

〔原 著〕

側方顎偏位が成長期のラット下顎骨におよぼす影響

小林 宏樹

東日本学園大学歯学部矯正歯科学講座

(主任：石井英司教授)

The effect of lateral mandibular deviation on the mandible of growing rat.

Hiroki KOBAYASHI

Department of Orthodontics, School of Dentistry,

HIGASHI-NIPPON-GAKUEN UNIVERSITY

(Chief: Prof. Hideshi ISHII)

Abstract

Lateral deviation of the mandible occurring during growth appears to cause asymmetrical growth of the dentofacial complex containing the mandible. In this study, a mandibular lateral shift was induced on a growing rat with a posterior inclined plane, and the influence to the growth of the mandible was discussed.

As experimental animals, Wistar albino rats were used. For the experimental group, the posterior inclined plane made of silver alloy was worn to the maxilla, to shift the mandible laterally.

The experimental periods were 3, 7, 21, and 42 days. After these periods, the animals were sacrificed and morphologically and histologically examined.

Results were as follows.

1. With the dental change, the mandibular molars in the side with interference were inclined lingually. The degree increased gradually with time.

The mandibular midline shifted to the uninterfered side and the incisal edge of the maxillary incisors were worn, inclining to the uninterfered upper side.

2. In the initial stage of this experiment, the mandibular shape showed transformation.

In the 7, 21, and 42 days groups, the width of the condyle in the side with interference decreased, when compared with the uninterfered side. Ramus height at

本論文の要旨の一部は第49回日本矯正歯科学会大会(平成2年10月,長野),第50回日本矯正歯科学会記念大会(平成3年9月,大阪),第9回東日本学園大学歯学会学術大会(平成3年2月)において発表した。

受付:平成4年9月30日

21 and 42 days decreased and the gonial processes became smaller than in the control group. However, in the uninterfered side they showed few morphological changes.

3. In the histological examinations, the thickness of the condylar cartilage layer in the side with interference increased at 3 and 7 days, however, there were no differences at 21 and 42 days. In the uninterfered side, the thickness of the condylar cartilage layer decreased and the shape of the condyle was flattened in the lateral region.

In conclusion: in the early period of growth, it is suggested that condylar cartilage changes with the mandibular lateral shift, then both this change and muscular functional changes inhibit the vertical growth of the ramus in the side with interference and causes asymmetrical changes to the mandible.

I. 緒言

若年者で、前歯あるいは側方歯部での咬頭干涉により、下顎の前方または側方への偏位が生じることを数多く経験する。この成長期における下顎の偏位は筋機能の不均衡を生じ、下顎を含めた顎顔面部の成長に歪みを生じると考えられている。

筋機能が顎顔面部、とくに下顎骨の成長におよぼす影響を明らかにするため、多くの実験的研究がなされてきた。筋機能を変化させる実験方法としては、(1)咀嚼筋の切断や付着部位からの剝離により、直接的に筋の作用方向やその大きさを変化させる方法^{1~6)}、(2)筋に電気的な刺激を加え、賦活化させる方法^{7,8)}、(3)下顎を装置により特定の方向へ偏位させる方法^{9~26)}に分類される。これらのなかで、(3)の方法は術式が簡便であり、実験動物に対し外科的な侵襲を加えることなく、筋機能の変化を生じさせようという利点がある。したがって、本法は、咬頭干涉による顎偏位が顎顔面部の成長におよぼす影響を検討するためには適した方法と考えられる。

これまでに、咬頭嵌合位の変化により下顎の偏位を惹起させ、その位置での筋機能の変化が歯の位置的变化や顎の成長におよぼす影響に

ついでの実験的研究は多くなされている。McNamaraとCarlson¹¹⁾は、成長期のサルの上顎歯列にsplintを装着することにより、下顎の機能的前方偏位を起こさせ、下顎頭後方部の軟骨層で厚さが増加したことを観察している。SerglとFarmand¹²⁾は、片側性のbite planeを成長期のウサギの下顎右側臼歯に装着し、右側臼歯の咬合を挙上する実験を行ない、右側下顎頭の上方向への骨添加と下顎骨下縁部での骨吸収による下顎骨後方部の相対的な上方への移動と、上顎骨前方部が左側へ彎曲する鼻上顎複合体の変形を報告している。また、今村⁹⁾は成長期ラットの切歯部に、咬合時に下顎を後方へ誘導する斜面板装置を合着し、下顎頭の組織学的検索を行なった結果、下顎頭後方部の軟骨層の厚さが減少したと報告している。また、Petrovicら¹⁰⁾は、成長期ラットの切歯部に下顎を前方へ誘導する斜面板装置を装着し、下顎の前後的な成長が増加したと報告している。さらに、山内¹³⁾は、成長期ラットの下顎前歯部に側方への斜面を有する斜面冠を装着し、切歯部での誘導による下顎の側方偏位を生じさせ、その形態的变化を観察した結果、上顎骨の偏心的成長と下顎骨および下顎頭軟骨の左右非対称な成長が起こったと報告している。

臨床では、側方歯部の咬頭干渉によって下顎が側方に偏位した症例が多くみられる。この側方偏位が顎顔面部の成長にどのような影響をおよぼすかは、興味のある問題である。しかし、成長期ラットの側方顎偏位は前歯部で誘導したものであり、臼歯部での誘導による側方顎偏位についての報告はない。そこで本研究では成長期ラットを用い、臼歯部での咬頭干渉による側方顎偏位が下顎骨の成長に対しておよぼす影響について検討した。

II. 材料と方法

1. 実験材料と実験期間

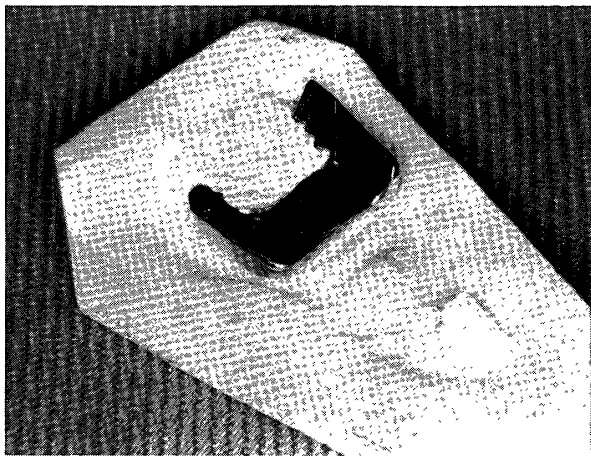
本研究には4週齢の雄性Wistar系ラットを用いた。ラットは約3週齢で離乳し、通常の飼料摂取が可能となる。したがって、実験開始時期を成長発育の活発な時期である4週齢とした。

実験期間は3日、7日、21日、42日とし、実験群と対照群の動物を実験期間毎に分割した。それらを乾燥頭蓋観察用(10匹)、非脱灰標本用(5匹)、脱灰標本用(5匹)にそれぞれ分割した。実験期間中、動物には通常のラット用固形飼料(オリエンタル酸母工業社製)と水を十分に与え、自由摂取させた。

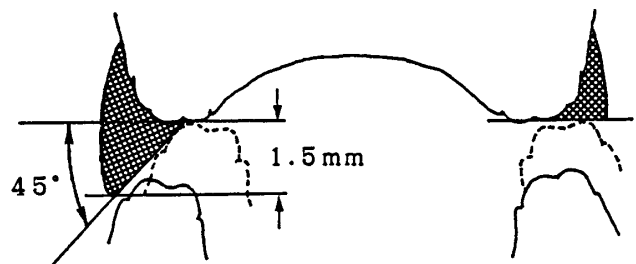
2. 実験方法

1) 側方斜面板装置

本研究に用いた側方斜面板装置は、口蓋前部、左右臼歯部を覆った金属板であり、上顎右側第一、第二臼歯の中心溝より頬側の咬頭を覆い、口蓋側に傾斜した高さ1.5mm、角度45°の斜面板を付与した。下顎閉口時、下顎右側臼歯がこの斜面に沿って滑走するため下顎は左側へ誘導され、その結果、下顎の左側偏位が生じることになる (Fig. 1 a, b)。



a



b

Fig. 1 a: Lateral inclined plane appliance used in this study.

b: Schematic diagram of mandibular lateral shift with this appliance (frontal view). Mandible was shifted to interfered side with inclined plane.

