

Osteotomyを併用した実験的歯牙移動が歯周組織 ならびに下顎頭に与える影響

豊 田 弘 政

朝日大学歯学部歯科矯正学講座 (主任：丹羽金一郎教授)

抄録 この研究は、歯牙移動に対する様々な荷重およびosteotomyの有効性について比較検索した。

実験動物には体重約10~15kgの雄性雑種成犬7頭を用い、事前に矯正装置を作成、下顎両側第4前臼歯の抜歯と同時に右側第3前臼歯遠心部に約2mm、4mmの歯間osteotomyを施し、矯正装置を装着した。この際移動期間は21日間とし、第1後臼歯の近心移動および第3前臼歯の遠心移動には300gと700gの2種類の荷重を加えた。21日目計測後屠殺し、通法に従いホルマリン固定、脱灰、シオジリン包埋を行い顕微鏡標本を作成した。

結果として移動距離では、osteotomy 2mmを施し300g荷重を加えたグループを除き、osteotomyした全例において対照群より大きな値を示した。osteotomy量による違いは、300g荷重時にosteotomy 4mmを行った実験群の方がosteotomy 2mmを行った実験群より約2倍歯牙移動したが、700g荷重時には両者間に差が認められなかった。また、osteotomyを施すことにより荷重に関係することなく第1後臼歯の近心移動はほとんど生じなかった。荷重の違いにおいて300g実験群では持続的な荷重力による組織反応が、700g群では一過性の荷重力による組織反応が認められた。これらの結果、荷重の違いとosteotomy量とは関連があることを示していた。

また、組織学的に300g群osteotomy 2mm施行群では牽引側で骨添加が少なく圧迫側で一層の吸収像を呈し、700g群、300g群osteotomy 4mm施行群では牽引側で著しい骨形成が行われると同時に圧迫側で一旦吸収された後に急速に骨添加された像が認められた。また、700g群ではジグリングが生じ本来牽引側である歯頸部で骨添加、根尖側で骨癒着と相反する組織反応像が観察された。実験歯に隣在する第2前臼歯と第2後臼歯では根分歧部、槽間中隔部の組織所見が実験歯の移動方向に対し、逆方向に骨改造現象が認められた。この原因として犬の槽間中隔はヒトより数倍広く、解剖学的に歯根が複根で、かつ互いに開離していることが考えられた。また、osteotomy部では周囲より内部へ活発な骨芽細胞による骨新生が認められたが、顎関節部においては、対照群、実験群とも肉眼的並びに組織学的変化は認められなかった。

以上の結果から移動歯移動側にosteotomyを併用することにより治療期間短縮を望む患者に対しより早く、より大きな移動が可能であることが判明した。

キーワード：オステオトミー(歯槽部骨切離術)、実験的歯牙移動、骨のリモデリング

緒 言

不正咬合の治療上著しい歯の位置異常を伴う症例ではその異常を改善するためある特定の歯を抜去し、同部位へ隣在歯を移動させる手法が用いられる。この方法による成人の治療期間は若年者の約2倍の期間を必要とする。また、日常临床上、成人の矯正患者では治療期間短縮を希望する者が多い。しかし、従来の歯牙

移動法では治療期間を短縮する事が不可能であり、そこで考えられた術式が隣在歯の歯牙移動前にcorticotomy(歯槽部皮質骨切離術)を同部位に併用する方法であり、症例も多数報告され¹⁻²⁹⁾、動物実験でも検索されている³⁰⁻³⁷⁾。Bell³⁷⁾はone stage法という条件下ではあるがcorticotomyを行った結果、骨内と歯髓の血液循環が損なわれたと報告している。このことからこれらの為害作用を避けるために移動歯移動側のみにosteotomy(歯槽部骨切離術)を併用した場合どれだけの矯正力を働かせるとより効率的に該当歯を移動でき

本論文の要旨は、第135回岐阜歯科学会例会(平成12年11月25日、岐阜)において発表した。
(平成13年4月17日 受理)

るかはいまだに明らかにされてない。また、成人で短期間に咬合高径を変化することにより顎関節組織に副作用が生じないかも不明である。

そこで本研究では移動側のみにosteotomyを行った

後に矯正力として考えられる300gと弱い顎整形力として考えられる700gの2種類の荷重で歯牙移動を行った際に生じる歯周組織変化と顎関節に対する影響を肉眼的、X線学的ならびに組織学的に検討を行った。

実験材料および方法

1. 実験動物と方法

全身的及び口腔内に特に異常を認めない体重約10～15kgの雑種雄性成犬7頭を用い、抜歯とosteotomy施行前に矯正装置を作製、下顎両側第4前臼歯の抜歯と同時に右側第3前臼歯遠心部に約2mmと4mmの歯間osteotomyを施し、矯正装置を装着、osteotomy併用群(以下実験群と略す)とosteotomy非併用群(以下対照群と略す)の2群を設定し同時に下顎頭を含め観察した。この際移動期間は21日間とし、第1後臼歯の近心移動および第3前臼歯の遠心移動には300gと700gの2種類の荷重を加えた。21日目の計測後屠殺し、通法に従いホルマリン固定、脱灰、シオジリン包埋を行ない顕微鏡標本を作成した。なお、動物は独立したゲージに入れ実験期間中食餌の物理的刺激を出来るだけ除くため飼料は犬用の固形飼料を水にて軟化させて与えた。また、実験期間中毎日0.2%クロロヘキシジングルコネート(ネオステリングリーン、日本歯科薬品)にてブラッシングを行った。

2. osteotomyの術式

実験歯には下顎第3前臼歯を用い、右を手術側、左を対照側とした。手術は塩酸ケタミン(ケタラール[®]50、三共製薬)10～20mg/kg筋肉内注射にて麻酔導入後、ペントバルビタールナトリウム(ネンプタール[®]、大日本製薬)25mg/kg静脈麻酔による全身麻酔下と塩酸リドカイン(歯科用2%キシロカイン[®]、藤沢薬品)による局所麻酔下で行った。下顎第4前臼歯抜歯後すぐに下顎第3前臼歯遠心側に粘膜骨膜弁を形成し骨面を露出した。骨切開にはZEKRTA BAR(メルファー社製)、オブチカ・マイクロモーター/40CK-LUX(ヨシダ社製)、101 SL CAハンドピース(ヨシダ社製)、スーパーロード9000(ヨシダ社製)を用いて注水下で行った。骨切離量により二つのグループに分類し、それぞれをosteotomy 2mm施行グループ(以下O-2グループと略す)、osteotomy 4mm施行グループ(以下O-4グループと略す)とした。実験歯(右側第3前臼歯)の遠心側の槽間中隔部を歯頸部から垂直に根尖部付近まで頬舌側が完全に穿通するようosteotomyを行った。手術後はセフェム系抗生物質セファロチンナトリウム(ケフリン[®]、シオノギ製薬)混入の水溶液で手術部位を洗浄、感染予防のため合成ペニシリン製剤(ペントシリン[®]筋注用、富山化学工業)100mg/dayを術後約1週間筋肉内注射を行った。

3. 矯正装置の作製と装着

両側第3前臼歯、第1後臼歯支台歯形成後、通法に

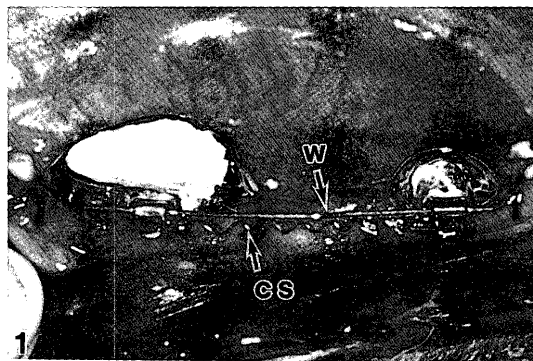


Fig. 1. Orthodontic appliance-.017×.025ss Wire (W) and Ni-Ti closed coil spring (CS).

従い12%金銀パラジウム合金にて作成した全部铸造冠に.018×.025インチのチューブを鍍着、両歯間に.017×.025インチのステンレススチールを通し、矯正力はチューブに付加しているフック間にクロード・コイルスプリング(NI-TI extension spring, ORMCO社製)を付けることによって与えた(Fig. 1)。なお、荷重の測定には矯正用のtension gauge(OHBA SIKI社製)を用いて行った。また、できるだけ持続的で一定な力が付加するよう、計測日ごとに微調整した。装置装着は、対照群では下顎左側第4前臼歯抜歯、実験群では下顎右側第4前臼歯抜歯と右側第3前臼歯遠心側osteotomy施行直後歯科用レジン系セメント(スーパーボンド、サンメディカル株式会社)にて合着、セメント硬化後直ちに荷重を加えた。抜糸は術後1週間目に全身麻酔下にて行った。また、第1後臼歯全部铸造冠は対合歯との咬頭干渉を避けるため頬側2/3を開窓すると同時に、対合歯は生活歯髄切断後、局所的に削合した。

4. 歯牙移動量の計測方法

歯牙移動は以下の3カ所で計測した(Fig. 2)。

1) 第1後臼歯と第3前臼歯ブラケット間

矯正装置装着日より1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 15, 21日目に、第1後臼歯のチューブ遠心と第3前臼歯のチューブ近心間距離を1/20副尺付デンタルノギス(NSK[®]MAX/CAL, 日本測定工具社製)にて計測した。

