

原 著

ロウフリクションブラケットの摩擦特性に関する研究

遠藤 敏哉 堀井 和宏 安田 一彰 亀田 晃

日本歯科大学新潟歯学部歯科矯正学教室

Toshiya ENDO, Kazuhiro HORII, Kazuaki YASUDA and Akira KAMEDA

Nippon Dental University School of Dentistry at Niigata, Department of Orthodontics

キーワード：ロウフリクションブラケット，ロウフリクションピン，スライディングメカニクス，運動摩擦力，摩擦特性

マルチブラケット装置を用いた矯正治療において，ブラケット—ワイヤー—ピン系に生じる運動摩擦力は歯の移動に多大な影響を及ぼす。叢生や捻転を除去する治療の初期の段階に必要なスライディングメカニクスに過度の運動摩擦力が生じると，前歯群の効率的な歯の移動を阻止し，大白歯群の固定の喪失を招来することになる。

そこで，新たに開発したロウフリクションブラケット (LFB) あるいは従来のベッグブラケット (BB) に 0.016 インチまたは 0.018 インチのラウンドワイヤー (016 round, 018 round) を各種ピン (ロウフリクションピン，フックピン，ローテーションTピン；LFP, HP, RTP) で装着した場合 (各種ブラケット—ワイヤー—ピン系) のスライディングメカニクスにおける運動摩擦力を実験的に比較し，LFB-016/018 round-LFP 系における摩擦特性を検討するため，本研究を行った。そして，次の結果を得た。

1) LFB の摩擦特性を各種ワイヤー (016/018 round) —ピン (LFP, HP) 系における LFB-BB 間の運動摩擦力の比較により検討した結果，LFB の運動摩擦力はすべてのワイヤー—ピン系において BB より小さくなった。

2) LFP の摩擦特性を各種ブラケット (LFB, BB) —ワイヤー (016/018 round) 系における LFP-HP 間の運動摩擦力の比較により検討した結果，LFP の運動摩擦力はすべてのブラケット—ワイヤー系において HP より有意に小さくなった。

3) 新たに考案された LFB-016/018 round-LFP 系の運動摩擦力は従来の BB-016/018 round-RTP 系より小さくなった。

以上の結果から，LFB-016/018 round-LFP 系では BB-016/018 round-RTP 系と同程度あるいはそれ以上に効率的な前歯群の歯の移動が行われ，固定大白歯に適切に与えられたアンカレッジバンドの作用と相まって，大白

歯群の固定が十分に保護されることが示唆された。

(日矯歯誌 53(5) : 515~521, 1994)

A study on the frictional properties of low friction bracket

The kinetic frictional forces produced in the bracket-wire-pin system in orthodontic treatment using multibracket appliances have considerable effect on the movement of teeth. If excess frictional forces are produced in the required sliding mechanics at the initial stage of treatment to eliminate crowding and torsion, it will prevent efficient migration of the anterior teeth, and lead to loss of the first molar anchorage.

Therefore, we compared experimentally the forces of kinetic friction of the sliding mechanics of the newly developed low friction bracket (LFB) or the Begg bracket (BB) to which 0.016 inch or 0.018 inch round wire (016 round, 018 round) were attached with various pins (low friction pin, hook pin, rotation T pin; LFP, HP, RTP), and we conducted this study in order to investigate the frictional characteristics of the LFB-016/018 round-LFP system with the following results.

1) The LFB frictional characteristics were investigated by comparing the kinetic frictional forces between LFB and BB in the various wire (016/018 round)-pin (LFP, HP) systems, and as a result, the kinetic frictional forces of the LFB were less than the BB in all the wire-pin systems.

2) The LFP frictional characteristics were inves-

tigated by comparing the kinetic frictional forces between LFP and HP in the various bracket (LFB, BB)-wire (016/018 round) systems, and as a result, the kinetic frictional forces of the LFP were significantly less than the HP in all the bracket-wire systems.

3) The kinetic frictional forces of the newly devised LFB-016/018 round-LFP system were less than that in the current BB-016/018 round-RTP sys-

tem.