この側方斜面板装置の製作に当っては、ペントバルビタール（ネンプタール，ダイナボット社製）の腹腔内投与による全身麻酔下で，上顎歯列の印象採得を行い，歯列模型を作製し，銀合金（ミロシルバー，GC社製）で鑄造した。

装置装着にあたっては，ペントバルビタールの全身麻酔下で，上顎の左右臼歯の歯冠部を酸エッチング処理した後，オルソマイトスーパーボンド（サンメディカル社製）で合着した。

各実験期間終了後，エチルエーテルを用いて各動物を屠殺した。

2) 観察方法

(1)肉眼的観察

各実験期間毎に乾燥頭蓋標本を作成し，対照群および実験群の左右下顎骨の形態を肉眼的に観察した。

また，下顎頭の最大幅径（内外径）をマイクロゲージ（1/1000mm）にて実測した。

(2)X線写真による距離計測

各実験期間毎に乾燥頭蓋標本を作成し，左右下顎骨の大きさを比較・検討した。X線フィルム（SO-343，コダック社製）上に下顎骨を歯科用ユーティリティワックスで固定し，X線写真を撮影した。撮影条件は管電圧50kvp，管電流25mA，照射時間60秒とした。指定の現像液（D-19）で現像後，万能投影器（V-16D，日本光学工業社製）にて10倍に拡大し，光電式マイクロメーター（CM6，日本光学工業社製）と二次元測定用データ処理システム（DP-851，日本光学工業社製）にてX線写真上で下顎骨の計測を行った。計測点は浅野²⁷⁾の方法に準じて設定し，下顎枝高，下顎長，下顎骨体長，下顎頭長径を計測し，比較・検討した（Fig. 2）。

(3)組織学的観察およびコンタクトマイクロラジオグラムの観察

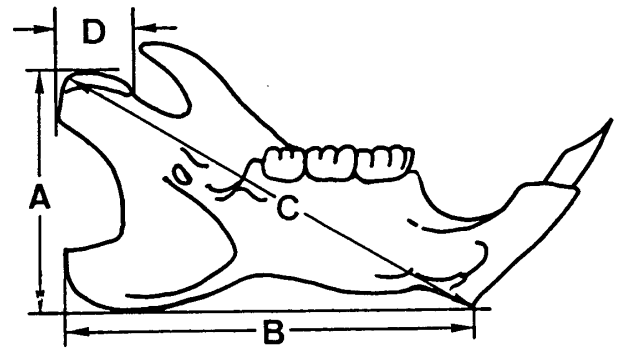


Fig. 2 Measurement of mandible on roentgen film.
A: ramus height, B: mandibular body length,
C: mandibular length, D: condylar length.

組織の固定：屠殺後の動物を直ちに断頭し，頭部皮膚を剝離した後，試料を直ちに10%中性ホルマリン液にて浸漬固定した。

脱灰標本の作製：固定終了後の頭蓋から顎関節部を切出し，プランクリク急速脱灰液で脱灰，通法にしたがいパラフィン包埋し，厚さ4 μ mの前頭断連続切片とした。これらにはヘマトキシリン—エオジン染色を施し，光学顕微鏡を用いて観察した。

コンタクトマイクロラジオグラム（以下CMRと略す）の作製：固定終了後の頭蓋全体を通法によりリゴラックに包埋した。このブロックを低速精密切断器アイソメット（Buehler社製）にて，各々厚さ200 μ mの前頭断の連続的切片とし，砥石研磨によりさらに厚さ60 μ mにまで調製した。この切片から軟X線用フィルム（SO-343，コダック社製）を用い，軟X線装置（SOFTEX-CSM-2型，日本ソフテックス社製）で管電圧7kvp，管電流4mA，距離70mm，照射時間25分の撮影条件で撮影し，指定の現像液（D-19）で20°C，5分間の条件下で現像した。その後，このフィルムを光学顕微鏡を用いて観察した。

III. 結 果

1. 体重変化

実験開始後2日に、実験群は一時的に体重の減少を示した。その後は対照群とほぼ平行な体重増加を示したが、実験群の体重は全期間を通じて、対照群のそれに達しなかった (Fig. 3)。

2. 咬合関係の変化

以下の文中では、側方斜面板を有する右側を干渉側、反対側 (左側) を非干渉側とする。

装置装着直後より全ての実験群で、咬合時に下顎正中線の非干渉側への偏位が観察された。この偏位は、実験初期に著明であり、経時的に減少する傾向があったが、21日と42日を比べると大きな差異はみられなかった。干渉側臼歯部では7日から下顎臼歯の舌側への傾斜が観察された。その後、この舌側傾斜は経時的に著明となり、21日では装置の斜面と舌顎臼歯頬側面が咬合する状態となっていた。なお、非干渉側の咬合関係にはとくに異常は認められなかった。

上顎切歯切縁には非干渉側上方へと向う咬耗面が観察された。この咬耗面の傾斜は、装置の斜面の傾斜よりも小さかった。また、干渉側下顎切歯切縁にも同様の咬耗が認められた (Fig. 4)。

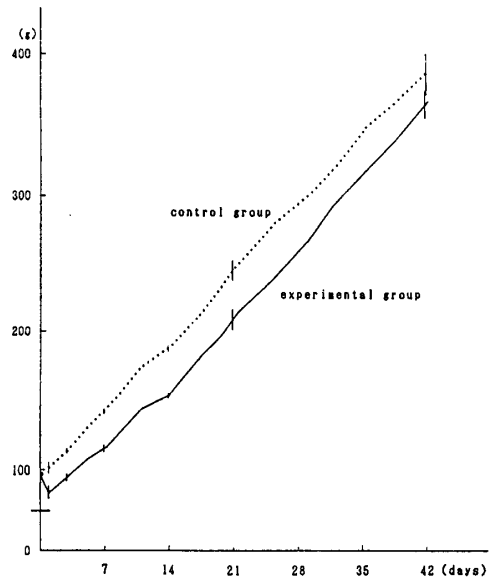


Fig. 3 Body weight changes in experimental and control group during experimental period. Bar means 1 S. D..

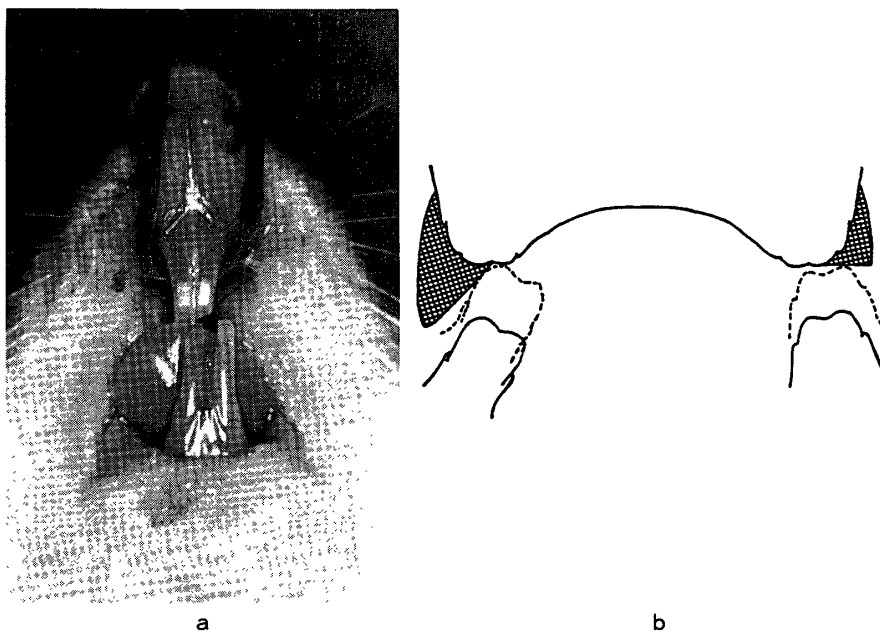


Fig. 4 a: Mandibular lateral shift and wear of incisors in experimental group (21 days after placement of appliance).
b: Schematic diagram showing occlusion of posterior teeth during experiment.



