と、下顎頭の後上方ならびに下顎角の後下方成長が

抑制されるばかりでなく、側方成長の抑制も生じていることが推測された。

7. 下顎頭の変化

舌の形態が下顎頭に及ぼす影響について舌縮小術を施し検索しているBecker²³⁾は、生後5週齢のラットに舌縮小術を施し術後4週と8週を観察した結果、軟骨層の高径縮小と細胞数減少、軟骨細胞の萎縮と配列の不正、核の大小不同を認めたがその状態は術後4週齢よりも8週齢にやや強いと報告している。Stutzmannら²⁶⁾は生後3週齢のラットに同様な処置を施し術後3週時を調べ、対照群より軟骨芽細胞の厚径縮小と細胞数の減少を認め、前軟骨芽細胞層は対照群とほとんど差がなかったと述べている。また本田²⁹⁾は、生後1ヶ月目の雄性ラットに楔状舌縮小術を施し、3, 7, 15, 30, 60, 90, 120, および150日齢を検索したところ、幼弱期には下顎頭軟骨層の厚径は対照群より小さく、細胞数は少なかったが、成長に伴って漸次対照群よりも大きな厚径と細胞数を示すことを見出ししている。しかも、下顎頭軟骨層の厚径および細胞数は対照群と同様に成長に伴って減少したが、これらの減少率は対照群よりもかなり小さかったことも併せて報告している。本実験では、4週齢で下顎頭部の遠心方向での傾斜が対照群より強く、また遠心1/3軟骨部の突出状の肥厚が生じ、5週齢になると下顎頭部の近心方向への立ち上がりを認めたものの、その程度は少ないという下顎頭の形態的变化を認め、これらから当然、前3者が観察した軟骨層の変化もこれに関連していることが類推できた。

一方、舌拡大術が下顎頭に及ぼす影響について本田²⁹⁾幼若期には下顎頭軟骨層の厚径が対照群より小さく、細胞の数は少なかったが、成長に伴って対照群より大きな厚径と細胞数を示した。しかし対照群との差は舌縮小術群の場合より小さいこと、また、成長に伴う下顎頭軟骨層の厚径減少率は舌縮小術群より大きく対照群に類似するが、細胞数減少率は対照群より小さく、舌縮小術群に類似すると報告している。本実験では術後1週目の下顎頭の傾斜は対照群より少ないが、軟骨部は4週齢より5週齢の方が全体的に厚く、その下方の化骨の程度も対照群より進行した所見が得られた。すなわち舌が拡大されることにより、いわゆる矯正治療や顎関節症治療の際に使用する咬合挙上の際に生じる現象に類似した変化が顎関節部に生じた結果、下顎頭部に圧迫力が作用しなくなったことが考えられる。この逆の現象が前述の舌縮小術群に現れていると推測されることから舌の大きさは顎関節とくに下顎頭のVertical dimensionを決定する重要な因子であることが示唆された。

結 論

舌の形態が顎顔面頭蓋に与える影響を調べるため、

ラットを対照群、舌拡大術群、舌縮小術群の3群に分

け以下の結果を得た。

1. 体重の差は5週齢まで見られたが、その後は各群間に有意差はなく全身の成長発育には影響がなかった。
2. 舌は拡大および縮小術を行うことにより10週齢でも長径、幅径に有意差が認められた。また経時的に舌は成長し大きさを増しているが、その成長は対照群と舌拡大術群がほぼ同量であるのに対して、舌縮小術群では約40%少なかった。
3. 舌の形態変化による顎顔面頭蓋の成長発育への影響は、主として下顎骨長径、幅径および高径に現れており、とくに下顎骨の幅径には大きな影響があった。しかし上顎骨では術後初期には影響が見

られたものの最終的には各群間に差はなく、Catch up現象が生じていた。

4. 下顎頭は舌縮小術により遠心へ、逆に舌拡大により対照群より垂直になる傾向から、舌は下顎頭のVertical dimensionを決定する重要な因子であることが示唆された。