These results suggest that the LFB-016/018 round-LFP system moves anterior teeth as or more efficiently than the BB-016/018 round-RTP system, and coupled with anchorage bends appropriately applied to the first molar anchor, adequately protects the stability of the first molars.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 53(5) : 515~521, 1994)

緒 言

ベッグ法は, Beeg, P. R. が必要抜歯のよりどころとしての咬耗咬合^{1,2)}とフォースシステムである差動矯正力³⁾を背景として考案した歯科矯正治療法であり⁴⁾, 1961年に light arch wire technique として発表された⁵⁾. 本邦には, 榎, 本橋により 1961年に導入された.

このテクニックは互いに1点で接触するラウンドワイヤー, 縦長のベッグブラケット, 縦長のピンを使用するため, 歯が傾斜移動し治療の最終段階で傾斜し過ぎとなり, 治療期間が長期化し, 相当な治療技術上の熟練を必要とした.

Kameda はこのようなベッグ法を不安定で未成熟なテクニックと評価し⁶⁾, 種々な改良を重ねることにより KB テクニックを確立した^{4,7)}. また, 多くの不正咬合は歯が唇舌的に不正な位置にあり, 近遠心的に僅かに傾斜しているが, むしろ唇舌的な傾斜によって成立しているといわれている^{4,6)}. そこで, KB テクニックでは歯を唇舌的に積極的に傾斜させ近遠心的にほとんど傾斜させない鉄棒の原理⁴⁾の歯の移動が行われている⁶⁾. この原理を実現するため, 叢生や捻転を除去する矯正治療の初期の段階に必要なスライディングメカニクスでは, 従来のベッグ法で用いられてきたベッグブラケットに横長のローテーションTピンとラウンドワイヤーを組み合わせた歯の移動様式が考案された. 岡ら⁸⁾はベッグブラケットにラウンドワイヤーをローテーションTピンで装着した場合, 縦長のピンに比べて, 運動摩擦力がかなり小さくなったと報告している. すなわち, ベッグブラケットーラウンドワイヤーローテーションTピン系では歯が近遠心的にほとんど傾斜しない運動摩擦力の小さい効率的な歯の移動が行われている^{4,6,8)}.

一方, Kameda⁹⁾は1990年従来のベッグブラケットに代わる新型ブラケットとしてロウフリクションブラケットを開発した. このブラケットはベッグブラケットに横長のローテーションTピンの機能を組み込んだいわゆる T pin built in bracket で, 専用のロウフリクションピンと組み合わせることにより, 小さい運動摩擦力で歯を近遠心的にはほとんど傾斜させない歯の

移動を可能にした.

そこで, 従来のベッグブラケットあるいは新たに開発したロウフリクションブラケットにラウンドワイヤーを各種ピンで装着した場合のスライディングメカニクスにおける運動摩擦力を実験的に比較し, ロウフリクションブラケットーラウンドワイヤーローウフリクションピン系における摩擦特性を検討するため, 本研究を行った.

実験材料ならびに方法

I. 使用したワイヤーの種類

0.016 インチ ラウンドワイヤー (0.016" round wire ; 231-340, ウィルコック社, ウィトロシー, ヴィクトリア州) と 0.018 インチ ラウンドワイヤー (0.018" round wire ; 232-430, ウィルコック社, ウィトロシー, ヴィクトリア州) の2種類を使用し, 以後便宜上それぞれを 016 round, 018 round と記載した. ワイヤーの材質は2種類ともステンレススチール製であった.

II. 使用したブラケットの種類

ブラケットは犬歯用のロウフリクションブラケット (low friction bracket ; トミー社, 東京) とベッグブラケット (Begg bracket ; 256-949, TP オルソドンティクス社, ラポルテ, インディアナ州) の2種類を使用し, 以後便宜上それぞれを LFB, BB と記載した. ブラケットの材質は2種類ともステンレススチール製であった.