Fig. 5 Mandible of control group.

a and b: 3 days, c and d: 7 days, e and f: 21 days, g and h: 42 days.



Fig. 6 Mandible of experimental group.
a and b: 3 days, c and d: 7 days, e and f: 21 days, g and h: 42 days.

3. 下顎骨の肉眼的観察

対照群における左右下顎骨の形態は、全実験期間を通じ、ほぼ対称であった (Fig. 5 a,b,c, d,e,f,g,h)。

実験群非干渉側の下顎骨の形態は、対照群のそれと大きな差異は認められなかった。そこで以下、実験群の干渉側下顎骨の形態を中心に述べることにする。

実験開始後3日：下顎頭の関節面の形態は、前後に長い楕円形で、後方部が大きい洋梨状を呈しており、対照群との差異は認められなかった。また、下顎枝高においても差異を認めなかった。なお、歯にはとくに異常は認められなかった (Fig. 6 a,b)。

実験開始後7日：下顎頭幅径は対照群よりやや小さく、下顎頭の内側面はやや平坦になっていた。下顎枝の高さは対照群のそれと大きな差異は認められなかった。下顎臼歯にはわずかな舌側傾斜と、それに伴う歯根の露出が認められた。さらに、頬側の歯槽骨には外側への膨隆が認められ、骨面は粗造となっていた (Fig. 6 c, d)。

実験開始後21日：下顎頭幅径は対照群と比較して小さく、実験群の7日のそれと比べても減少が認められた。下顎枝の高さは対照群より低い傾向が伺えた。また、下顎角上下径は対照群より小さく、下顎下縁の平坦化が観察された。臼歯の舌側傾斜はさらに著明となり、頬側歯槽骨の粗造面と外側への膨隆はさらに著明になっていた (Fig. 6 e,f)。

実験開始後42日：下顎頭幅径は対照群に比べて小さかったが、21日のそれより増大していた。また、下顎枝高は対照群と比較して低い傾向を示していた。下顎角の上下径と下顎下縁の平坦化は、21日と比較して差異は認められなかったが、対照群に比べて明らかな差異が認められた。臼歯の舌側傾斜は、21日と同様であった。また、頬側歯槽骨の膨隆は、さらに著明であった

(Fig. 6 g,h)。

4. X線写真による距離計測

対照群と実験群の干渉側および非干渉側の計測結果はFig. 8～Fig.10およびTable 1に示す通りである。

21日の実験群干渉側の下顎枝高 ($9.5 \pm 0.2 \text{mm}$) は、対照群のそれ ($10.1 \pm 0.2 \text{mm}$) よりも有意に小さく ($P < 0.001$)、また、非干渉側のそれ ($9.9 \pm 0.2 \text{mm}$) と比べても有意に小さな値を示した ($P < 0.01$)。さらに、42日の実験群干渉側 ($10.7 \pm 0.3 \text{mm}$) は対照群 ($11.4 \pm 0.2 \text{mm}$) および非干渉側のそれ ($11.3 \pm 0.4 \text{mm}$) よりも有意に小さな値を示した ($P < 0.001$) (Fig. 8, Table 1)。

下顎骨体長および下顎長は、実験期間を通じて両群間で、また、干渉側・非干渉側間で有意差が認められなかった (Fig. 9, Table 1)。

下顎頭長径は、実験群干渉側でやや小さくなる傾向はあるものの、両群間および干渉側・非干渉側間で有意差は認められなかった (Fig. 10, Table 1)。

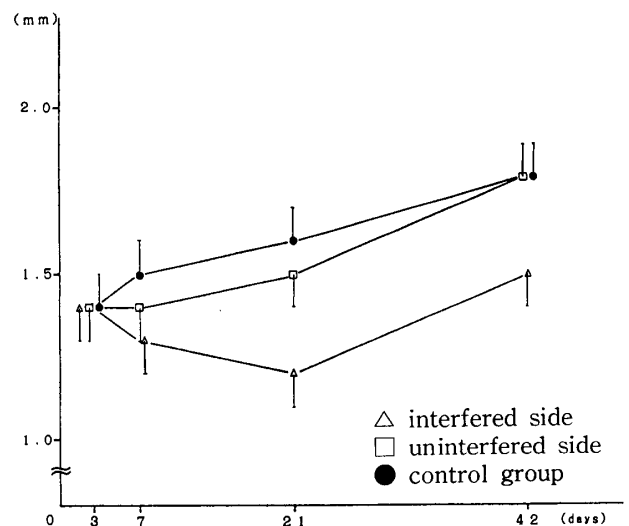


Fig. 7 Changes of condylar width in direct measurement.

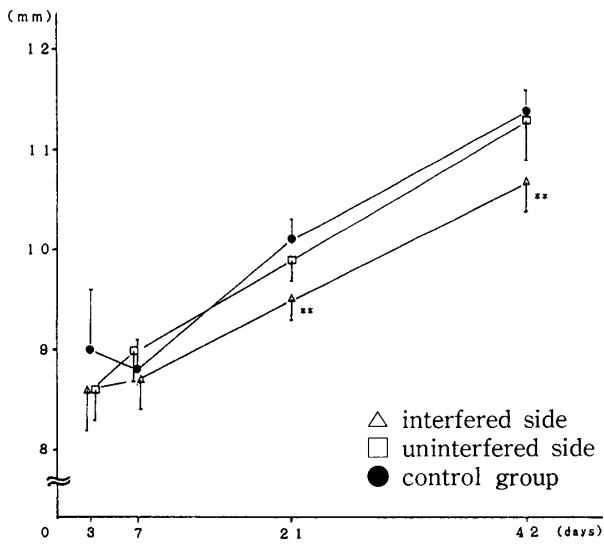


Fig. 8 Changes of ramus height on roentgen film.

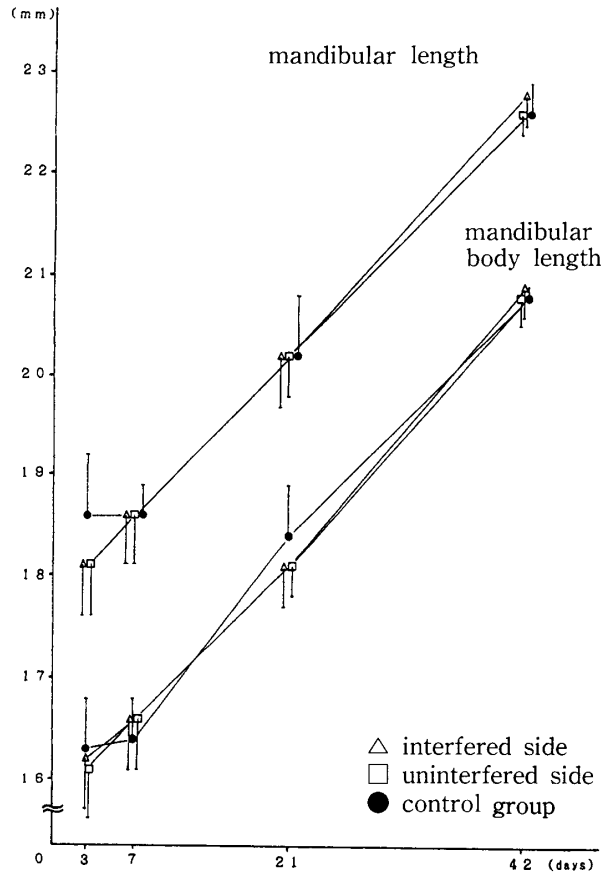


Fig. 9 Changes of mandibular length and mandibular body length on roentgen film.

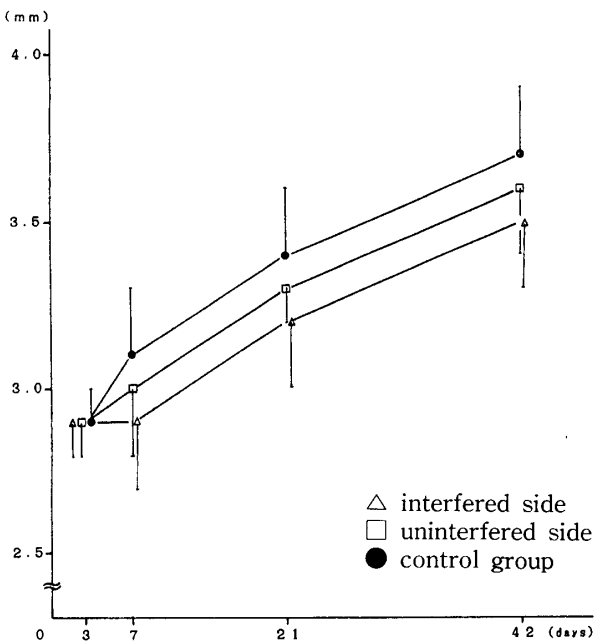


Fig.10 Changes of condylar length on roentgen film.