2) 第2前臼歯と第3前臼歯間

装置装着時に第2前臼歯、第3前臼歯咬頭頂にピンホールを作成し、ピンホール間の距離を同様な方法で計測した。

3) 第1後臼歯と第2後臼歯間

両隣在歯間の距離を計測した。

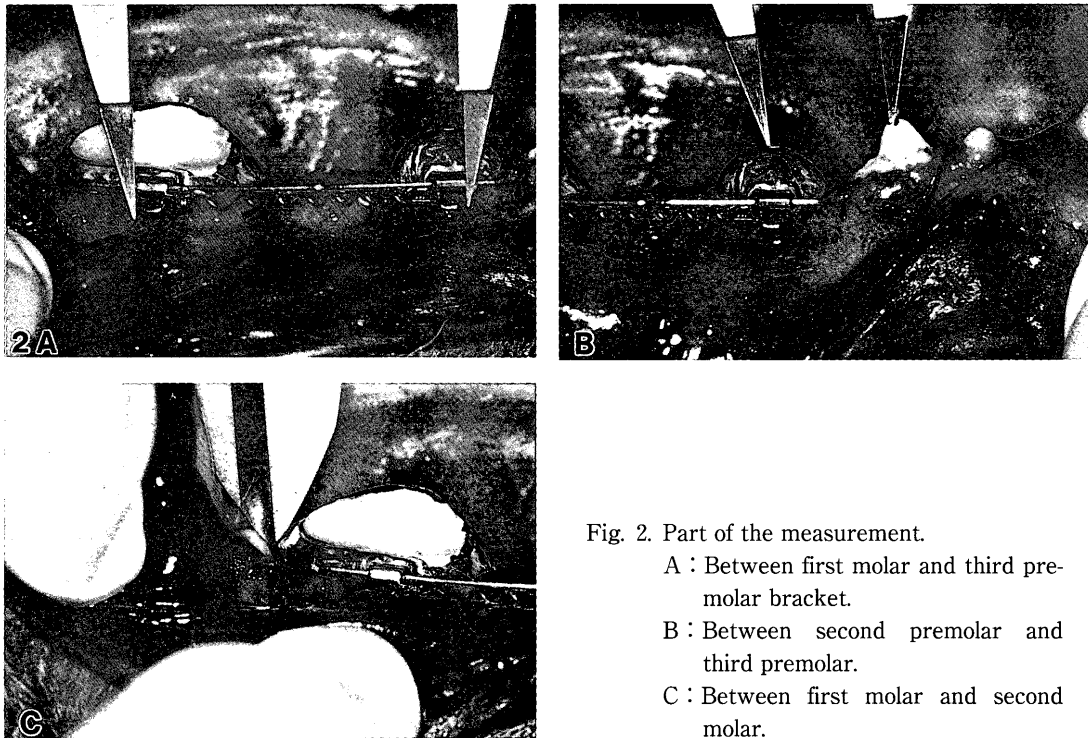


Fig. 2. Part of the measurement.

- A : Between first molar and third pre-
molar bracket.
B : Between second premolar and
third premolar.
C : Between first molar and second
molar.

5. デンタルX線写真

歯科用X線フィルム(コダック社製)と移動歯歯軸が平行でかつ一定規格にするために、撮影インジケターII型(CID-2, 阪神技術研究所社製)を利用したX線規格撮影ホルダーを用いた。X線撮影装置には、DFW-20(朝日レントゲン工業社製)を用い、管電圧60Kv, 管電流10mA, X線照射時間0.5sとし、デュール・X線フィルム自動現像器XR-24(ヨシダ社製)にて現像(20℃, 5分)を行った。

6. 組織標本作製

21日目の諸検査後、第1後臼歯と第3前臼歯および顎関節部を部分切除し、14日間10%中性ホルマリン緩衝液にて固定後、Plank Rychlo法にて脱灰、通法に従って20~25 μ mのシオジリン連続切片を矢状断で作成、染色法には、Hematoxylin・Eosin二重染色(以下HE染色と略す)、Azan・Mallory染色(以下Azan染色と略す)、Masson・Gomori変法三重染色(以下Masson染色と略す)を施し、光学顕微鏡下にて組織学的に検索を行った。

実験結果

1. 肉眼的観察所見

抜歯窩ならびにosteotomy部周囲の歯肉は手術時骨膜剥離、粘膜縫合により発赤、腫脹がみられたが、経時的に発赤、腫脹等の炎症症状は改善され、手術1週間後すなわち抜糸時には周囲の健全な歯肉と差が認められなくなった。また、矯正装置周辺の食残渣は食餌後毎回ブラッシングを行ったため実験期間中認められなかった。

2. 距離計測(Fig. 3, 4)

1) 第1後臼歯と第3前臼歯ブラケット間

対照群300gでは1日目で約0.27mm, その後個体差はあるがプラトーな時期があり21日目で約0.55mmであった。700gでは1日目で約0.23mm, その後個体差はあるが300gと同様プラトーな時期があり21日目で約0.64mmであった。

実験群300gO-2グループでは1日目で約0.33mm, その後、経時的に移動し21日目で約0.5mmであった。

300gO-4グループでは1日目で約0.65mm, その後300gO-2グループと同様経時的に移動し21日目で約0.95mmであった。700gO-2グループでは1日目で約0.65mm, その後個体差はあるが経時的に徐々に移動し21日目で約0.9mmであった。700gO-4グループでは1日目で約0.6mm, その後700gO-2グループ同様経時的に徐々に移動し21日目で約0.9mmであった。

2) 第2前臼歯と第3前臼歯間の計測

対照群300gでは1日目で約0.01mm, 2日目で約0.14mm移動したもののその後個体差はあるがプラトーな時期があり21日目で約0.21mmであった。700gでは1日目で約0.06mm, 2日目で約0.22mm移動したもののその後個体差はあるが300gと同様プラトーな時期があり21日目で約0.34mmであった。

実験群300gO-2グループでは1日目で約0.3mm, その後経時的に移動し21日目で約0.48mmであった。300gO-4グループでは1日目で約0.72mm, その後

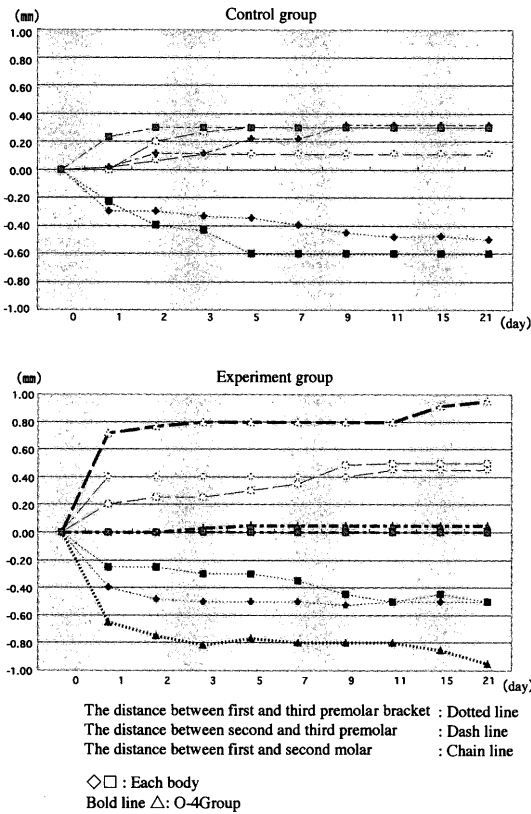


Fig. 3. The distance of tooth movement with 300g force.

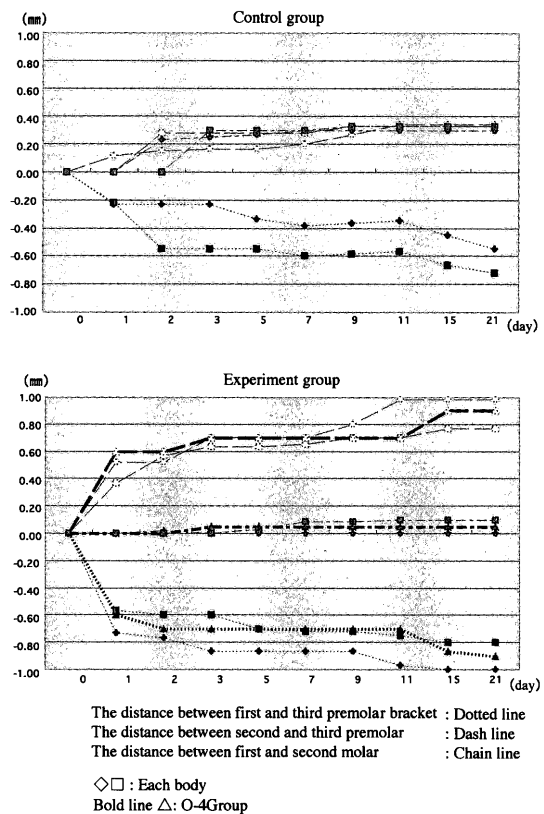


Fig. 4. The distance of tooth movement with 700g force.