III. 使用したピンの種類

ピンはロウフリクションピン (low friction pin ; トミー社, 東京), フックピン (hook pin ; 207-361, TP オルソドンティクス社, ラポルテ, インディアナ州), ローテーションTピン (rotation T pin ; 203-530, TP オルソドンティクス社, ラポルテ, インディアナ州) の3種類を使用し, 以後便宜上それぞれを LFP, HP, RTP と記載した. ピンの材質は LFP と RTP がステンレススチール製で HP がプラス製であった.

IV. 運動摩擦力の測定

2種類のブラケット (LFB, BB) をそれぞれ即時重合レジンでアクリル製アタッチメントに接着後, 考案した運動摩擦力測定キットに取り付けた. ワイヤー

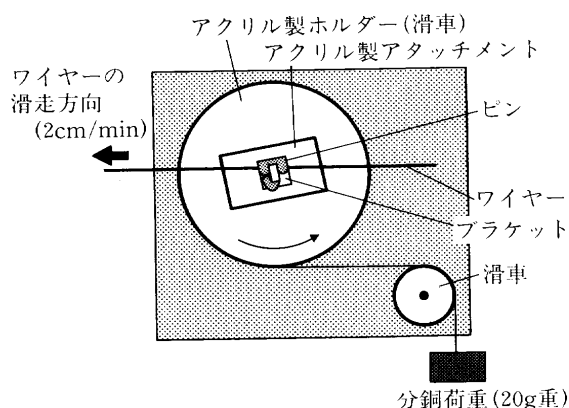


図 1 運動摩擦力測定装置の概略図

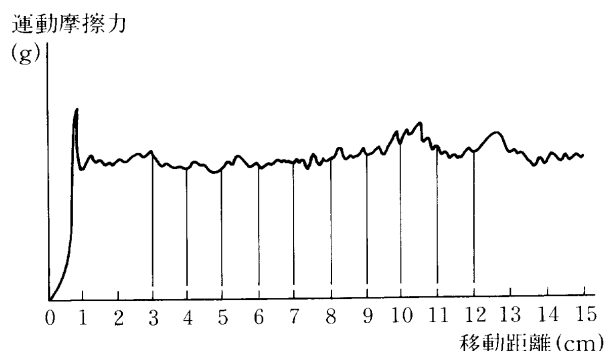


図 2 実験で得られた典型的な波形
移動距離 1 cm, 2 cm, …15 cm がそれぞれポイント
1, ポイント 2, …ポイント 15 に相当する。

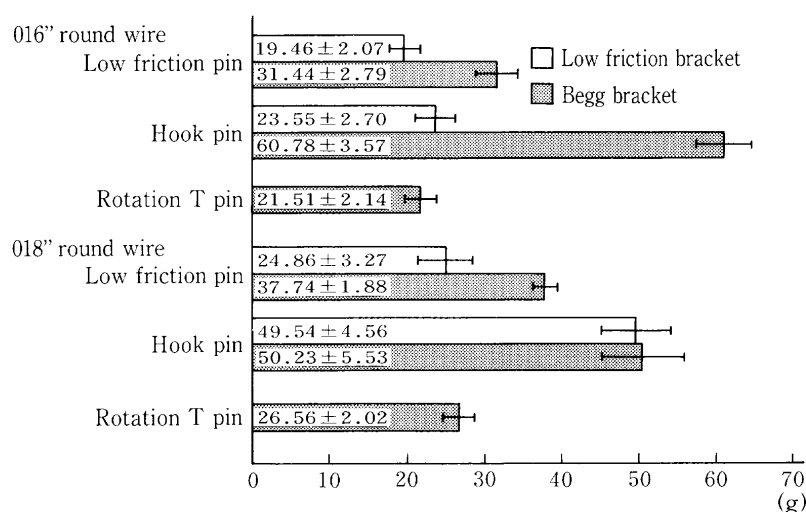


図 3 各種ブラケットーワイヤーーピン系における運動摩擦力の平均値と標準偏差

(016 round, 018 round) はアルコールおよびアセトンにて清掃され、レオメーター (NRM-2010J-CW, 不動工業社, 東京; レコーダー R-31)⁸⁾ に装着された。さらに、各種ワイヤーを LFB に HP, LFP で、BB に HP, LFP, RTP でそれぞれ装着した。なお、装着は同一条件で行った。ついで、ワイヤーとブラケットの寸法の差だけ傾斜した状態にするため、岡ら⁸⁾の方法に準拠して 20 g 重の負荷を加えて測定を開始した (図 1)。測定条件は測定範囲 0.5 cm, テーブルスピード 2 cm/min, チャートスピード 60 cm/min とし、運動摩擦力の測定は各種ブラケットーワイヤーーピン系とも 10 回ずつ行った。

測定終了後、図 2 に示したように得られた波形 (チャート上の移動距離 15 cm) をそれぞれ 1 cm 間隔で 15 等分し、ポイント 1 からポイント 15 までを設定した。ついで、ポイント 3 からポイント 12 までの運動摩擦力の平均値を求めた。その後、ブラケットーワイヤーーピン系の 10 回測定した運動摩擦力の平均値と標準偏差を算出した。

また、各種ブラケットーワイヤーーピン系間の運動