Table 1 Comparison of linear measurement of mandible between interfered side and uninterfered side in experimental group.

	3 days	7 days	21 days	42 days
ramus height	N.S.	N.S.	*	**
mandibular body length	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
mandibular length	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
condylar length	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

** : significantly different at $p < 0.001$

* : significantly different at $p < 0.01$

N.S. : not significant

5. 組織学的所見およびCMR所見

1) 実験開始後3日

(1) 対照群

脱灰標本所見：下顎頭外形は全体として丸みを帯び、上方部がやや平坦な形態を示していた。軟骨層の厚さは内側から外側まで均一であり、この軟骨層は線維層、増殖細胞層、成熟細胞層、肥大細胞層の4層に区分された。すなわち、線維層は結合組織性の被膜であり、関節腔に近接する部位に2、3層の扁平な線維芽細胞が存在していた。増殖細胞層には、軟骨芽細胞が密に存在しており、細胞分裂を起こしている像がいくつか観察された。増殖細胞層に比べて成熟細胞層の軟骨細胞は大型化し、円形または楕円形を呈していた。関節窩の表層は細胞成分の乏しい線維軟骨で覆われ、硝子軟骨組織へと移行していた (Fig. 11a)。

CMR所見：下顎頭軟骨層の下層には微細

な骨梁像を認め、その骨梁は下顎頸部に向けて次第に太さを増していた。さらに下方にいくにしたがい幅の広い骨梁を認めた。下顎頸部内側および外側では、骨梁像に差異を認めなかった (Fig. 12a)。

(2) 実験群

脱灰標本所見：干渉側の外形を対照群のそれと比較すると、干渉側では下顎頭中央部から内側部分が突出した形態を示していた。また、中央部からやや内側にかけての軟骨層、とくに肥大細胞層で著しい厚さの増加がみられた (Fig. 11b)。非干渉側の軟骨層の厚さは対照群のそれと差異は認められなかった (Fig. 11c)。干渉側および非干渉側の関節円板を含む関節部の軟組織と関節窩に異常所見は認められなかった。

CMR所見：対照群と比較して干渉側、非干渉側とも、骨梁像には差異は認められなかった (Fig. 12b,c)。

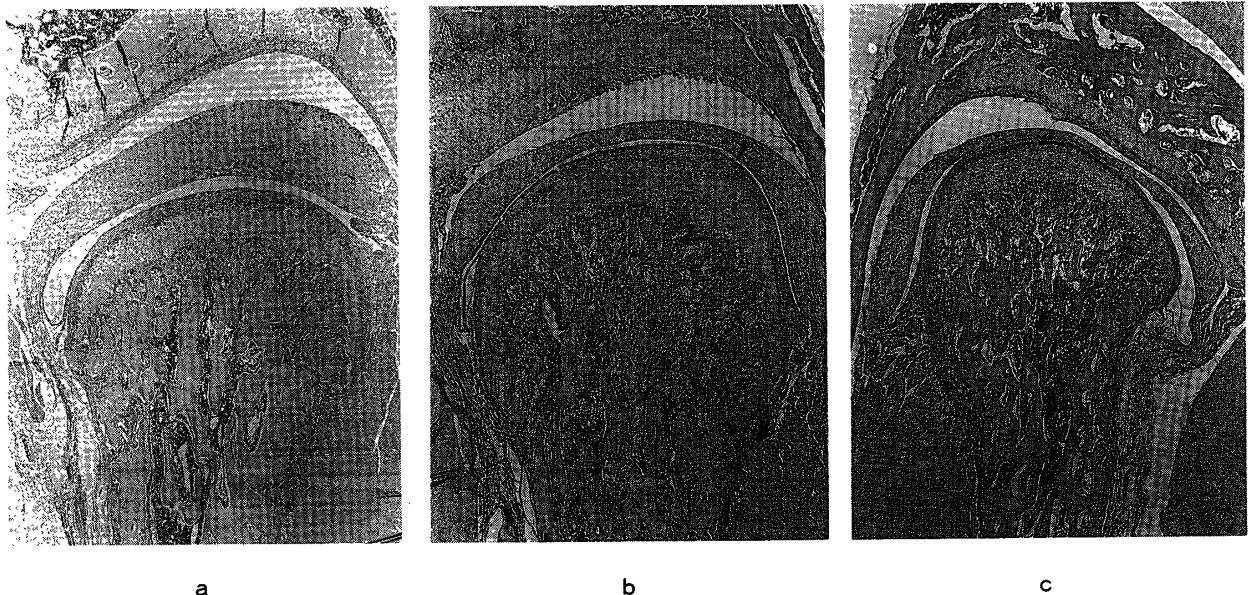


Fig. 11 Frontal views of condyle in 3 days after placement of appliance. (hematoxylin-eosin stain)

a: control group (right side)

b: interfered side in experimental group.

(arrows: increased layer of condylar cartilage)

c: uninterfered side in experimental group.

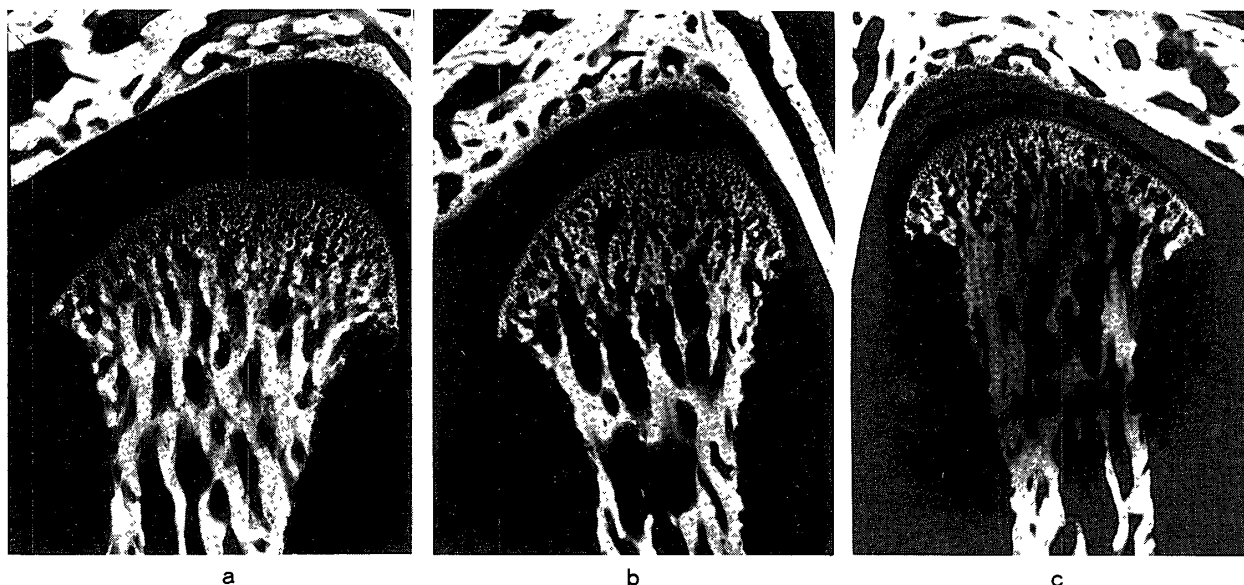


Fig.12 CMR of frontal views of condyle in 3 days after placement of appliance.
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

2) 実験開始後 7 日

(1) 対照群

脱灰標本所見：下顎頭の外形は、対照群の 3 日の所見と比較して、中央部で上方にわずかに突出した形態を示していた。軟骨層の厚さは、全層にわたってほぼ均一であった (Fig.13a)。