300gO-2グループと同様経時的に移動し21日目で約0.95mmであった。700gO-2グループでは1日目で約0.45mm, その後個体差はあるが経時的に徐々に移動し21日目で約0.88mmであった。700gO-4グループでは1日目で約0.6mm, その後700gO-2グループ同様経時的に徐々に移動し21日目で約0.9mmであった。

3) 第1後臼歯と第2後臼歯間の計測

対照群300gでは1日目で約0.13mm, 2日目で約0.21mm移動したもののその後個体差はあるがプラトーな時期があり21日目で約0.31mmであった。700gでは1日目で0mm, 3日目で約0.28mm移動したもののその後個体差はあるが経時的に徐々に移動し21日目で約0.32mmであった。

実験群300gO-2グループでは1日目で0mm, その後21日目まで0mmであった。300gO-4グループでは1日目で0mm, その後300gO-2グループとほぼ同様21日目で約0.05mmであった。700gO-2グループでは1日目で0mm, その後21日目までわずかに約0.05mmであった。700gO-4グループでは1日目で0mm, その後700gO-2グループ同様21日目で約0.05mmであった。

3. X線写真所見 (Fig. 5, 6)

300g群O-2グループの21日目ではosteotomy部はやや圧偏され, 局所的に骨添加又は形成による石灰化像が認められたのに対してO-4グループではこのような像は認められなかった。

700g群O-2グループの21日目では300g群同様局所的石灰化像と移動歯, 固定歯の圧迫側に歯槽硬固線の消失を認めた。O-4グループでは1日目よりosteotomy部はやや圧偏され, 21日目ではO-2グループ同様osteotomy部に局所的な石灰化像が認められた。

4. 組織学的所見

1) osteotomy部 (Fig. 7)

HE染色では, osteotomy部周囲より内部へ活発な骨芽細胞による新生骨の形成が認められ新生骨梁間は血管を含む結合組織で満たされていた。一方Azan染色ではosteotomy部周囲の赤色の成熟骨と内部への淡紫色の新生骨が区別され, Masson染色では, osteotomy内部で機能的な線維束の配列を示さない膠原線維が緑色に観察された。

2) control群 (Fig. 8, 9)

歯根膜空隙が一定で線維の走行に関しても変化がなく骨の急激な骨改造現象が認められなかった。また, Azan染色, Masson染色では歯根膜線維束の状態が明瞭な束状を呈していた。

3) 300g群

(1) 対照群 (Fig. 10, 11)

osteotomy併用群と比較し抜歯窩と左側第3前臼歯遠心側との槽間中隔が厚く圧迫側で歯槽骨吸収とともにセメント質吸収が観察された。一方牽引側では実験群と同様新生骨の形成がほとんど見られなかった。

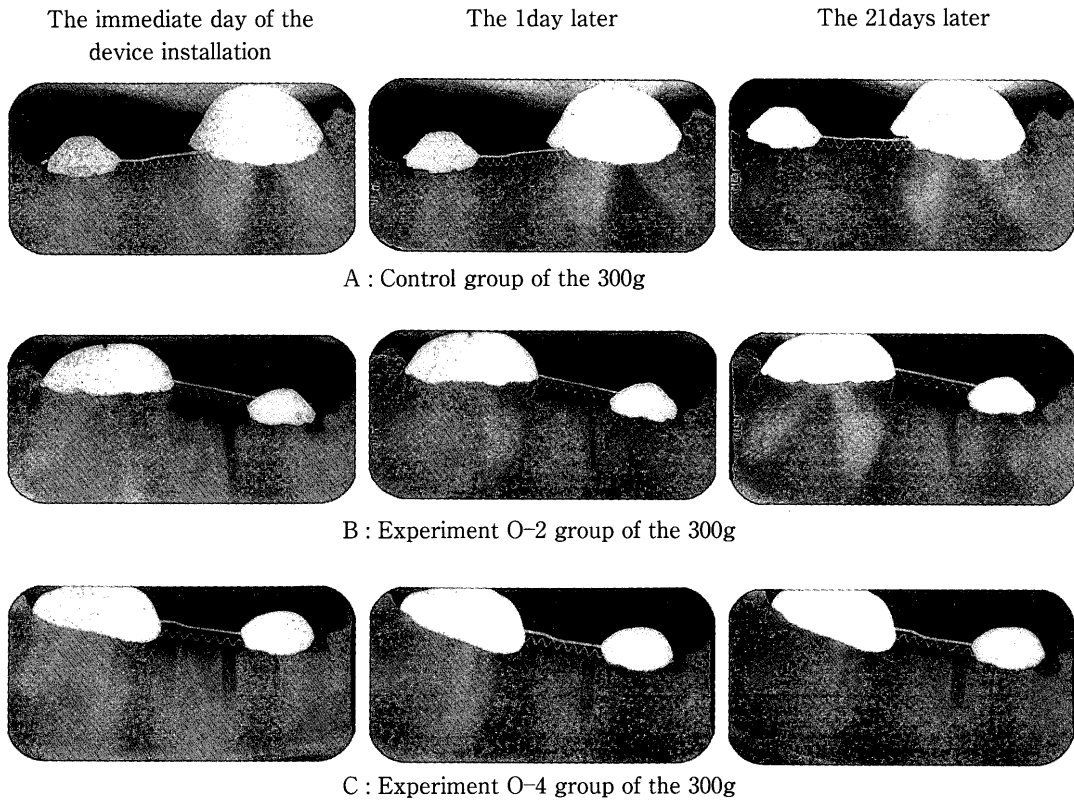


Fig. 5. X-ray photographs of the 300g.

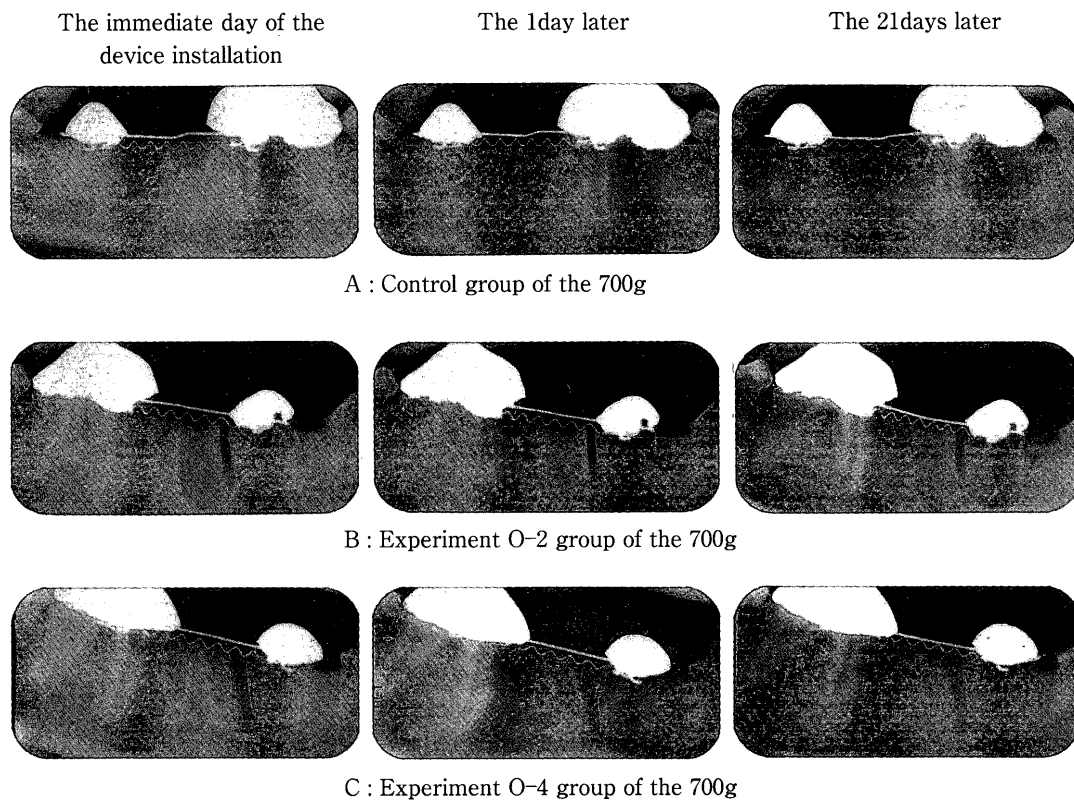


Fig. 6. X-ray photographs of the 700g.

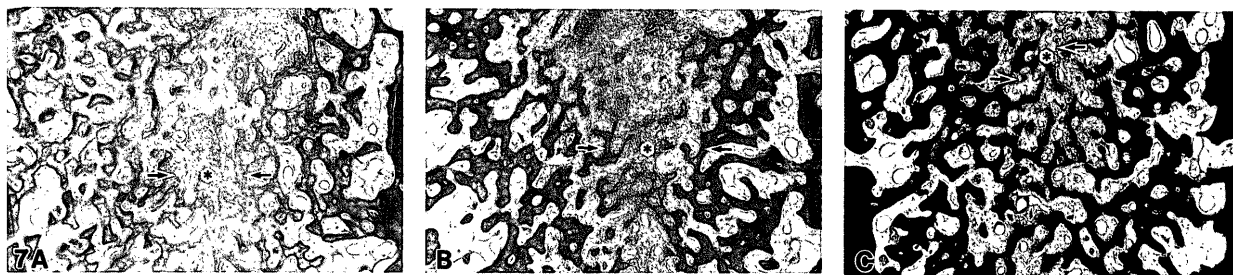


Fig. 7. Osteotomy region.

A : Hematoxylin · Eosin (HE) staining showed the formation of bone that was newly generated by active osteoblasts from the area surrounding osteotomy area to the inner area, and the intra-trabecular area of the newly generated bone was filled with connective tissue containing blood vessels.

B : By Azan Mallory (Azan) staining, red matured bone surrounding the osteotomy area was distinguished from pale purple newly generated bone in the inner area.