以上の所見より、早期の舌縮小術と舌拡大術は全身の成長発育には影響を及ぼさないが、下顎骨体、歯列弓および下顎頭の成長発育には明らかに影響を及ぼしていることが判明した。そしてこれらの術式と顎整形力を組み合わせて臨床に応用することが可能であることが示唆された。

文 献

- 1) 西嶋克巳, 藤原弘旦, 岸幹二, 中原浩一, 長島駿一郎, 早瀬育子 下顎骨変形を伴った新生児舌下部類表皮嚢法胞の1例. 小歯誌, 11 111~115, 1973.
- 2) 大野康亮, 石橋克礼, 水野明夫, 岩城博, 菅原晴美, 中川茂美, 清水正嗣, 上野正 口底部甲状舌管嚢胞の1例. 日口外誌, 20 370~374, 1974.
- 3) 野田忠, 阿知波くみ子, 石原雅章, 小野博志 血管種により巨大化した舌が顎および咬合に発育異常を起こした1例. 小歯誌, 17 123~127, 1979.
- 4) 高橋庄二郎, 船越良一, 伊藤利明, 本田富彦, 木村利男 Obwegeser第Ⅱ法による下顎前突症手術について(付)舌縮小術. 日口腔会誌, 26 291~301, 1977.
- 5) 高橋庄二郎, 重松知寛, 杉崎正志, 本田富彦, 川本黄石 顎発育異常の外科的治療に関連する舌縮小術について. 口科誌, 27 334~342, 1978.
- 6) McMamny, D Macroglossia as a presentation of the Beckwith-weidemann syndorome *Plast Reconstr Surg.* 75 170~176, 1985.
- 7) Austermann, K H, Machtens, E The influence of tongue asymmetries on the development of jaws and the position of teeth *Int J Oral Surg.* 3 261~265, 1974.
- 8) Allison, M L, Miller, C W, Troiano, M F, Wallace, W R Partial glossectomy for macroglossia *J Am Dent Assoc.* 82 852~857, 1971.
- 9) Harvold, E P The role of function in the etiology and treatment of malocclusion *Am J Orthod.* 54 883~898, 1968.
- 10) Hendrick, J W Macroglossia or giant tongue *Surgery.* 39 674~677, 1956.
- 11) Edgerton, M The management of macroglossia when associated with prognathism *Br J Plast Surg.* 3 117~122, 1960.
- 12) Egyedi, P und Obwegeser, H Zur operativen Zungenverkleinerung *Dtsch Zahn-, Mund-u Kieferheilk.* 41 16~25, 1964.
- 13) Rheinwald, U Die operative Zungenverkleinerung aus zahnartzlicher Indikation *Dtsch Zahn-, Mund-u Kieferheilk.* 27 129~140, 1957.
- 14) Becker, R Die Zungenverkleinerung zur Unterstützung der Kieferorthopadischen Behandlung *Dtsch Zahn-, Mund-u Kieferheilk.* 46 210~219, 1966.
- 15) Schulz, S und Sterzik, G Ein Beitrag zur Frage der Zungenverkleinerung aus Kiefer-orthopadischer Indikation. *Dtsch Zahn-, Mund-u Kieferheilk.* 64 7~20, 1976.
- 16) Kreidler, J und Rahrman, A Die Zungenfunktion nach operativer Zungenverkleinerung *Fortsche Kiefer-u Gesichtschir.* 18 266~276, 1974.
- 17) Nordenram, A and Olow-Nordenram, M Partial tongue excision in the treatment of apertognathia part I *Oral Surg.* 22 277~285, 1966.
- 18) Nordenram, A and Olow-Nordenram, M Partial tongue excision in the treatment of apertognathia part II *Oral Surg.* 35 153, 1973.
- 19) Larry, M W and David, A Co II Diagnosis of macroglossia and indications for reduction glossectomy *Am J Orthod.* 110 170~177, 1996.
- 20) Goldstein, M A New concepts of the functions of the tongue *Laryngoscop.* 50 164~188, 1940.
- 21) Roger, A P Open-bite cases involving tongue habits *Int J Orthod.* 13 837~844, 1927.
- 22) Becker, R und Volker, G Experimentelle Untersuchungen über die Wachstumswirkung der Zunge *Fortscher Kiefer-u Gesichtschir.* 18 83~86, 1974.
- 23) Becker, R Die Wachstumsstörungen des Unterkiefer, Entstehung und Therapie A Huthig Verlag Heiderlberg 75~84, 1966.
- 24) Jacobs, H G und Lehnert, S Klinische und histologische Ergebnisse nach Zungenteilresektionen bei Ratten *Fortschr Kieferorthop.* 36 429~442, 1975.
- 25) Jacobs, M C und Muller, G H Unterkieferwachstum nach Zungenteilresektion *Fortschr Kieferorthop.* 36 443~449, 1975.
- 26) Stutzmann, J und Petrovic, A Tierexperimentelle

- Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Zunge, Musculus pterygoideus lateralis, mandibularen Kondylenknorpel und Gaumennaht *Fortschr Kieferorthop.* **36** 354~373, 1975.
- 27) Simard-Savoie, S and Lamorlette, D Effect of experimental microglossia on craniofacial growth *Am J Orthod.* **70** : 304~315, 1976.
- 28) 本田富彦 舌の大きさが顎顔面頭蓋の成長発育に及ぼす影響に関する実験的研究, 第1編. 顎顔面頭蓋のX線写真計測. 歯科学報, **81** 1643~1663, 1981.
- 29) 本田富彦 舌の大きさが顎顔面頭蓋の成長発育に及ぼす影響に関する実験的研究, 第2編. 下顎頭の組織学的観察. 歯科学報, **81** 1665~1683, 1981.
- 30) Wolford, L M Cottle, D A Diagnosis of macroglossia and indications for reduction glossectomy *Am J Orthod Dentofac Orthop.* . 170~177, 1996.
- 31) 花田晃治 . 頭部規格X線写真によるラットの顎顔面頭蓋の成長発育に関する研究. 口病誌, **34** 18~74, 1967.
- 32) Picher, H In Picher, H, and Trauner, R lehrbuch der Mund-und Kieferchirurgie, vol II, Wien Urben & Schwarzenberg, 1948.
- 33) Dingman, R O and Grabb, W C Lymphangioma of the tongue *Plast Reconstr Surg.* **27** . 214~223, 1961.
- 34) Kole, H Results, experience, and problems in the operative treatment of anomalies with reverse overbite (mandibular protrusion) *Oral Surg.* **19** 427~450, 1965.
- 35) L Eckardt, L and Horger, W Facial structure and functional findings in patients with progressive muscular dystrophy (Duchenne) *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 185~190, 1996.
-

Influence of Rat Tongue Size on the Growth and Development of the Maxillofacial Cranium

YOSHIKI MATSUMO, JUN ADACHI and KIN-ICHIRO NIWA

Department of Orthodontics, Asahi University School of Dentistry

(Chief Prof Kin-ichiro Niwa)

Key words Tongue volume expansion, Tongue volume reduction, Temporomandibular joint, Condylar, Rat

Abstract *Tongue pressure is a force that maintains normal occlusion, which is called occlusal retentive force. Individual differences in tongue morphology are marked, and it has been clinically found that macroglossia causes spaced dental arch or maxillo-mandibular protrusion, and aglossia and microglossia cause crowding or cross bite. However, causal relationships in such disorders have not been sufficiently clarified. Furthermore, the causal relationship between the morphology of the temporomandibular joint and that of the tongue is unknown.*

In this study, we performed tongue volume expansion and tongue volume reduction surgeries on rats, and measured dental arch morphology and morphological changes in the maxillo-mandibular bones in dry skulls. Simultaneously, morphological changes in the temporomandibular joint were histologically investigated.

Results were as follows:

Our findings suggested that tongue morphology greatly influenced the morphology of the maxillo-mandibular bones and dental arches during the growth and developmental period, and tongue size is an important factor determining the vertical dimension of the condylar head in the temporomandibular joint.