CMR所見：3 日の対照群と比較すると、下顎頸部内側の骨梁は外側よりも密であった (Fig.14a)。

(2) 実験群

脱灰標本所見：干渉側において、下顎頭外形は下顎頭内側が圧平され、やや平坦になっていた。また、下顎頭軟骨は対照群の 3 日に

比べて、中央部から内側にかけての成熟細胞層および肥大細胞層には、その厚さの増大が観察された (Fig.13b)。非干渉側下顎頭においては、干渉側に比べては軽度であるが、中央部から内側部へかけての軟骨層の厚さの増大が認められた (Fig.13c)。なお、干渉側、非干渉側ともに、関節円板および関節窩は対照群のそれと異なった所見を示さなかった。

CMR所見：干渉側では対照群に比べ、下顎頸部の骨梁は細く、粗であった (Fig.14b)。非干渉側では、下顎頸部の骨梁は干渉側よりも密であるが、対照群と比較すると粗であった (Fig.14c)。

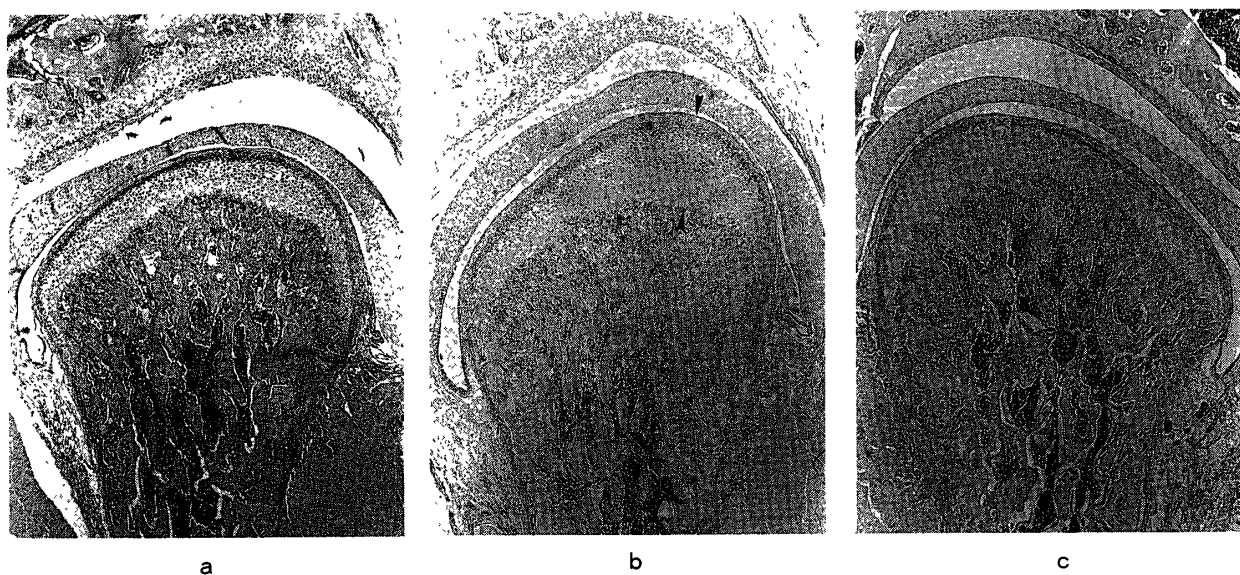


Fig.13 Frontal views of condyle in 7 days after placement of appliance. (hematoxylin-eosin stain)
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

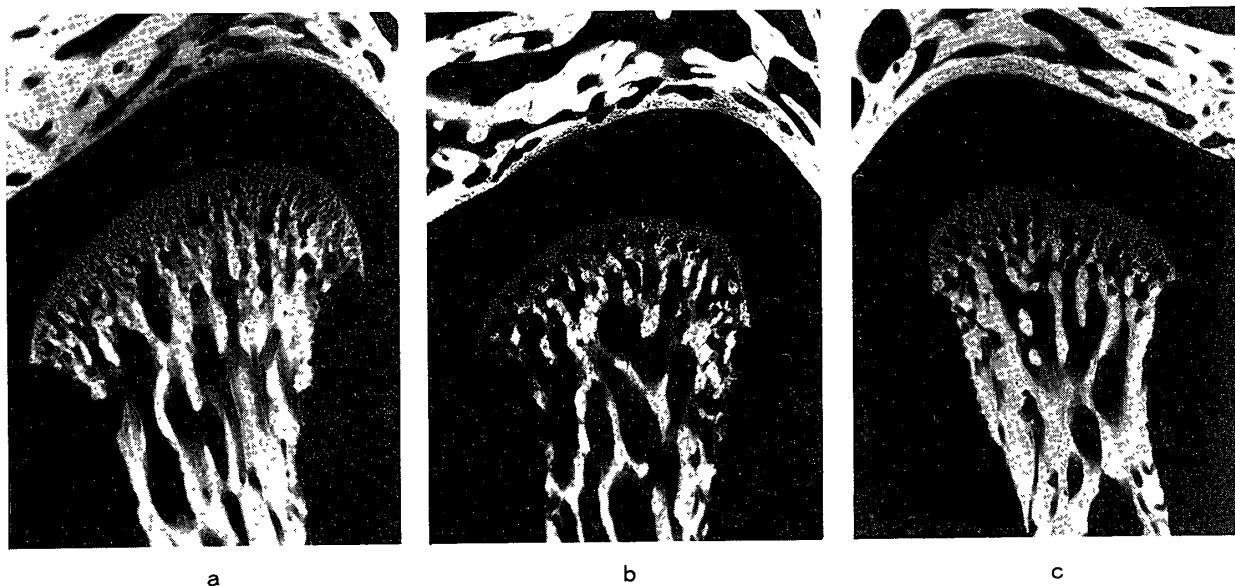


Fig.14 CMR of frontal views of condyle in 7 days after placement of appliance.
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

3) 実験開始後21日

(1) 対照群

脱灰標本所見：下顎頭の外形は3日、7日

よりも丸みを帯びていた。軟骨層では7日に
 比べ、肥大細胞層が厚みを増していた (Fig.
 16a)。

CMR所見：下顎頭部の骨は7日よりも増大していたが、骨梁の構造に大きな差異は認められなかった (Fig.16a)。

(2)実験群

脱灰標本所見：干渉側においては、3日、7日で見られた下顎頭中央部から内側へかけ

ての突出は消失し、全体として丸みを帯びていた (Fig.15b)。非干渉側では、下顎頭の外形は扁平で、軟骨層は全層にわたり均一な厚さであった (Fig.15c)。干渉側および非干渉側の関節円板および関節窩には異常所見を認めなかった。

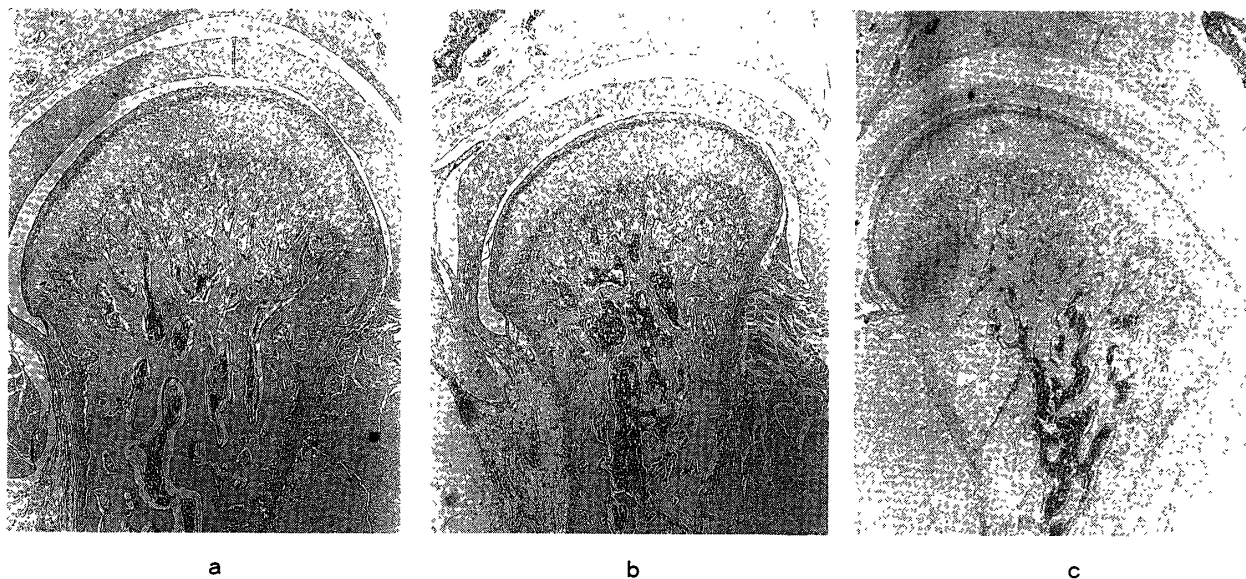


Fig.15 Frontal views of condyle in 21 days after placement of appliance. (hematoxylin-eosin stain)
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.