C : Masson Gomori (Masson) staining showed green collagen fibers in the osteotomy area, in which no functional fascicular alignment was observed. × 10.

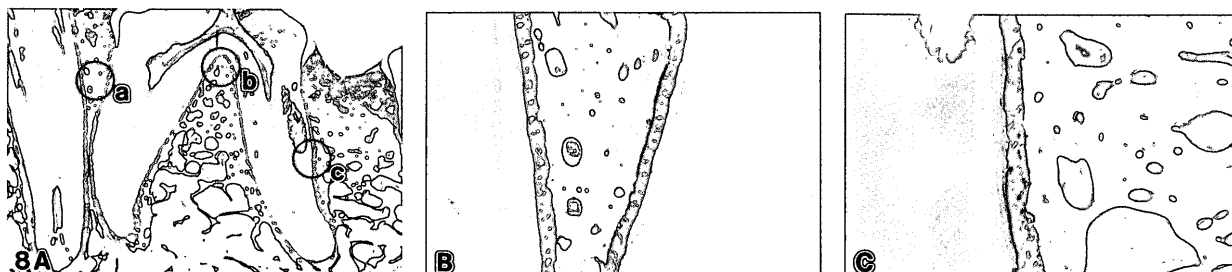


Fig. 8. Control group. HE

A : The periodontal ligament space showed a constant width, and no changes in the fibrous course and no rapid bone remodeling were observed. × 2.5.

B : Pressure side of interalveolar septum and an enlarged area (a) of Fig. 8A.

C : Tension side of interalveolar septum and an enlarged area (c) of Fig. 8A. × 10.

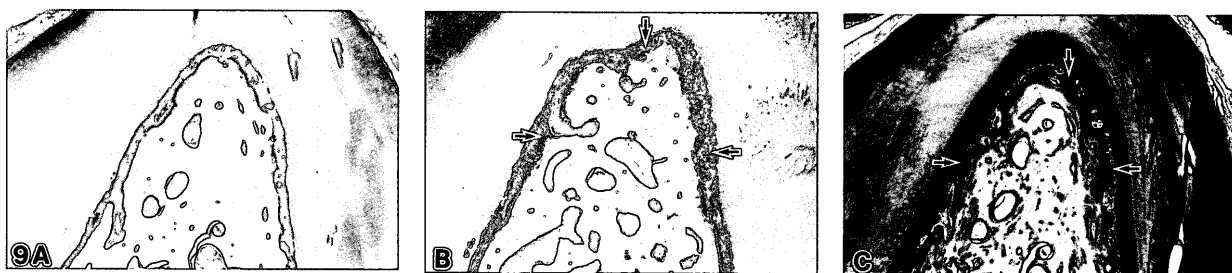


Fig. 9. Interradicular region of the control group and an enlarged area (b) of Fig. 8A.

A : HE staining. Azan (B) and Masson (C) staining

showed clear fasciculation of the periodontal ligament fascicles. × 10.

(2) O-2 グループ (Fig. 12, 13)

osteotomy部と右側第3前臼歯遠心側との槽間中隔が薄く根分岐部において圧迫側で硝子様変性ととも歯根と骨の癒着像が観察され、大部分の骨ではHE染色で骨芽細胞による骨形成と破骨細胞による骨吸収が共存する典型的な骨改造現象が観察された。また、Masson染色では圧迫側で機能的配列として線維束を呈さない膠原線維群のみが緑色に染色され、この部位では、歯根膜線維のリモデリングと呼ぶべき現象が観察された。一方、牽引側では圧迫側でみられた急激

な骨改造現象が観察されず、また新生骨の形成もほとんど見られなかった。

(3) O-4 グループ (Fig. 14, 15)

圧迫側、牽引側における骨の改造現象は、700g群 O-2 グループと類似する像が観察されたが歯根膜では、Masson染色において機能的配列を示す線維束が明瞭に観察され、300g群 O-2 グループと同様な像が認められた。

4) 700g群

(1) 対照群 (Fig. 16, 17)

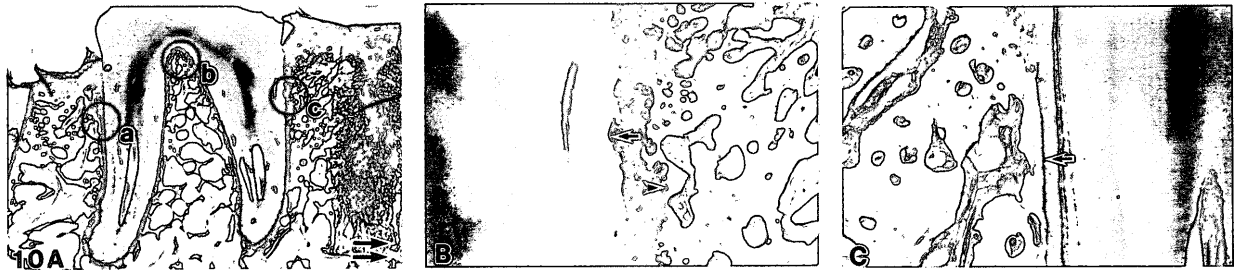


Fig. 10. Control group (300g loading). HE.

A : Direction of orthodontic force (double arrows).
×2.5.

B : An enlarged area (c) of Fig. 10A, Resorption of alveolar bone (arrowhead) and cementum (arrow) was

observed on the pressure side.

C : An enlarged area (a) of Fig. 10A, Almost no formation of newly generated bone was observed on the tension side, as seen in the experimental group.
×10.



Fig. 11. Interradicular region of the control group (300g loading) and an enlarged area (b) of Fig. 10A.

HE (A), Azan (B) and Masson (C) staining. ×10.

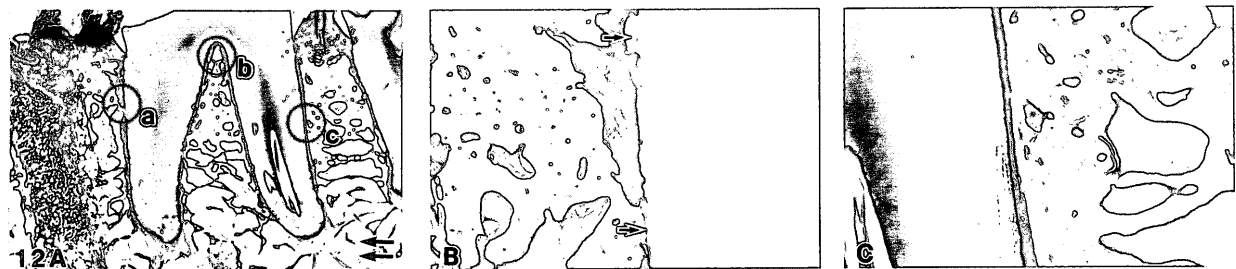


Fig. 12. O-2 group (300g loading). HE

A : Direction of orthodontic force (double arrows).
×2.5.

B : An enlarged area (a) of Fig. 12A,hyaline degen-

eration and bone adhesion (arrows) were observed on the pressure side.

C : An enlarged area (c) of Fig. 12A. ×10.

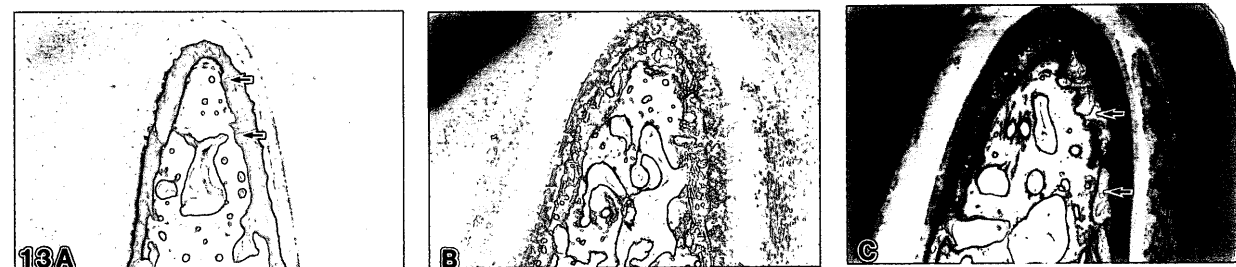


Fig. 13. Interradicular region of the O-2 group (300g loading) and an enlarged area (b) of Fig. 12A.

A : Resorption of alveolar bone (arrow) was observed on the pressure side. HE.

B : Azan staining.

C : By Masson staining, only collagen fibers, which showed no functional fascicular alignment, were stained in green on the pressure side. ×10.

圧迫側において歯根膜組織の硝子様変性と破骨細胞による骨吸収が観察され吸収の一部はセメント質、象牙質にも及び歯根膜組織での広範囲に及ぶ骨改造現象が認められた。根分岐部において圧迫側で過大な

骨吸収から骨形成へと移行を示す像が観察された。一方、根分岐部において牽引側では骨形成を呈し、太い歯根膜線維が束状を呈さず700g実験群と同様緑色に染色された像がMasson染色で観察された。

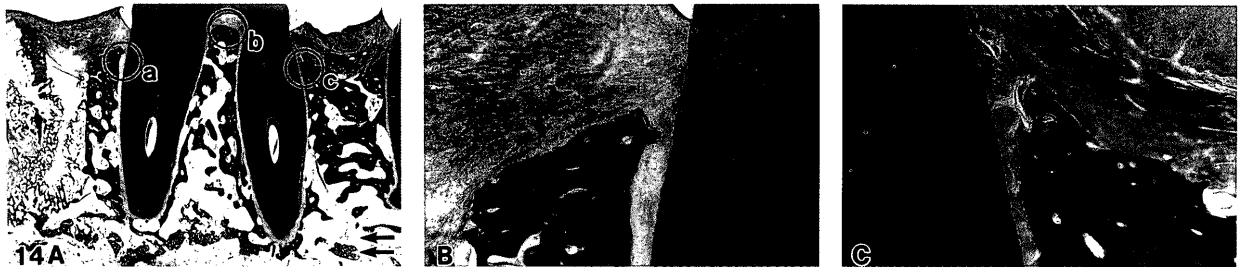


Fig. 14. O-4 group (300g loading). HE.
A : Direction of orthodontic force(double arrows).
×2.5.