摩擦力の平均値の差の検定 (t 検定) を行った。

実験結果

各種ブラケットーワイヤーーピン系における運動摩擦力の平均値と標準偏差を図 3 に示した。

I. LFB の摩擦特性について

LFB の摩擦特性を各種ワイヤー (016/018 round) ーピン (LFP, HP) 系における LFB-BB 間の運動摩擦力の比較により検討した。LFB の運動摩擦力はすべてのワイヤーーピン系において BB より小さくなった (図 3)。

また、各種ワイヤーーピン系における LFB-BB 間の運動摩擦力の平均値の差の検定結果を表 1 に示した。018 round-HP 系では LFB-BB 間に有意差が認められなかったが、他のワイヤーーピン系では高度に有意差 (危険率 1%) が認められた。

II. LFP の摩擦特性について

LFP の摩擦特性を各種ブラケット (LFB, BB) ーワイヤー (016/018 round) 系における LFP-HP 間の運

表 1 ローフリクションブラケットーベッグブラケット間の運動摩擦力の平均値の差の検定

	Low friction bracket- Begg bracket
016" round wire- Low friction pin	**
016" round wire- Hook pin	**
018" round wire- Low friction pin	**
018" round wire- Hook pin	ns

** : P<0.01

ns : not significant

動摩擦力の比較により検討した。LFP の運動摩擦力はすべてのブラケットーワイヤー系において HP より小さくなった (図 3)。

また、各種ブラケットーワイヤー系における LFP-HP 間の運動摩擦力の平均値の差の検定結果を表 2 に示した。すべてのブラケットーワイヤー系では LFP-HP 間に高度に有意差が認められた。

III. LFB-016/018 round-LFP 系の摩擦特性について
新たに考案された LFB-016/018 round-LFP 系と KB テクニックで頻用されている BB-016/018 round-RTP 系における運動摩擦力を比較検討した。

LFB-016/018 round-LFP 系の運動摩擦力は BB-016/018 round-RTP 系より小さくなったが、両系に有意差は認められなかった (図 3)。

考 察

I. 実験方法について

摩擦力は、2つの物体が相接したまま相対運動しようとするときまたは相対運動をしつつあるとき、その界面で運動を阻止しようと接線方向に作用する抵抗力をいう¹⁰⁻¹²⁾。