Fig 16 CMR of frontal views of condyle in 21 days after placement of appliance.
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

CMR所見：対照群と比べ下顎頭部の骨は小さく、また、干渉側と非干渉側の間には、骨梁像に大きな差を認めなかった (Fig. 16b,c)。

4) 実験開始後42日

(1)対照群

脱灰標本所見：下顎頭外形は21日と同様であった。下顎頭軟骨は内側から外側まで均一な厚さで移行していたが、21日と比較すると、厚さを減じていた (Fig.17a)。

CMR所見：下顎頭および下顎頸部では、内側部分で骨梁が密に存在していた (Fig. 18a)。

(2)実験群

脱灰標本所見：干渉側の下顎頭外形は対照

群と類似し、丸みを帯びていたが、対照群に比べて小さかった。下顎頭の軟骨層は全層にわたり均一であった (Fig.17b)。また、非干渉側の下顎頭外形は中央部から外側部にかけて扁平な形態を示していた。下顎頭軟骨は、内側部分では対照群と著明な差を認めなかったが、中央部から外側部分では軟骨層の厚さは減少していた (Fig.17c)。なお、干渉側および非干渉側の関節円板と関節窩には異常所見は認められなかった。

CMR所見：干渉側と非干渉側との間には、骨梁像に差を認めなかった。しかし、対照群と比較すると、下顎頭から下顎頸部に至るまでの骨梁は粗であった (Fig.18b,c)。

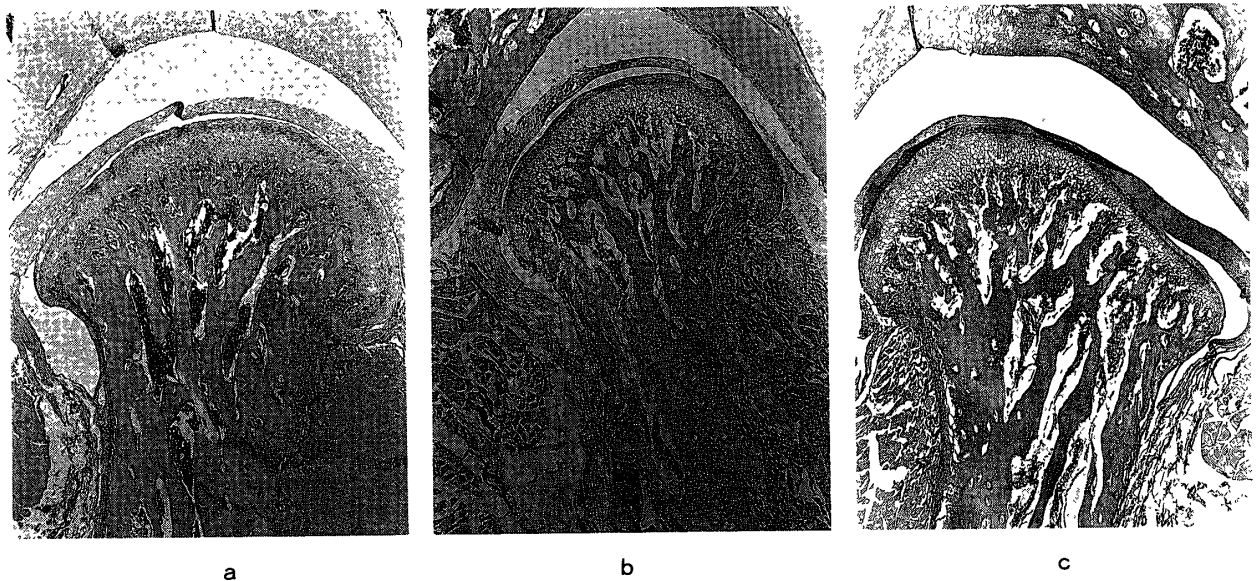


Fig.17 Frontal views of condyle in 42 days after placement of appliance. (hematoxylin-eosin stain)
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

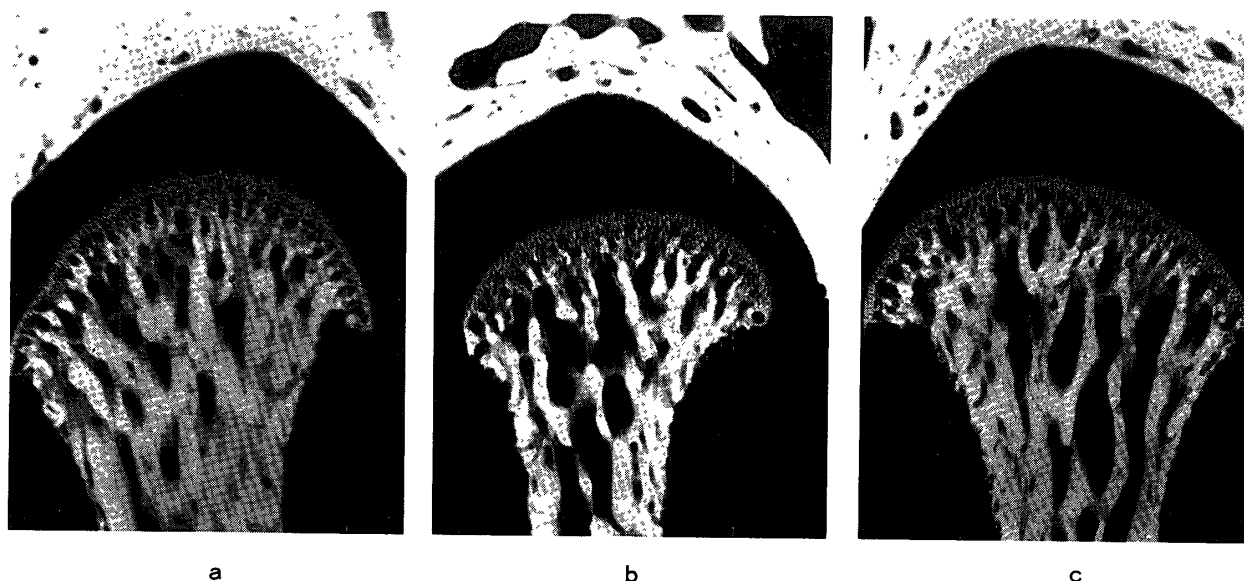


Fig.18 CMR of frontal views of condyle in 21 days after placement of appliance.
 a: control group (right side)
 b: interfered side in experimental group.
 c: uninterfered side in experimental group.