B : An enlarged area (a) of Fig. 14A.
C : An enlarged area (c) of Fig. 14A. ×10.



Fig. 15. Interradicular region of the O-4 group (300g loading) and an enlarged area (b)of Fig. 14A.

HE (A), Azan (B) and Masson (C) staining. ×10.

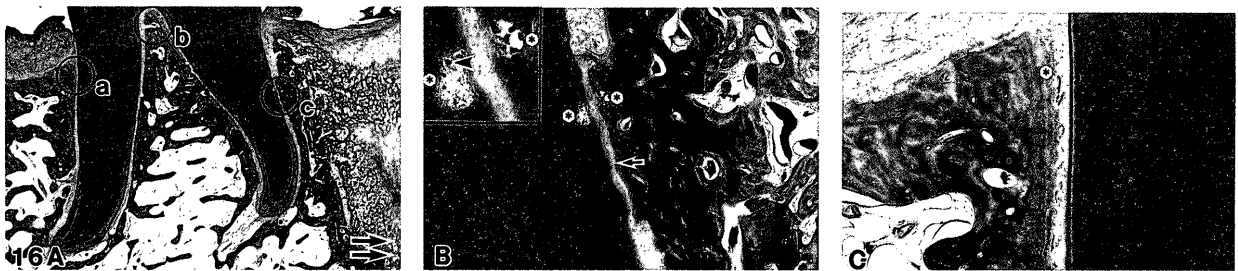


Fig. 16. Control group (700g loading). HE.
A : Direction of orthodontic force (double arrows).
×2.5.
B : An enlarged area (c) of Fig. 16A, hyaline degeneration of the periodontal ligament tissue and bone resorption by osteoclasts (arrowhead) were observed

on the pressure side. The resorption of cementum and dentin was also noted, and bone remodeling was extensively observed in the periodontal ligament tissue. ×10,×25.
C : Formation of newly generated bone (asterisk) was observed on the tension side. ×10.



Fig. 17. Interradicular region of the control group (700g loading) and an enlarged area (b) of Fig. 16A.
A : In the furcation area, the shift to bone formation from excessive bone resorption was observed on the

pressure side (arrows), and excessive bone formation was noted on the tension side (asterisk). HE (A), Azan (B) and Masson (C) staining. ×10.



Fig. 18. O-2 group (700g loading). HE.

A : Direction of orthodontic force (double arrows). On the tension side, bone induction was observed in the cervical area (c), and tissular images contrary to bone adhesion were noted on the root apex side (d).

×2.5.

B : An enlarged area (a) of Fig. 18A, hyaline degeneration and bone adhesion (arrows) were observed on the pressure side.

C : An enlarged area (c) of Fig. 18A. ×10.

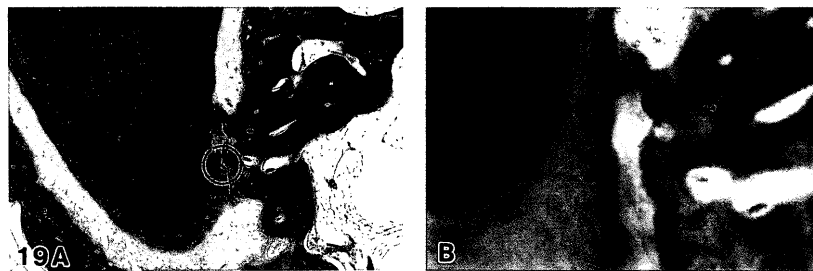


Fig. 19. Ankylosis region of the O-2 group (700g loading) and An enlarged area (d) of Fig. 18A.

A : ×10. B : ×25, HE.



Fig. 20. Interradicular region of the O-2 group (700g loading) and an enlarged area (b) of Fig. 18A.

A : In the furcation area, rapid bone formation by osteoblasts after bone resorption was observed on the pressure side (arrows), and formation of thick newly

generated bone was noted in the intraseptal alveolar crest on the tension side (asterisks). HE.

B : Azan staining. C : By Masson staining, the newly formed fibers were extensively stained in green (arrows). ×10.

(2) O-2グループ (Fig. 18, 19, 20)

HE染色では300g群と比較して、全体的に圧迫側、牽引側で顕著な骨改造現象が観察され、牽引側である右側第3前臼歯近心根近心歯頸部では歯頸部で骨添加、根尖側で骨癒着像と相反する像が同側で認められた。根分岐部では歯槽骨圧迫側で骨吸収後急速に骨芽細胞による骨形成が起こり実験後に形成された新生骨の深層にはリバーラインが観察された。

一方、根分岐部において牽引側では槽間中隔骨頂にかけ厚い新生骨形成が観察された。また、歯根膜線維群は機能的配列としての線維束を呈さず新たに形成され

た線維が多く観察された。Masson染色では新たに形成された線維群は広範囲に緑色を呈する像が認められた。

(3) O-4グループ (Fig. 21, 22)

圧迫側、牽引側における骨の改造現象は根分岐部において700g群O-2グループの組織像と同様顕著な骨改造現象が認められた。

5) 実験歯に隣在する第2前臼歯と第2後臼歯 (Fig. 23, 24)

根分岐部において第2後臼歯では圧迫側で根間中隔骨頂にかけ厚い新生骨が形成され実験歯である第1後

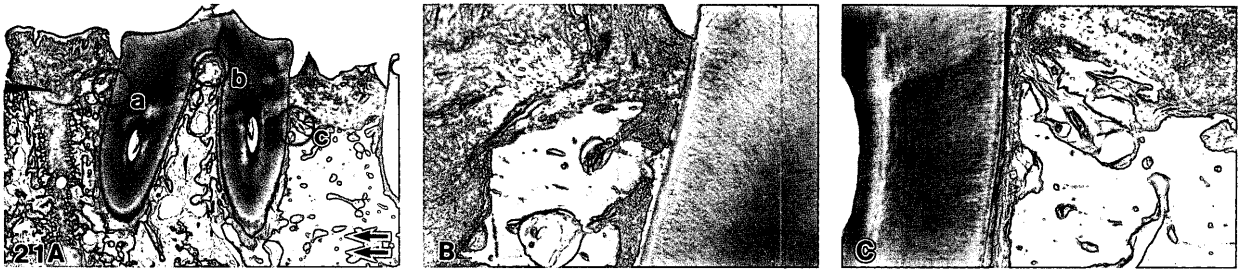


Fig. 21. O-4 group (700g loading). HE.
A : Direction of orthodontic force (double arrows).
×2.5.

B : An enlarged area (a) of Fig. 21A.
C : An enlarged area (c) of Fig. 21A. ×10.



Fig. 22. Interradicular region of the O-4 group (700g loading) and an enlarged area (b) of Fig. 21A.

HE (A), Azan (B) and Masson (C) staining. ×25.

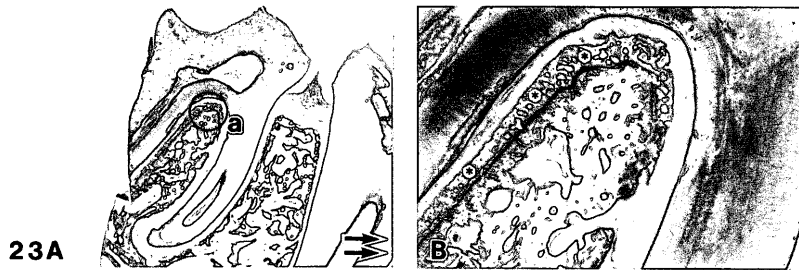


Fig. 23. The second molar teeth near experimental side. HE.

A : Direction of orthodontic force (double arrows). ×2.5.
B : An enlarged area (a) of Fig. 23A. Bone remodeling in the opposite direction of the movement direction of the experimental teeth was observed. ×10.

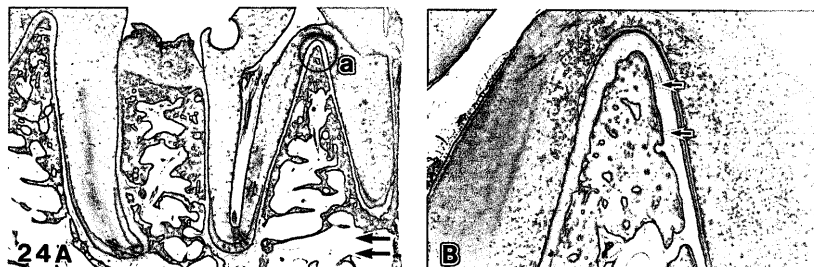


Fig. 24. The second premolar teeth near experimental side. HE.