矯正歯科領域においても、Andreasen ら¹³⁾、神山 ら¹⁴⁾、Baker ら¹⁵⁾、Pratten ら¹⁶⁾、Prososki ら¹⁷⁾、小野寺 ら¹⁸⁾、野田 ら¹⁹⁾は静止摩擦力的に、また Riley ら²⁰⁾、Frank ら¹¹⁾、Stannard ら²¹⁾、Garner ら²²⁾、岡 ら⁸⁾、Kapila ら¹²⁾は運動摩擦力的に研究を行っている。また、摩擦の法則 (アモントンの法則、クーロンの法則)¹⁰⁾から、静止および運動摩擦力は垂直抗力に比例する。本研究のように固定したブラケット内をワイヤーが滑ったり、あるいはワイヤー上をブラケットが滑走したりするスライディングメカニクスでは、Frank ら¹¹⁾、Kapila ら¹²⁾の報告のようにブラケットとワイヤーとの接触関係が多様に変化し、その結果、接触面に生じる垂直抗力や摩擦力は互いにその大きさと

表 2 ローフリクションピンーフックピン間の運動摩擦力の平均値の差の検定

	Low friction pin- Hook pin
Low friction bracket- 016" round wire	**
Low friction bracket- 018" round wire	**
Begg bracket- 016" round wire	**
Begg bracket- 018" round wire	**

** : P<0.01

方向が経時的に変わることになる。したがって、本研究では運動摩擦力を指標として、各種ブラケットーワイヤーピン系の摩擦特性を比較検討した。

本研究のような犬歯のスライディングメカニクスではブラケットの溝 (スロット) とワイヤーの間にいわゆる“あそび (clearance)”が存在するため、まずワイヤーがピンを装着した状態のブラケットのスロットとの寸法の差分だけ傾斜し、その際ワイヤーとブラケットの接触部に垂直抗力が生じ、矯正力と反対方向に摩擦力が発生する。また、KB テクニックでは、叢生や捻転を除去する治療の初期の段階 (Stage I, step 1) において、犬歯に顎間II級ゴムを装着するが多い。したがって、負荷を加えた力系の実験装置を用いた。従来、ブラケットとワイヤーの間のあそびを考慮したり、歯周組織の抵抗を想定したりして、実験装置に負荷を加えている報告が数多く認められるが^{8,11-14,16,19)}、負荷の大きさについては種々である。Storey ら²³⁾はエッジワイズ装置を用いて *in vivo* で歯の移動速度を検討し、差動矯正力の理論を樹立して、犬歯の遠心移動は 150~200 g の力が最適であり、その時の移動量が約 0.1 mm/日であったと述べている。一方、ベッグ法ではこの差動矯正力の理論を応用し、弱い力 (light force)、中程度の力 (moderate force)、強い力 (heavy force) を使い分けていたが、Hoevar²⁴⁾、亀田⁴⁾は矯正力に対する歯根の歯頸部周囲と根尖部周囲の支持組織の局所的反応の相違から非常に弱い力 (ultralight force, very gentle light force) の考えを主張した。このような ultralight force の顎間II級ゴム 40~50 g はブラケット当たり約 15 g の力が生じる⁴⁾。したがって、本研究では 20 g 重の負荷を加えた実験装置を考案した。

ブラケットーワイヤーピン系に生じる摩擦力は、*in vivo* において、機械的因子と生物学的因子の複合的な影響を受ける。生物学的因子として、唾液、歯垢、獲得被膜、錆びなどが複雑に関与している¹²⁾。従来、このような因子を考慮した潤滑摩擦の研究では、潤滑材

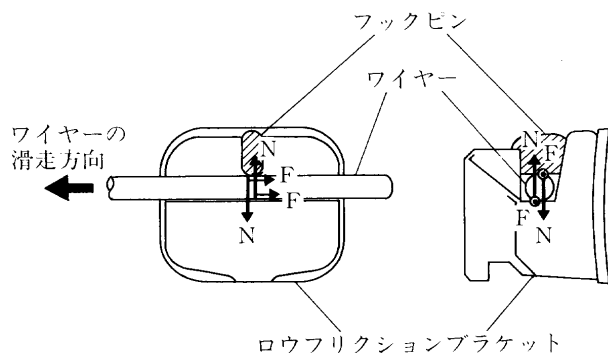


図4 ロウフリクションブラケットとワイヤーの接触様式を示す模式図

ロウフリクションブラケットにラウンドワイヤーをフックピンで装着した場合のブラケットとワイヤーの接触様式およびワイヤーに生じる垂直抗力 (N: normal force) と運動摩擦力 (F: kinetic frictional force) を示した。