IV. 考 察

本研究の目的は、実際の臨床への関連性から、側方歯部による側方顎偏位が、顎顔面の成長におよぼす影響を検討することである。そこで、成長期ラットの上顎臼歯に側方斜面板装置を装着することにより、咬合時に下顎を左側へ誘導する実験を試みた。

1. 実験方法について

Graber²⁸⁾は、臨床的に下顎の側方偏位は、側方歯部での早期接触により生じ、その結果、顔面の非対称をきたすことを指摘している。一方、山内¹³⁾は、ラットの下顎切歯に斜面板を装着し、顎顔面の成長への影響を報告している。本研究においては、上顎の片側臼歯部に斜面板を付与した側方斜面板装置を装着した。同一期間内ではほとんどの実験群にほぼ同一な肉眼的および組織学的変化が観察され、これらの変化は本装置による側方顎偏位のためであると考えられる。

本研究では、側方顎偏位が下顎骨の成長にお

よぼす影響を検討する方法として、下顎骨の肉眼的観察および距離計測、顎関節部の組織学的観察およびCMRによる観察を行なった。これらの方法により、下顎骨全体の形態を把握し、さらに顎関節部の詳細な変化を観察することができた。

2. 結果について

1) 体重変化について

全身的影響に関して述べると、このような実験系は少なからず実験群に摂食障害を生じさせる場合があり体重の減少を生じる。BlankenshipとRamfjörd¹⁴⁾は、成熟期サルに下顎の実験的側方偏位を起こした時、サルは数ヵ月の間に急激な体重減少を示し、体重が増加し始めるまでに約12ヵ月間を要したと報告した。山内¹³⁾も、実験動物において装置装着直後に体重が減少し、その後対照動物との差はさらに広がったと述べている。本研究でも実験の初期に一時的に体重が減少し、その後、体重は増加したが、対照群のレベルにまでは回復しなかった。このことから、実験群の咀嚼様式は、ある程度まで装置に適応

していくものの、実験終了時までなお軽度の咀嚼障害が残存していたことが推察される。

2) 咬合関係の変化について

実験群では全期間を通じて、咬合時に下顎切歯正中線が非干渉側方向へ偏位し、上顎の両側切歯切縁が非干渉側の上方へ傾斜した咬耗を生じていた。この原因としては、咬合時に下顎が干渉側臼歯部の側方斜面板に誘導され、咬合平面が非干渉側上方へ傾斜した状態で咬合していることが考えられた。また、切歯正中線の偏位は実験開始後3日にはかなり大きく、その後、減少していく傾向にあったが、21日と42日では差を認めなかった。これは7日から観察された干渉側下顎臼歯の舌側傾斜により、偏位が緩和されたことによると考えられる。

実験群において7日から干渉側の下顎臼歯の舌側傾斜が認められ、その後、次第にその程度が強くなっていった。この原因として、干渉側の下顎臼歯が斜面板と接触した際に、下顎臼歯を内側に傾斜させる側方力が作用したことが考えられる。これに加えて、装置により両側の上顎臼歯が連結・固定されているため、上顎の側方成長が阻害されているのに対し、下顎の歯列弓幅は成長に伴い拡大し、咬合関係の不調和が生じたためと考えられた。

3) 下顎骨の肉眼的観察および距離計測結果について

本研究では、実験群の干渉側下顎骨で著明な変化が生じていた。すなわち、下顎頭幅径と下顎枝高の値が対照群に比べて小さく、下顎骨の成長が抑制されていることが判明した。また、下顎角部の矮小化と下顎下縁部の平坦化が観察された。下顎骨の成長に対する筋機能の影響を調べる実験的研究として、深沢と坂本²⁾、深沢と三谷⁴⁾は、成長期ラットの閉口筋を切除する実験を行なった。そして、下顎骨の全体的な成長の抑制と下顎角部と筋突起の矮小化が生じたことを報告し、その原因として、閉口筋機能は下

顎枝、とくに筋の付着する下顎角部や筋突起に対して著しい影響をおよぼすと結論した。実際に、本研究でもこのような下顎の発育異常が認められたが、その理由には筋機能の低下が推測される。このことは、本研究で観察された咬筋付着部や下顎下縁の平坦化により伺われる。また、黒江²⁴⁾は、液状飼料により飼育したマウスについて下顎骨の形態を2週齢から60週齢まで経時的に調べている。その結果、下顎長には変化がみられないが、下顎枝高、下顎頭長径、下顎頭幅径の減少が著しいと報告している。本研究の結果においても干渉側で下顎枝高と下顎頭幅径の値が著しく低値を示しており、干渉側での咀嚼機能の低下が下顎骨の成長抑制の主因であると考えられる。

Petrovicら¹⁰⁾は成長期ラットの切歯に下顎を前方に誘導させる斜面板装置を装着し、下顎の前後的な成長が促進されたと報告している。また、Kantomaa⁸⁾は成長期ラット外側翼突筋を電氣的に刺激し、同様な所見を報告している。本研究では下顎の前後的な長さを示す、下顎長、下顎骨体長、下顎頭長径については対照群と実験群の間に、また、実験群の両側間で差を認めなかった。すなわち、本研究の斜面板装置は下顎の前後的な運動には変化を生じさせないため、前後的な成長に影響がおよばなかったと考えられる。また、山内¹³⁾は、成長期ラットを用い、切歯斜面板により下顎を左側に偏位させた。その結果、左側の下顎頭の後方部が圧平され、右側に比して下顎長が減少することを示した。本研究では、実験群の両側の下顎長に差がなく、下顎頭後方部の形態にも差異はみられなかった。このことから、ラットの側方顎偏位に関する実験においては、山内のごとく左右の下顎骨を連結した場合には、下顎全体が回転し、下顎頭後方部が圧迫されるために下顎長が短縮するのに対して、本研究のごとく下顎骨を正中部で連結しない臼歯部のみの誘導においては、回転

力が正中中部で緩衝されるため、下顎長には変化が生じなかったと考えられる。

4) 組織学的観察について

ラットの下顎頭の正常成長について、Durkinら³⁰⁾、三木³¹⁾、森田³²⁾などが検討している。三木は胎生11日から540日齢について、森田は出生直後から70日齢まで観察した。本研究の対照群は、28日齢(実験開始後3日)から70日齢(実験開始後42日)のものであるが、組織学的に彼らの所見と一致していた。

高橋⁷⁾は、成長期ラットの外側翼突筋を電氣的に刺激し、下顎の成長への影響を観察した結果、下顎頭中央部軟骨層の厚さの増加をみた。そして、これを機能的圧縮力の増加に伴う変化とした。本研究において、実験群干渉側は、3日、7日で成熟細胞層、肥大細胞層の厚さの増大により下顎頭の中央部から内側部にかけて上方に突出した外形を示した。この下顎頭の軟骨層の厚さの増加は、側方顎偏位による干渉側下顎頭の内側への移動による機能的圧縮力の増加に適應した反応であると考えられる。また、21日と42日の所見ではその厚さが均一になっていたことから、下顎頭に加わる機械的刺激に対する順応と、干渉側における咀嚼機能の低下に伴う咬合圧の減少が考えられる。

側方顎偏位を行った実験的研究では、BlankenshipとRamfjord¹⁴⁾が成熟期サルの上顎右側犬歯を抜去後、金属製のsplintを装着し、残存した上顎左側犬歯による右側への顎偏位を惹起させ、偏位側(右側)における下顎顎部の外側への骨添加を報告している。また、Curtisら¹⁵⁾は、成熟期サルを用いて、両側下顎臼歯部に斜面を有するsplintを装着し、両側の下顎顎部における骨濃度の増加をCT像上で観察している。しかし、本研究では、上記のような非干渉側下顎顎部の骨添加は認められなかった。この理由として、BlankenshipとRamfjord¹⁴⁾やCurtisら¹⁵⁾の報告と異なり、本研究では(1)成長

期ラットを使用したため、下顎頭軟骨の環境変化に対する適應能力が高かったこと、(2)ラットの下顎骨は対骨であり、側方偏位の影響が正中結合部で緩和されること、が考えられた。

山内¹³⁾は、成長期ラットに切歯斜面冠を装着し、下顎を左側に偏位させ、下顎頭の成長量を、鉛による生体染色により検討した。その結果、左側の成長量が右側に比べて劣っていたと報告した。本研究では干渉側の下顎頭の大きさが非干渉側に比べて小さかったが、このことは実験に用いた側方偏位方法が異なることに起因していると考えられる。

以上のことから、本研究における干渉側下顎骨の成長抑制には、閉口筋機能の低下が重要な因子として考えられた。このことに関して、山田²⁶⁾は、成長期ラットの咬合を実験的に挙上し、咬筋付着部を組織学的に観察した。その結果、下顎骨下縁で下方への成長が抑制されたことを報告している。また、深沢と坂本²⁾、深沢と三谷⁴⁾は前述のごとく成長期ラットの閉口筋を切除し、下顎角と筋突起の矮小化が生じたことを報告している。本研究においても、ラットの閉口を主導する咬筋付着部に同様の変化が認められたことから、干渉側の筋機能の低下が推測される。