A : Direction of orthodontic force (double arrows). ×2.5.
B : An enlarged area (a) of Fig. 24A. ×10.

臼歯との槽間中隔部でも厚い新生骨が認められた。同様に第2前臼歯で圧迫側において根分岐部、槽間中隔部でも骨の形成線が観察されることから、隣在歯

である第2前臼歯、第2後臼歯が実験歯の移動方向に対し逆方向への骨改造現象が認められた。

6) 顎関節部



Fig. 25. Temporomandibular joint. HE. $\times 10$.

A : control group, B : 300g group and C : 700g group
The condyle showed almost a semicircular shape on both the medial and lateral sides, and the mandibular fossa showed a shape corresponding to the condylar shape on the medial and central sides, and the

lateral side showed a flat shape. The articular disc was in the supero-inferior articular cavity, and showed a shape corresponding to the shape of the mandibular fossa, with the thinnest area in the central area and thick areas on both the medial and lateral sides.

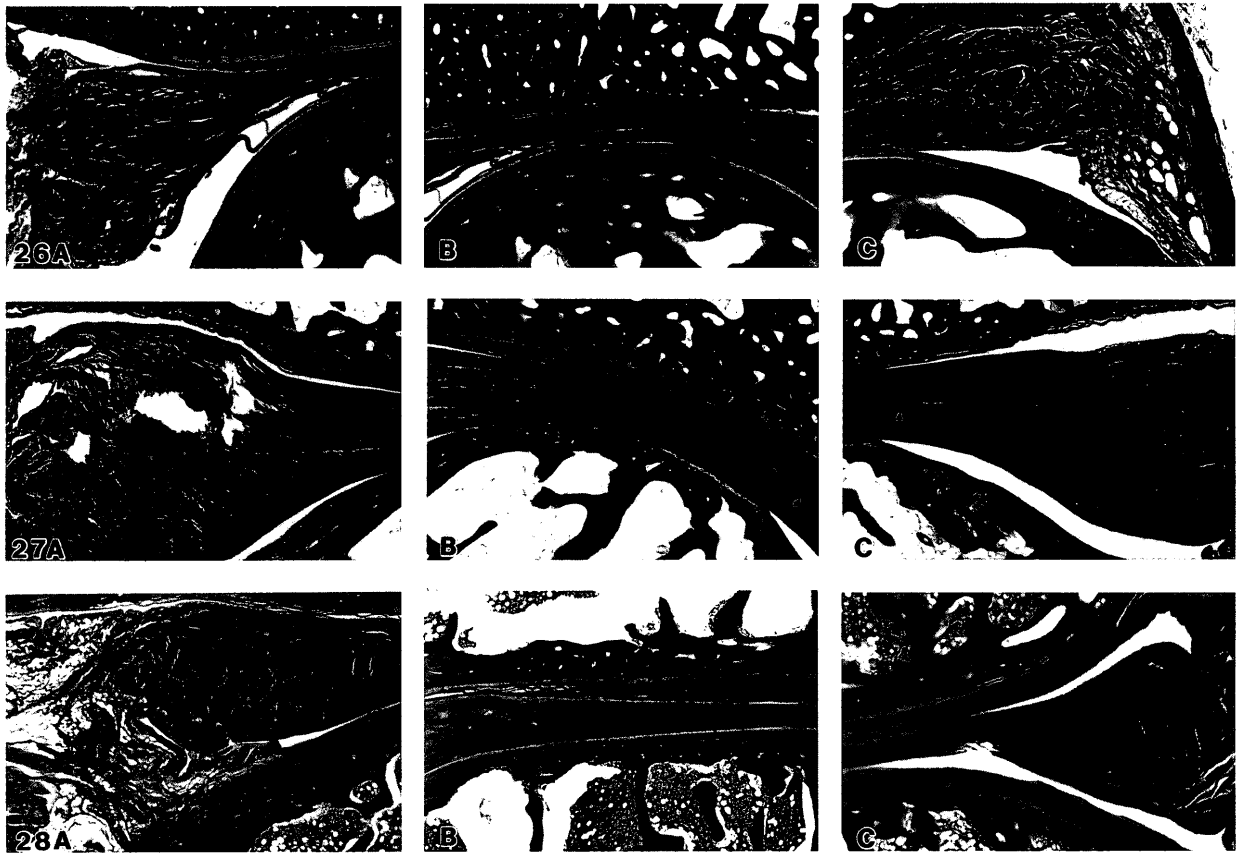


Fig. 26, 27, 28.

Fig. 26 : An enlarged area Fig. 25A. Fig. 27 : An enlarged area Fig. 25B. Fig. 28 : An enlarged area Fig. 25C (A ; anterior. B ; central. C ; posterior)

In each experimental group, no inflammatory findings and bone remodeling were observed in the mandibular fossa, articular eminence, articular disc and condyle. $\times 10$.

(1) 弱拡大所見 (Fig. 25)

下顎頭において内側、外側ではほぼ半円形を呈し、下顎窩も内側および中央で下顎頭に相応した形態を呈し外側では平坦であった。関節円板は上下関節腔内にあり下顎窩の形状に一致し中央で最も非薄であり

内側、外側で厚く認められた。

(2) 強拡大所見 (Fig. 26, 27, 28)

実験各群において下顎窩、関節結節、関節円板および下顎頭で炎症所見をはじめとする炎症所見、骨の改造現象は認められなかった。

考 察

1. 骨切離を併用する矯正治療について

外科処置を歯牙移動に併用する方法の発端は、Cun-

ningham (1894)³⁰⁾が歯槽骨外傷の治療の一環として口蓋側にある上顎側切歯の近遠心側に切痕を入れ前方

へ移動させた報告である。その後、Skogborg(1948)³⁹⁾は矯正治療後におこる歯槽骨の引っ張り力による後戻りを防ぐ目的で、槽間中隔部の緻密骨を切離するalveolar septotomyの方法を報告している。またKöle(1958, 1959)^{28, 29)}は、被移動歯の周囲の緻密骨だけを切離する方法をcorticotomyと名づけ、手術後矯正装置を用いて過蓋咬合、舌側転位、下顎前歯群の前方移動、単独歯もしくは複数歯の後方移動、臼歯群の側方拡大、上顎前突などのあらゆる不正咬合に対する臨床例を報告している。Köleは切離部について複数歯の歯槽突起を一塊として移動する場合、歯根軸に対し垂直的な表層緻密骨だけのcorticotomyを頬舌側に行い、さらに根端より離れた部位で水平的なosteotomyを施し、また単独歯を移動する場合は隣在歯との槽間中隔部に垂直的なcorticotomyだけを頬舌側に行っている。一般にcorticotomyの利点としては、①海綿骨が連続していることで支持が得られ栄養供給も同時に保たれる、②歯と歯周組織の損傷、歯髄壊死、歯根吸収を起こさない、③歯牙移動時の抵抗を弱めることができる、④治療期間の短縮と後戻りがない、⑤手術侵襲が少なく術後管理が容易である、⑥成長発育期を過ぎた症例に応用することによって矯正治療を容易にする、などが挙げられているが、Merrillら²³⁾はcorticotomyに否定的で皮質骨の抵抗力に疑問を投げかけ海綿骨をも切除するosteotomyを推奨している。とくに骨性癒着歯や失活歯がその最適症と述べている。

一方、Immerkamp(1962)¹⁴⁾は槽間中隔にSkogborgのseptotomyを加えた方法を併用、Edlan(1967)⁹⁾は後戻りを防ぐためにKöleの方法に歯牙環状靱帯の切離を含める術式を、Clark(1968)⁴⁰⁾は正中離開の患者に上唇小帯切除術を施すと同時に中切歯間の骨切離を行い、空隙を閉鎖する方法を報告している。また、Converse(1969)⁴¹⁾は矯正装置による歯牙移動の抵抗となる歯槽突起部に刻みを加え骨の脆弱化を増したところに矯正装置を装着し歯牙移動の効果を高める方法を報告し、cortical osteotomyと名づけている。

本実験では移動歯、移動側すなわち圧迫側のみに垂直osteotomyを施し抜歯窩壁の骨弾性とConverse(1969)⁴¹⁾の考えを利用して歯をより早く移動する方法を採用した。

2. 矯正装置について

臨床的にはLiouら²⁰⁾がcorticotomy後に犬歯を遠心に移動する際に抵抗の中心が犬歯の中央にくるような固定装置を設計し抜歯窩に同歯を歯体移動している。

一方、動物実験では伊藤ら³⁰⁾が犬の第4前臼歯抜歯後、第3前臼歯および第1後臼歯間にフック付き鑄造冠を装着しコイルスプリングを活性することにより両側第3前臼歯の遠心移動を行っている。この方法では両歯が回転と傾斜移動することになるので、本実験では第3前臼歯および第1後臼歯において臨床で用い

ている.018×.025インチのチューブを鑄造冠に鑲着し両歯間に.017×.025インチのステンレススチールワイヤーを通しフック間にクロード・コイルスプリングを活性することにより歯体移動するように設計した。また、本実験では比較的個体差が大きいことが予想される雑種成犬を用いたため、同一犬の右側を実験群、左側を対照群として比較することにした。なお、実験中の装置の破損、脱落などは全くなかった。