として, Andreasen ら¹³⁾, Baker ら¹⁵⁾, Garner ら²²⁾, Pratten ら¹⁶⁾が人工唾液を, Riley ら²⁰⁾が蒸留水を用いている。Baker ら¹⁵⁾は人工唾液中の摩擦力が乾燥状態に比べて15~19%程度減少したと報告しているが, Pratten ら¹⁶⁾は人工唾液中で摩擦力が増加したと述べている。このような人工唾液による摩擦力の大きさへの影響の差異は実験系に用いた負荷の大きさによるのであろう。つまり, 負荷の大きさを小さくすると摩擦力も小さくなり, 人工唾液は潤滑材としての役割を果たすのであろう¹⁶⁾。また, Riley ら²⁰⁾は蒸留水中の摩擦力が経時的に増加し, この原因として錆びを指摘した。一方, Andreasen ら¹³⁾は人工唾液中と乾燥状態で摩擦力の大きさが変化しなかったとしている。このように摩擦力に対する湿潤状態の影響はさまざまであり, 本研究のような乾燥状態でもブラケットーワイヤーピン系の運動摩擦力はその摩擦特性を十分反映すると考察した。

II. 実験結果について

一般に, ブラケットーワイヤーピン系の運動摩擦力に影響を与える機械的因子としては, ブラケットの材質とその形態 (ブラケットの幅とブラケットスロットのサイズ), ワイヤーの材質とその形態とサイズ, ワイヤーのこわさ (stiffness), ブラケットスロット内のワイヤーの傾斜度, ワイヤーの装着様式, ピンの材質とその形態とサイズなどがあげられている^{8,11~22)}。

各種ワイヤーピン系において, LFB の運動摩擦力が BB に比べて小さくなったのは, ブラケットの材質が同一であることから, ブラケットの形態と, 20 g 重の負荷とワイヤーのこわさによるブラケットスロット内のワイヤーの傾斜度が起因しているのであろう。図4に示したようにブラケットに20 g 重の負荷が与えられても, ワイヤーはLFBのスロットの基底面で線接触し傾斜しない。一方, BBでは016 roundがLFP

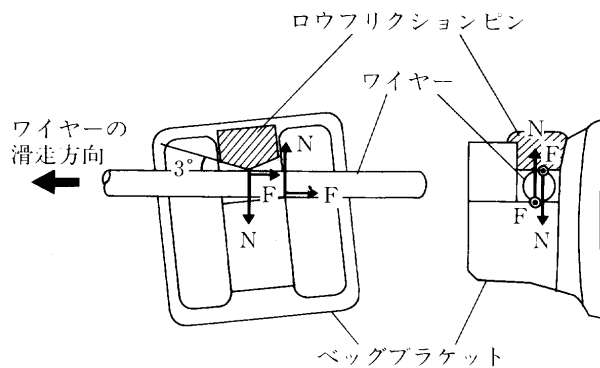


図5 ベッグブラケットとワイヤーの接触様式を示す模式図

ベッグブラケットにラウンドワイヤーをロウフリクションピンで装着した場合のブラケットとワイヤーの接触様式およびワイヤーに生じる垂直抗力 (N: normal force) と運動摩擦力 (F: kinetic frictional force) を示した。

で約3°, HPで30~40°程度傾斜し⁶⁾, 図5に示したようにブラケットと点接触することになる。このワイヤーとブラケットの傾斜度の違いとそれに伴う接触様式の変化が剛体としてのワイヤーの微小な変形を招き, 接触面における垂直抗力の大きさを増加させ, その結果運動摩擦力が増大したのであろう。Frank ら¹¹⁾はブラケットとワイヤーの点接触, 線接触, 面接触の3種類の接触様式が摩擦力の大きさに影響を与えるだろうと報告している。

