

Biomechanical features of tooth movement from a lingual appliance in comparison with a labial appliance during space closure in sliding mechanics  
スライディングメカニクスによる空隙閉鎖中の唇側ブラケットと比較した舌側ブラケットの歯牙移動の生体力学的特性

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻 小牧博也

[目的]

近年、審美的な理由から、成人患者の間で、舌側ブラケットやクリアアライナーを使用した目に見えない歯科矯正治療の需要が高まっている。特に抜歯症例において、舌側ブラケットは、クリアアライナーと比較して、固定式装置であるため、より良い治療結果を提供することができる。しかしながら、舌側ブラケットは唇側ブラケットと比較すると、抜歯空隙閉鎖の段階で、過度な前歯の舌側傾斜や、垂直方向の bowing effect などの副作用が報告されている。本研究の目的は、スライディングメカニクスを用いた en masse retraction 時において、唇側ブラケットと舌側ブラケットを使用した際の長期的な歯の移動の有限要素解析を行い、それぞれのブラケットにおける歯の移動動態の違いを明らかにすることである。

[実験方法 (省略して良い)]

乾燥頭蓋の CBCT を撮影し、第一小臼歯を抜歯した左側上顎歯列の三次元有限要素モデルを作成した。モデルには 0.018 inch のブラケットに 0.016×0.022 inch のステンレススチールアーチワイヤーを組み込んだ。さらに、側切歯と犬歯の間のアーチワイヤー上にパワーアームを付与し、第二大臼歯ブラケットチューブのフックとの間に 1.5 N の牽引力を負荷し、スライディングメカニクスにより en masse retraction を行った(Fig.1)。パワーアームの長さの変化に伴う、唇側ブラケットと舌側ブラケットの経時的な上顎中切歯の移動動態について、上顎中切歯の抵抗中心の舌側移動量と回転角度で評価した。

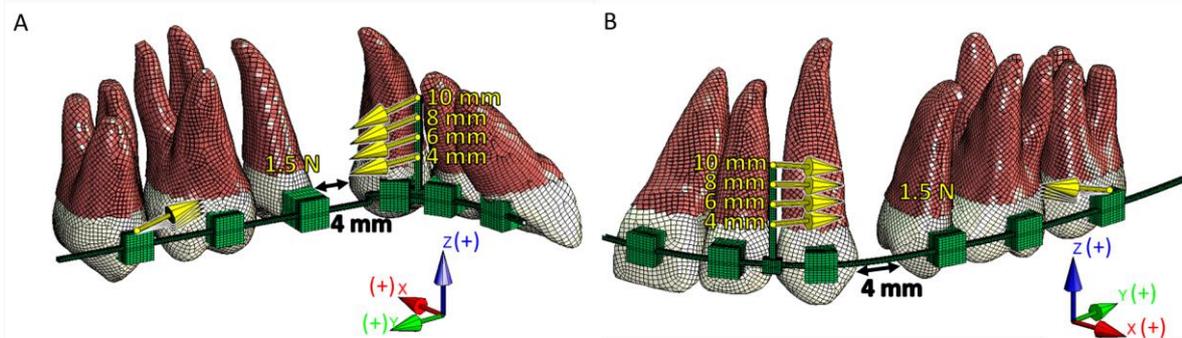


Fig1. ブラケット、ワイヤー及びパワーアームが付与された第一小臼歯抜歯を想定した上顎歯列の3次元有限要素モデル A: 舌側ブラケット B: 唇側ブラケット

[結果]

Fig2. に中切歯の舌側移動に伴う、回転角度のグラフを示す。空隙閉鎖の初期段階では舌側ブラケットの方が唇側ブラケットよりも舌側歯冠傾斜が顕著であったが、空隙閉鎖完了時の差はわずかであった。