3. 移動開始時期、移動期間ならびに荷重について

抜歯窩へ歯を早く効果的に移動させるという観点からNiwa⁴²⁾は、猿では抜歯窩が上皮で被覆された3日目より移動開始した方が抜歯窩の治癒後より有効であると報告している。しかし、Liouら²⁰⁾は人の第1小白歯抜歯後抜歯窩の治癒を待たずに抜歯と同時に本実験と類似した方法でcorticotomyを併用し、犬歯を遠心移動した結果、21日間で第一小白歯抜歯部に移動できたと報告している。本実験では彼らのデータを参考に抜歯窩の治癒を待たずに抜歯と同時にosteotomyを施し、移動期間も21日間とした。

伊藤³⁰⁾は犬の左側第3前臼歯近心歯槽骨に幅約1mm、遠心側に幅約3mmのcorticotomyと根尖下方の歯槽骨に幅約1mmの水平corticotomyを施し、150gと300gの力をそれぞれ3週間荷重を加え移動した結果、150g3週間の対照群では0.26~3.36mm、300g3週間の対照群0.84~2.34mmの移動距離であったのに対してcorticotomy群では前者が0.51~6.33mm、後者が0.17~3.28mmであったと報告しているが、個体差が大きいためか移動距離に関しては論じていない。また、中西³²⁾は犬の右側下顎第3前臼歯近遠心側に幅約2mmのosteotomyと根尖下方約2mmの位置で幅約2mmの水平corticotomyを頬側のみに行ったA法と頬舌側ともに行ったB法を施し、200gと800gの力をそれぞれ21日間荷重を加えた。その結果、A法200g荷重の対照側では平均0.52mm、手術側0.92mmで手術側の方が対照側より約1.8倍の移動量を、B法200g荷重の対照側では平均0.44mm、手術側2.11mmで約4.8倍の移動量を各々報告している。また、A法800g荷重の対照側では平均0.72mm、手術側平均1.58mmで約2.2倍の移動量を示している。すなわち、両者の報告からcorticotomyを行い、150g~200gの荷重を働かせた場合に最も移動量が大きくなる。

一方、本実験と類似した方法でLiouら²⁰⁾は1日0.5mm~1mm移動可能な特別な装置を考案し用いているが荷重については述べられていないので不明であるが、おそらくかなり強い力が働いていると推測される。そこで本実験では移動歯移動側のみのosteotomyであるので、300gと700gの荷重を加え比較検討した。その結果、300gの対照群では第1後臼歯と第3前臼歯ブラケット間で約0.55mm、700gの対照群約0.64mmの移動距離であり、前者は中西³²⁾の200gA法、後者は800gA法

の値と類似していた。一方、実験群では300gO-2グループで約0.5mm, 300gO-4グループ約0.95mmであり, 300gO-4グループの方が300gO-2グループより約1.9倍の移動量を示し, 700gO-2グループで平均0.9mm, 700gO-4グループでも0.9mmと両者間で移動量に差はなかった。このデータをcorticotomyを施した中西³²⁾の結果と比較してみると, 300gO-4グループが200gA法と類似している以外, 全て42~56%の移動量であった。しかし, 日常臨床で最大固定を必要とする症例では固定喪失が一番問題となるので本実験では第1後臼歯と第2後臼歯の距離を測定したところ, 対照群300gでは約0.31mm, 700gでは約0.32mmの近心移動が生じていたが, 実験群では300gO-2グループで0mm, 300gO-4グループで約0.05mm, 700gO-2グループで約0.05mm, 700gO-4グループで約0.05mmと計測誤差範囲内であり, 固定と言う観点から考えた場合osteotomyは臨床上非常に有効であることが判明した。

4. 組織所見について

伊藤³⁰⁾はcorticotomyを施し, 歯牙移動を行った時の歯根膜周囲の組織学的変化について, 硝子様変性と歯根吸収の程度において対照側と手術側の間で相違は認められなかったが, 一部の犬では圧迫側の骨吸収と牽引側の骨添加の骨改造現象が手術側の方が若干良かったと述べている。また中西³²⁾は圧迫側では歯根膜の圧縮とそれに伴う硝子様変性, またその周囲の骨からの穿下性骨吸収像が観察され牽引側における新生骨の骨添加が手術側, 対照側とも同様な状態で観察された

結

雑種成犬の下顎両側第4前臼歯の抜歯と同時に右側第3前臼歯遠心部に根尖部付近まで頬舌側が完全に穿通するよう約2mmと4mmのosteotomyを施し, 直ちに300gと700gの2種類の持続的荷重で第3前臼歯を遠心移動した際に生じる歯周組織変化と顎関節に対する影響について対照群と比較検討を行った。

1. 移動距離は2mmosteotomyを施し300g荷重を加えたグループを除き, osteotomyした全例において対照群より実験群の方が大きな値を示した。
2. osteotomy量による違いは, 300g荷重時に4mmosteotomyを行った実験群の方が2mmosteotomyを行った実験群より約2倍歯牙移動していたが, 700g荷重時には両者間に差が認められなかった。
3. osteotomyを施すことにより荷重に関係する事なく第1後臼歯の近心移動はほとんど生じなかった。
4. 荷重の違いにおいて300g実験群では持続的な荷重力による組織反応が, 700g群では一過性の荷重力による組織反応が認められた。
5. 組織学的には300gO-2群では牽引側で骨添加が少なく, 圧迫側で一層の吸収像を認めた。また, 700g群, 300gO-4群では牽引側で著しい骨形成が行わ

と報告している。

本実験では対照群300gでは圧迫側に骨吸収とセメント質の吸収, 700gでは象牙質まで達する歯根吸収が認められさらに典型的な傾斜移動を呈していたのに対して, 実験側300gの両グループでは槽内中隔圧迫側に硝子様変性と骨癒着が認められ牽引側には新生骨が認められる程度であったが, 700gO-2, O-4グループでは傾斜移動が著明でありジグリングによる骨改造現象が300gグループより進行していた。このことから, osteotomyを施し歯を移動する場合には矯正力(orthodontic force)よりもLiouら²⁰⁾のように顎整形力(orthopedic force)を用いる方がより効果的である事が推測される。

本実験で隣在歯である第2前臼歯と第2後臼歯で臨床上考えられている移動方向と逆の骨改造現象が生じていた原因には, 犬では槽間中隔がヒトより数倍広く解剖学的に歯根が複根で互いに開離していることが考えられる。また, 顎関節への影響が認められなかったのは実験開始時に予測した歯の急激な移動距離が生じなかったからと考えられる。

今回, 移動距離が予測より少なかったのはReitan^{43, 44)}が報告しているように, 犬の歯槽骨は厚い皮質骨層を持ち髓腔が狭いという特徴を有しているためだと考えられるが, 主たる原因はosteotomyの切開線を抜歯窩の頬舌側壁を貫通する程度にしなかったことが大きく影響しているものと考えられる。

論

れると同時に圧迫側で一旦吸収された後に急速に骨添加された像が観察された。

6. 700g実験群ではジグリング(歯冠, 歯根部が交互に微動する連続的な傾斜移動)が生じ, 本来牽引側である歯頸部で骨添加, 根尖側で骨癒着と相反する組織反応像が観察された。
7. 実験歯に隣在する第2前臼歯と第2後臼歯では根分岐部, 槽間中隔部の組織所見が実験歯の移動方向に対し, 逆方向への骨改造現象が認められた。
8. 顎関節部には, 対照群, 実験群とも肉眼的並びに組織学的変化は認められなかった。

以上の結果から移動歯移動側にosteotomyを併用することによりより早く, より大きな移動が可能であることが判明した。

稿を終えるにあたり, 懇切丁寧な御教示, 御校閲を賜りました本学口腔解剖学講座明坂年隆教授, 同講座吉田寿穂助手に深く感謝致します。また, 本研究を進めるにあたり御協力頂きました教室の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