また、本研究では、これまでの多くの報告でみられるような、非干渉側下顎骨の変化は認められなかった。この大きな理由としては、ラットは正中中部で左右の下顎骨が線維性に結合しているため、可動性であることが挙げられる。このために、干渉側の顎偏位が正中結合部で緩衝され、非干渉側にはおよばなかったことが考えられる。また、この原因を除去した後に、これらの変化がどのように回復していくかについては、今後の検討課題としたい。

V. 結 論

成長期ラットを用い、上顎臼歯部に側方斜面

板装置を装着することにより側方歯部での誘導による側方顎偏位を惹起し、下顎骨の成長におよぼす影響について検討し、以下の所見を得た。

1. 歯性の変化として、側方斜面板と咬合する干涉側下顎臼歯に舌側傾斜が認められた。この傾斜は経時的に増大していた。また、下顎正中線の非干涉側への偏位と、上顎切歯切縁の非干涉側上方へと向う咬耗面を認めた。
2. 肉眼的観察および下顎骨の距離計測から、実験初期には下顎骨の形態に大きな差異はみられなかったが、7日、21日、42日に干涉側下顎頭幅径は対照群に比して低値を示した。また、21日、42日の下顎枝高は対照群に比して低値を示し、下顎角部の矮小化が認められた。しかしながら、全実験期間を通じて、非干涉側には大きな形態的变化はみられなかった。
3. 組織像では、3日と7日の干涉側下顎頭内側における軟骨層の厚さの増大をみたが、21日と42日では、その差は認められなかった。非干涉側では、21日と42日において、軟骨層の厚さは減少し、下顎頭外形は外側でやや圧平された形態を示した。

以上のことから、本実験の初期には側方顎偏位により、干涉側の下顎頭軟骨に厚さの変化が生ずる。その後、この変化と筋機能の低下が相俟って、干涉側下顎枝の上下的成長が抑制され、その後の下顎骨の非対称性が生じたことが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究の機会を与えて下さり、終始ご懇篤なるご指導ならびにご校閲を賜りました、東日本学園大学歯学部矯正歯科学講座石井英司教授に深甚なる感謝の意を表しますとともに、ご教示、ご校閲を賜りました歯学部口腔外科学第一講座金澤正昭教授、歯学部口腔解剖学第一講座矢嶋俊彦教授、歯学部

歯科補綴学第一講座平井敏博教授に心から深謝致します。また本研究を進めるにあたり、種々のご援助を頂きました矯正歯科学講座の諸先生方に、心からお礼申し上げます。

文 献

1. 深沢裕文：閉口運動に関与する筋群切除後のラット下顎頭の成長発育に関する研究、日矯歯誌, 39:303-318, 1982.
2. 深沢裕文, 坂本敏彦：閉口運動に関与する筋群切除後のラット下顎骨の成長発育に関する形態学的研究、日矯歯誌, 41:521-530, 1980.
3. 深沢裕文：ラット下顎頭の成長発育に対する筋機能の影響、日矯歯誌, 43:478-496, 1984.
4. 深沢裕文, 三谷英夫：筋機能減退後の幼若ラット下顎骨形態形成変化の特異性、日矯歯誌, 44:339-350, 1985.
5. Goret-Nicaise, M., Awn, M. and Dhem, A.: The morphological effects on the rat mandibular condyle of section of the lateral pterygoid muscle, *Eur J Orthod* 5:315-321, 1983.
6. Whetten, L.L. and Johnston, I.E.: The control of condylar growth: An experimental evaluation of the role of the lateral pterygoid muscle, *Am J Orthod Dentfac Orthop* 88:181-190, 1981.
7. 高橋一郎：ラット外側翼突筋の活動性が下顎頭軟骨の成長発育に及ぼす影響に関する組織学的研究、日矯歯誌, 50:368-382, 1991.
8. Kantomaa, T.: The effect of electrical stimulation of the lateral pterygoid muscle on the growth of the mandible in the rat, *Proc Finn Dent Soc*, 78:215-219, 1982.
9. 今村正史：下顎を偏位させた際のラット下顎頭軟骨の反応、口病誌, 40:457-475, 1973.
10. Petrovic, A., Stutzman, J. and Oudet, C.: Control Processes in postnatal growth of condylar cartilage of the mandible. In McNamara, J.A., Jr., editor: *Determinants of mandibular form and growth*, Monograph 4, Craniofacial growth series, 101-153, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, University of Michigan,

- 1975.
11. McNamara, J.A., Jr. and Carlson, D.S. : Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function, *Am J Orthod* 76:593-611, 1979.
 12. Sergl, H.G. and Farmand, M. : Experiments with unilateral bite planes in rabbits, *Angle Orthod* 45:108-114, 1975.
 13. 山内和夫：顎顔面の形態形成における鼻・口腔機能のかかわり, *日矯歯誌*, 41:580-615, 1982.
 14. Blankenship, J.R. and Ramfjörd, S.P. : Lateral displacement of the mandible in Rhesus monkeys, *J Oral Rehabil* 3:83-99, 1976.
 15. Curtis, D.A., Nielsen, I., Kapila, S. and Miller, A.J. : Adaptability of the adult primate craniofacial complex to asymmetrical lateral forces, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100:266-273, 1991.
 16. Tonge, E.A., Heath, J.K. and Meikle, M.C. : Anterior mandibular displacement and condylar growth, An experimental study in the rat, *Am J Orthod* 82:277-287, 1982.
 17. Ramfjörd, S.P. and Blankenship, J.R. : Increased occlusal vertical dimension in adult monkeys, *J Prosthet Dent* 45:74-83, 1981.
 18. Gianelly, A.A., Ruben, M.P. and Risinger R., Effect of experimentally altered occlusal vertical dimension on temporomandibular articulation, *J Prosthet Dent* 24:629-635, 1970.
 19. Ramfjörd, S.P. and Hiniker, J.J. : Distal displacement of the mandible in adult rhesus monkeys, *J Prosthet Dent* 16:491-502, 1966.
 20. Hiniker, J.J. and Ramfjörd, S.P. : Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys, *J Prosthet Dent* 16:503-512, 1966.
 21. Ramfjörd, S.P. and Enlow, R.D. : Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys: Long-term observations, *J Prosthet Dent* 26:517-531, 1971.
 22. Ghafari, J. and Degroote, C. : Condylar cartilage response to continuous mandibular displacement in the rat, *Angle Orthod* 56:49-57, 1986.
 23. Hinton, R.J. and McNamara, J.A., Jr., : Temporal bone adaptation in response to protrusive function in juvenile and young adult rhesus monkeys (*Macaca mulatta*), *Eur J Orthod* 6:155-174, 1984.
 24. 本澤興人：咬合挙上が下顎頭軟骨の微細構造に及ぼす影響, *日矯歯誌*, 48:29-47, 1989.
 25. Vardimon, A.D., Stutzman, J.J., Graber, T.M., Voss, L. R. and Petrovic, A.G. : Functional orthopedic magnetic appliance (FOMA) II-Modus operandi, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 95:371-381, 1989.
 26. 山田一尋：咬合挙上に伴う下顎骨咬筋深層付着部の変化に関する組織学的研究, *日矯歯誌*, 44:611-625, 1990.
 27. 浅野央男：ラット下顎骨成長に及ぼす外力の影響について, *日矯歯誌*, 44:19-30, 1985.
 28. Graber, T.M. : *Orthodontics, Principles and Practice*, 3rd ed., 668-708, W.B. Saunders Co., Philadelphia, London, 1972.
 29. 黒江和斗：下顎頭と下顎窩の加齢変化に及ぼす咀嚼の影響, *日矯歯誌*, 50:196-209, 1991.
 30. Durken, J.F., Heeley, J.D. and Irving, J. T. : *Temporomandibular joint function and dysfunction I*, *Oral sciences reviews* 2, 29-99, Denmark, Munksgaard, Copenhagen, 1973.
 31. 三木 毅：ラット顎関節の発生並びに発育に関する研究, *京大口科紀要*, 12: 1-30, 1972.
 32. 森田修一：ラット下顎頭軟骨の生後発育に関する微細構造学的, 細胞化学的研究, *日矯歯誌*, 41:171-201, 1982.