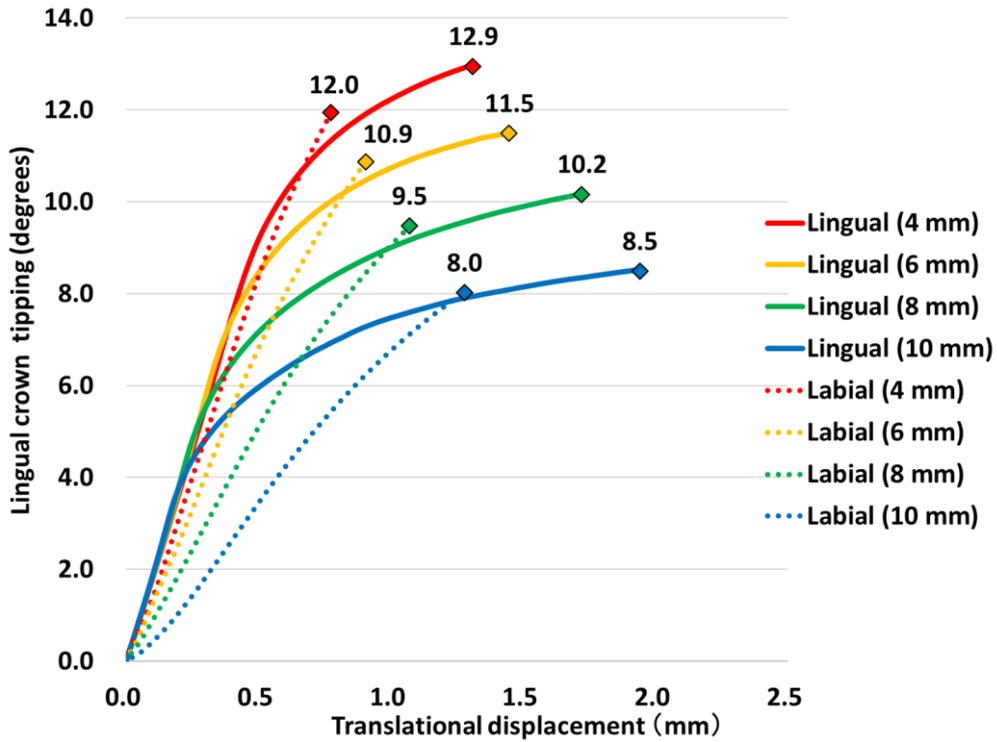


Fig2. 中切歯の舌側移動に伴う、舌側歯冠傾斜のグラフ

パワーアームは、両装置ともに歯の動きをコントロールし、垂直方向の bowing effect を低減するのに効果的であったが、中切歯の歯体移動は達成できず、bowing effect を完全に排除することはできなかった(Fig3.)。

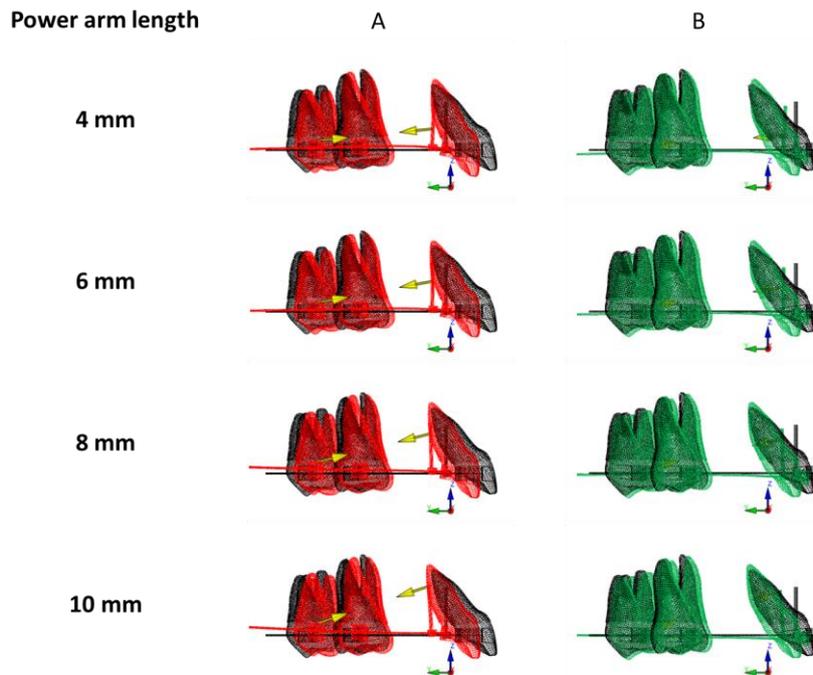


Fig3. 抜歯空隙閉鎖前後の中切歯、第一大臼歯、第二大臼歯の変位図  
 A: 舌側ブラケット (黒: 抜歯空隙閉鎖前、赤: 抜歯空隙閉鎖後)  
 B: 唇側ブラケット (黒: 抜歯空隙閉鎖前、緑: 抜歯空隙閉鎖後)

[考察]