最後に, 本研究の遂行に理解をし, 援助していただいた両親に心から感謝の意を捧げます。

文 献

- 1) 冲津光久, 平沼康彦, 仲里雅則, 笹川 伸, 山本美朗, 角田豊作, 藤本和夫: Corticotomyの併用によって治療しえた歯列不正の2症例. 城歯大紀要, 15: 464~470, 1986.
- 2) 東郷幹夫, 吉田恭彦, 山口敏雄, 大野朝也, 足立 深: Corticotomy併用による矯正治療症例について. 東北歯大誌, 6: 186~201, 1979.
- 3) Byloff-Clar, H. und Köle, H.: Die Anwendung der sogenannten Kortikotomie bei schwierigen Fällen im Spätregulierungsalter. *Dtsch.Stomat.*, 9: 963~974, 1959.
- 4) Byloff-Clar, H.: Vor-und Nachbehandlung bei Kieferorthopädischen Operationen von Distal-und Deckbiss. *Österr. Z. Stomat.*, 57: 203~215, 1960.
- 5) Bichlmayr, A.: Chirurgische kieferorthopädie und das Verhalten des Knochens und der Wurzelspitzen nach derselben. *Dtsch. Zahnärztl. Wochenschr.*, 34: 835~842, 1931.
- 6) Byloff-Clar, H.: Behandlung mit aktiven Platten mit und ohne Corticotomie bei Spätfällen (Jugendlichen). *Stoma.*, 20: 134~141, 1967.
- 7) Byloff-Clar, H.: Behandlung mit aktiven Platten mit und ohne Corticotomie bei Spätfällen (Jugendlichen). *Stoma.*, 20: 214~225, 1967.
- 8) Byloff-Clar, H.: Behandlung mit aktiven Platten mit und ohne Corticotomie bei Spätfällen (Jugendlichen). *Stoma.*, 20: 277~286, 1967.
- 9) Edlan, A. and Subrtova, I.: Corticotomy-Cooperation of the Oral Surgeon and the Orthodontist, *Transact. Congr. of the Internat. Ass. of Oral Surgeon.*, 2nd ed., Munksgarrd Pub. (Copenhagen), 338~344, 1967.
- 10) Generson, R. M. and Porter, J. M. and Zell, A. and Stratigos, G. T.: Combined surgical and orthodontic management of anterior open bite using corticotomy. *J. Oral Surg.*, 36: 216~219, 1978.
- 11) Hixon, E. and Klein, P.: Simplified mechanics: A means of treatment based on available scientific information. *Am. J. Orthod.*, 62: 113~141, 1972.
- 12) Harvath, L. und Rehak, R.: Kieferchirurgische Maßnahmen zur Unterstützung von Spätregulierenden. *Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr.*, 16: 525~529, 1961.
- 13) Immenkamp, A.: Beiträge zur maxillo-facialen Chirurgie unter besonderer Berücksichtigung der Korrektur von Fehlbildungen des Mittelgesichtes. *Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr.*, 15: 1073~1083, 1960.
- 14) Immenkamp, A.: Zur Behandlung verschleppter Zahnstellungs- und Kieferanomalien. *Dtsch. Zahnärztebl.*, 16: 258~267, 1962.
- 15) Obwegeser, H.: *Surgical Aspects of Cleft Lip and Palate, Surgical Correction of Maxillary Deformities*, 1st ed., Little, Brown and Company. (Boston), 515~556, 1971.
- 16) 大橋靖: 開咬の外科的矯正治療. 歯界展望, 58: 289~297, 1981.
- 17) 鈴木敏正, 山口秀晴: Corticotomyとその後の矯正治療を行った治験例(抄). 日矯歯誌, 35: 72, 1976.
- 18) 鈴木敏正: Corticotomyを用いる矯正治療(成人の矯正). 歯科時報, 30: 8~9, 1976.
- 19) 高橋庄二郎: 唇顎口蓋裂患者にみられる咬合と顎の異常に対する外科的治療. 形成外科, 22: 255~261, 1979.
- 20) Liou, E. J and Huang, C. S.: Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am. J. Orthod Dentofacial Orthop.*, 4: 372~382, 1998.
- 21) Lines, P. A.: Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am. J. Orthod.*, 67: 44~56, 1975.
- 22) 西田光男, 飯塚忠彦, 糸井昭一, 兵 行忠, 小野尊睦: Köle法によるcorticotomyの臨床的検討. 日口外誌, 32: 318~325, 1986.
- 23) Merrill, R. G. and Pedersen, G. W.: Interdental osteotomy for immediate repositioning of dental-osseous elements. *J. Oral Surg.*, 34: 118~125, 1976.
- 24) Neumann, D.: Die Bichlmayrsche Keilresektion bei der kieferorthopädischen Spätbehandlung. *Fortschr. Kiefer- u Gesichtschir.*, 1: 205~210, 1955.
- 25) Suya, H.: *Corticotomy in Orthodontics, Mechanical and Biological Basics in Orthodontic Therapy*, Hutterling Buch Verlag Heidelberg. (Germany), 207~226, 1991.
- 26) Köle, H.: Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral .Surg.*, 12: 515~529, 1959.
- 27) 伊藤利明: 頭部X線規格写真による下顎前突症患者の顔面頭蓋に関する形態学的研究, とくに外科的立場から. 歯科学報, 77: 409~455, 1977.
- 28) Köle, H.: Corticalisschwächung zur Unterstützung bei der kieferorthopädischen Behandlung. *Fortschr. Kiefer- u Gesichtschir.*, 4: 208~212, 1958.
- 29) Köle, H.: Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral .Surg.*, 12: 413~420, 1959.
- 30) 伊藤隆三, 中島誠, 有田信一, 中川幹夫, 川越 仁, 藤田信義, 山田 勲, 松本光生, 岡喜八郎, 沢熊正明, 北村勝也: Experimental study on the tooth movement with corticotomy procedure. 日矯歯誌, 40: 92~105, 1981.
- 31) 高頭 誠: Corticotomyを併用した歯の挺出に関する実験的研究. 新潟歯学会誌, 15: 57~85, 1985.
- 32) 中西秀男: Osteotomy及びCorticotomyを併用した実験的歯牙移動の研究. 歯科学報, 82: 219~252, 1982.
- 33) 松田泰明: 上顎前方牽引へのtwo stage corticotomyの効果. 日矯歯誌, 48: 506~520, 1989.
- 34) Byloff-Clar, H.: Vergleichende histologische Untersuchungen bei Behandlung von Spätfällen mit und ohne Kortikotomie. *Fortschr. Kieferorthop.*, 27: 204~219, 1966.
- 35) 吉川仁育: 顎整形力による上顎骨後方移動時のCorti-

- cotomyの効果に関する研究. 松本歯学, 13 : 292~320, 1987.
- 36) Düker, J. : Experimental Animal Research into Segmental Alveolar Movement after Corticotomy. *J. max-fac. Surg.*, 3 : 81~84, 1975.
- 37) Bell, W.H. and Levy, B. M. : Revascularization and bone healing after maxillary corticotomies. *J. Oral Surg.*, 30 : 640~648, 1972.
- 38) Cunningham, G. : Methode Sofortiger Regulierung von anomalen Zahnstellungen. *Oester-Ung Vischr Zahnheilk.* 10 : 455~457. 1894.
- 39) Skogsborg, C. : Alveolar Septotomy. *Acta. Odontol. Scand.*, 8 : 192~195, 1948.
- 40) Clark, D. : Immediate closure of labial diastema by frenectomy and maxillary osteotomy. *J. Oral Surg.*, 26 : 273~276, 1968.
- 41) Converse, J. M. and Horwitz, S. L. : The surgical-orthodontic approach to the treatment of dentofacial deformities. *Am. J. Orthod.*, 55 : 217~243, 1969.
- 42) Niwa, K. : Experimental Tooth Movement into the Extraction Socket in Cynomolgus Monkey with the Pin and Tube Appliance. *J. Osaka. Dent. Univ.*, 3 (2) : 149~186, 1969.
- 43) Rettan, K. and Kvam, E. : Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle. Orthod.*, 41 : 1~14, 1971.
- 44) Rettan, K. : Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle. Orthod.*, 34 : 244~255, 1964.
-

Influence of Experimental Tooth Movement with a Combined use of Osteotomy on the Periodontal Tissue and Condyle

HIROMASA TOYOTA

Department of Orthodontics, Asahi University of Dentistry
(Chief : Prof. Kin-ichiro Niwa)

Key words : Osteotomy, Experimental tooth movement, Bone remodeling

SUMMARY *In this study the effects of various loads and osteotomy on tooth movement were investigated. Seven experimental dogs were divided into groups O-2 and O-4 according to the kind of osteotomy performed on the lower third premolar on the right side: vertical osteotomy was performed on the distal intraalveolar septum from the marginal point to the level below the root apex and 2 mm, 4 mm, mesio-distal, respectively.*

In six dogs, the lower fourth premolars were extracted bilaterally. Orthodontic appliances were used to apply various loads in both groups on the immediate day postoperatively. In the O-2 and O-4 groups, 300 g and 700 g loads plus closed coil spring loads were applied. The same loads were applied to the left lower third premolars, on which no operations had been performed and these were designated as controls. The right third premolars, on which operations had been performed in the O-2 and O-4 groups were designated the experimental groups. After three weeks of load application, differences in tooth-movement rate in each tooth and of the histological changes around the periodontal ligament and temporomandibular joint were observed.

The movement distance in all cases in which osteotomy was performed was greater than that in the control group, except for one case in the O-2 group in which a 300 g load was applied. In regard to the amount of osteotomy, when a 300 g load was applied, movement distance in the O-4 group was approximately twice that in the O-2 group in the experimental group; however, no differences were observed between the two groups when a 700 g load was applied. Almost no mesial movement of the first posterior molar was caused by osteotomy, and this was not related to the values of applied loading. In regard to the values of applied loading, tissular reaction caused by continuously applied loading was observed in the 300 g experimental group, and that caused by transiently applied loading was observed in the 700 g group. These results suggested that there was a relationship between the values of applied loading and the amount of osteotomy.

Histologically, the amount of bone induction was small on the tension side, and further bone resorption was observed on the pressure side in the 300 g group. In the 700 g and 300 g with 4 mm osteotomy groups, marked bone formation was observed on the tension side, and rapid bone induction after the bone was resorbed was simultaneously observed on the pressure side. In the 700 g group, because movement, continuous tipping movement in which the tooth crown and tooth root area slightly move by turns occurred, different images of tissular reaction on the tension side such as bone induction in the cervical area and bone adhesion on the tooth root side were observed. In the second anterior and posterior molars adjacent to the experimental tooth, bone remodeling in the opposite direction of the movement direction of the experimental tooth was observed in the furcation and alveolar intraseptal areas. As the causes, anatomically it was considered that the alveolar intraseptal area was several times wider than that in humans, and the tooth was a multi-rooted tooth with separated tooth roots. By HE staining, bone generation by active osteoblasts from the surrounding area of osteotomy to the inner area was observed; however, no macroscopical and histological changes were observed in the temporomandibular joint area both in the control and experimental groups.

These results suggest that osteotomy is suitable for rapid orthodontic tooth movement over a wide range providing the relation between the osteotomy method and orthodontic force are carefully considered.