各種ブラケットーワイヤー系において, LFPの運動摩擦力がHPに比べて小さくなったのはピンの材質とその形態とサイズが関与しているのであろう。Standard ら²¹⁾, Frank ら¹¹⁾が指摘しているように本研究で使用した016/018 roundのオーストラリアンワイヤー (Australian wire) の表面被膜や表面の粗さは材料自体の特有のものであり, 製作過程における熱処理や研磨によりさらに製作後の錆びや腐蝕によりワイヤーの劣化が進行する。このようなワイヤーと変形しやすいプラス製のHPが確実に接触することにより, 接触面での相対的粗さ (relative roughness) が増大し, 大きい運動摩擦力が生じたのであろう。

また, LFPはHPに比べて接触面積が小さく, かつワイヤーがスロット内で節度ある傾斜⁴⁾を行えるよう3°の傾斜 (tip) が付与されている。つまり, LFPとHPではワイヤーの接触面積や接触様式が異なることも, 運動摩擦力の大きさの相違の一因であろう。接触面積の大小は摩擦の法則から摩擦力の大きさに影響を与えないとされているが⁹⁾, プラス製のHPとステンレススチール製のワイヤーとの接触状態 (相対的粗さ) を考慮すると一考に値すると考察する。

III. 臨床的考察

スライディングメカニクスは, KBテクニックにおいて, 叢生や捻転を除去したり空隙を閉鎖あるいは整

理統合したり, マルチブラケット装置による動的矯正治療の初期の段階で不可欠な歯の移動方法である. KB テクニックでは上顎大臼歯の固定のため顎外固定装置を使用しないで, アンカレッジバンドによる固定を行っているが, 特にこの治療の初期の段階では上顎大臼歯の固定の保護に注意しなければならない. 前歯群のスライディングメカニクスに過度の摩擦力が生じると, 大臼歯の固定の喪失 (anchor loss) を招来することになる. 前歯群で効率的な歯の移動が行われ, 大臼歯群で十分に固定の保護がなされるためには, 摩擦力を可及的に小さくする必要がある. また, 多くの不正咬合は歯が唇舌的に不正な位置にあることから, KB テクニックでは鉄棒の原理と節度ある傾斜の歯の移動を行い, 力系として ultralight force を導入している.

このような歯の移動を実現するため, 治療の初期では BB-016/018 round-RTP 系が用いられてきた. 岡ら⁸⁾は, BB-016/018 round-RTP 系に生じる運動摩擦力がチップエッジブラケット (Tip edge bracket), KB Tip edge bracket, ストレートエッジブラケット (straight edge bracket) に 016/018 round をエラストメリックリガチャー (elastomeric ligature) した系より減少し, また BB-016/018 round-HP 系より小さくなり, 効率的な歯の移動が可能であると報告しており, 本研究結果と一致した.

KB テクニックのフィロソフィを基に考案された LFB-LFP 系の運動摩擦力は, BB-RTP 系に比べて, 016 round, 018 round とともに有意差が認められなかったが小さくなった. すなわち, LFB-016/018 round-LFP 系では BB-016/018 round-RTP 系と同程度あるいはそれ以上に効率の良い前歯群の歯の移動が可能であり, 固定大臼歯に適切に与えられたアンカレッジバンドの作用と相まって, 大臼歯群の固定の保護にも寄与することが示唆された.

本研究の一部は, 第 51 回日本矯正歯科学会大会 (1992 年 10 月, 大宮) において発表した.