本研究において抜歯空隙閉鎖前の中切歯の抵抗中心からブラケットまでの垂直的な距離 ( $d_H$ ) は両装置で同じである。そのため、牽引力 ( $F_H$ ) に対する舌側歯冠傾斜方向のモーメント ( $M_H$ ) も同じである。しかし、圧下力 ( $F_V$ ) に対するモーメントアームは両装置で異なる。つまり、舌側ブラケットの圧下力に対するモーメントアーム ( $d_{V1}$ ) は唇側ブラケットのもの ( $d_{V2}$ ) と比較して、著しく小さいため、圧下力による唇側歯冠傾斜方向のモーメントは唇側ブラケット ( $M_{V2}$ ) よりも舌側ブラケット ( $M_{V1}$ ) の方が小さくなる。その結果、舌側歯冠傾斜方向のモーメントの総量は舌側ブラケットの方が大きくなり、空隙閉鎖の初期段階では舌側ブラケットの方が、舌側歯冠傾斜が顕著であったと考えられる (Fig4.)。

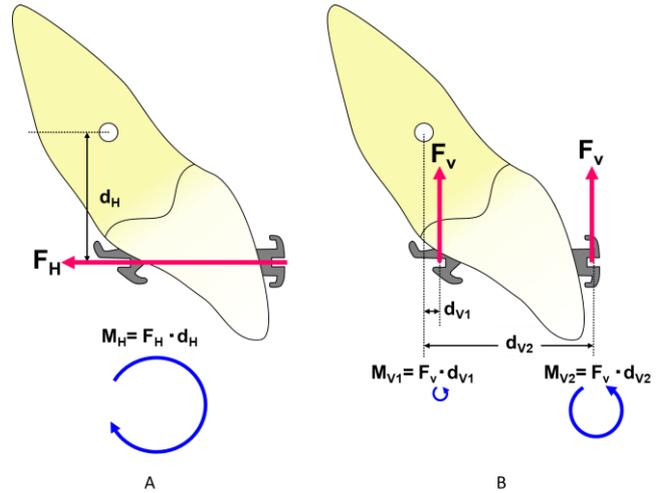


Fig4. 抜歯空隙閉鎖初期に発生するモーメントにおける唇側ブラケットと舌側ブラケットの比較 A：牽引力によるモーメント B：圧下力によるモーメント

しかし、空隙閉鎖完了時には舌側歯冠傾斜角度の差はわずかであった。その原因は、抵抗中心からブラケットまでの垂直的な距離が経時的に変化するからである。唇側ブラケットは舌側傾斜をすると、抵抗中心からブラケットまでの垂直的な距離が大きくなるのに対し、舌側ブラケットはこの距離が小さくなるため、唇側ブラケットは経時的に、牽引力による舌側傾斜方向のモーメントが大きくなる (Fig5.)。その際、ワイヤーとブラケットスロットの遊びが消費され、唇側傾斜方向のトルクが発生する。その結果、舌側ブラケットの方が唇側傾斜方向のトルクの効果が大きく、舌側傾斜傾向が大きく改善され、抜歯空隙閉鎖完了時の舌側傾斜角度の差は小さくなったと考えられる。

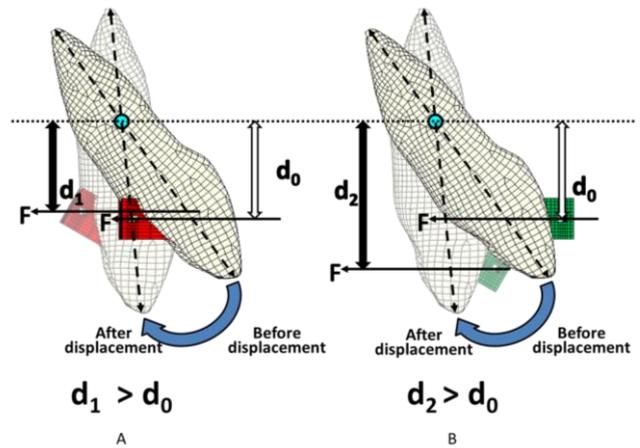


Fig5. 抵抗中心とブラケットの垂直的な距離の経時的な変化 A：舌側ブラケット B：唇側ブラケット

[基礎となった学術論文]

1. **Hiroya Komaki**, Ryo Hamanaka, Jun-ya Tominaga, Sachio Jinnai, Tuan Anh Nguyen, Daiki Kuga, Yoshiyuki Koga, and Noriaki Yoshida, Biomechanical features of tooth movement from a lingual appliance in comparison with a labial appliance during space closure in sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022. AJODO-D-21-00077R1 (in press)
2. Tuan Anh Nguyen, Ryo Hamanaka, Sachio Jinnai, **Hiroya Komaki**, Satoshi Yamaoka, Jun-ya Tominaga, Yoshiyuki Koga, and Noriaki Yoshida, Simulation of orthodontic tooth movement during activation of an innovative design of closing loop using the finite element method. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2021. AJODO-D-19-00923R2 (in press)