文 献

- 1) Begg, P. R. : Stone age man's dentition, Am Jour of Orthodontics 40 : 298-312, 1954.
- 2) Begg, P. R. : Stone age man's dentition, Am Jour of Orthodontics 40 : 517-531, 1954.
- 3) Begg, P. R. : Differential force in orthodontic treatment, Am Jour of Orthodontics 42 : 481-510, 1956.
- 4) 亀田 晃 : ベッグ法のすべて—改良型ベッグ法—I. 基本術式と上顎前突の治療, 改定第 1 版, 京都, 1988, 永末書店, 1-28, 142-149.
- 5) Begg, P. R. : Light arch wire technique, Am J Orthodontics 47 : 30-48, 1961.
- 6) Kameda, A. : An outline of the revised Begg technique and Tip edge system (KB technique), Jpn J BEGG Orthod 11 : 1-22, 1989.
- 7) 亀田 晃 : ベッグ法のすべて—改良型ベッグ法 (K・B テクニック) —II. 下顎前突・上下顎前突・開咬の治療, 改定第 1 版, 京都, 1989, 永末書店, 56-61.
- 8) 岡 健治, 遠藤敏哉, 和田仁志, 他 : KB horizontal bracket (改良型 Tip edge bracket) の摩擦特性に関する研究, 歯学 77 : 1458-1469, 1989.
- 9) Kameda, A. : New thoughts on old and new techniques-Begg and Tip edge, Part I Summary of K-B (Revised Begg) technique, Jpn J BEGG Orthod 12 : 5-37, 1990.
- 10) 理化学辞典 : 玉虫文一, 富田小太郎, 小谷正雄, 他編, 第 3 版, 東京, 1977, 岩波書店, 1304, 1305.
- 11) Frank, C. A. and Nikolai, R. J. : A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire, Am J Orthod 78 : 593-609, 1980.
- 12) Kapila, S., Angolkar, P. V., Duncanson, M. G. and Nanda, R. S. : Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys, Am J Orthod Dentofac Orthop 98 : 117-126, 1990.
- 13) Andreasen, G. F. and Quevedo, F. R. : Evaluation of friction forces in the 0.022×0.028 edgewise bracket *in vitro*, J Biomech 3 : 151-160, 1970.
- 14) 神山光男, 佐々木俊則 : ブラケットの幅と摩擦について, 日矯歯誌 32 : 286-289, 1973.
- 15) Baker K. L., Nieberg, L. G., Weimer, A. D. and Hanna, M. : Frictional changes in force values caused by saliva substitution, Am J Orthod Dentofac Orthop 91 : 316-320, 1987.
- 16) Pratten, D. H., Popli, K., Germane, N. and Gunsolley, J. C. : Frictional resistance of ceramic and stainless steel orthodontic brackets, Am J Orthod Dentofac Orthop 98 : 398-403, 1990.
- 17) Prosski, R. R., Bagby, M. D. and Erickson, L. C. : Static frictional force and surface roughness of nickel-titanium arch wires, Am J Orthod Dentofac Orthop 100 : 341-348, 1991.
- 18) 小野寺知子, 福原達郎 : ラウンドワイズ・ブラケットの開発および基礎的研究, 日矯歯誌 52 : 39-50, 1993.
- 19) 野田隆夫, 岡本安生, 浜中人士 : 矯正用ワイヤーの摩擦特性—静摩擦係数による評価—, 日矯歯誌 52 : 154-160, 1993.
- 20) Riley, J. L., Garrett, S. G. and Moon, P. C. :

- Frictional forces of ligated plastic and metal edgewise brackets, J Dent Res A21 : 98, 1979.
- 21) Stannard, J. G., Gau, J. M. and Hanna, M. A. : Comparative friction of orthodontic wires under dry and wet conditions, Am J Orthod 89 : 485-491, 1986.
- 22) Garner, L. D., Allai, W. W. and Moore, B. K. : A comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise arch wire, Am J Orthod Dentofac Orthop 90 : 199-203, 1986.
- 23) Storey, R. and Smith, E. : Force in orthodontics and its relation to tooth movement, Aust Dent J 41 : 11-18, 1952.
- 24) Hocevar, R. A. : Begg-edgewise diagnosis-determined totally individualized orthodontic technique : Foundations, description, and rationale, Am J Orthod 88 : 31-46, 1985.
-
- 主 任 : 亀 田 晃 教授 1994 年 3 月 30 日 受付
- 連絡先 : 遠 藤 敏 哉
日本歯科大学新潟歯学部歯科矯正学教室
〒 951 新潟市浜浦町 1-8