原 著 論 文

各種条件下における片側下顎頭の下方牽引効果に関する研究

西川 敏文

Effect of Inferior Traction on a Unilateral Condyle under Various Conditions

Toshifumi Nishikawa

Abstract : The methods of creating inferior traction on a unilateral condyle using bilateral and unilateral bite plates on the molars and unilateral pivot were examined. Different patterns of mandibular displacement were also examined, i.e., voluntary clenching, manual unilateral elevation of the mandible, and unilateral and bilateral myo-monitor pulse stimulation (myo-pulsing). Displacement of the condyle was measured with a computerized axiograph.

Inferior traction on a condyle did not arise during voluntary clenching with the pivot or either of the bite plates. Voluntary clenching apparently caused the condyle to be pressed anterosuperiorly against the glenoid fossa. Manual unilateral elevation with the pivot created inferior traction of the condyle (1.3~1.4 mm) on the pivot side but superior movement (0.9~1.0 mm) also caused the condyle to be pressed against the glenoid fossa on the contralateral side. Plate side pulsing created inferior traction on the contralateral condyle without creating pressure on the pulsing side both with and without bite plates. Then non-plate side pulsing created inferior traction on the contralateral condyle without creating pressure on the pulsing side.

In conclusion, unilateral myo-pulsing with the pivot or the unilateral bite plate was the most effective for creating the inferior traction effect on the contralateral condyle, while voluntary clenching was ineffective.

Key words : inferior traction, myo-pulsing, pivot plate

I. 緒 言

顎関節症の保存療法には、スタビリゼーションバイトプレートによる治療が臨床で多く用いられ、疼痛の軽減や下顎運動機能の改善の効果が報告されている。そしてこのプレートの作用機序について従来より多くの解説がなされている^{1~4)}。その中の1つに、バイトプレート装着によって下顎頭を下方に変位させることにより、顎関節内での下顎頭による圧縮を緩和^{5~7)}する作用がある。そしてさらに積極的な下顎頭下方牽引を目的としたバイトプレートが数種考案され、多くは関節円板前方転位症例に使用し、その臨床的效果に関しても報告されてきた^{8~13)}。またピボット型

バイトプレート、その他のバイトプレートやバイトブロックを用いて、片側のみを挙上して咬みしめた時の下顎頭変位様相を実験的に確認した報告^{14~20)}も認められる。しかしそれは、装着側とは反対側の下顎頭が上方変位するという点では一致するものの、装着側での変位様相についてはその結果は様でない。つまり臨床的效果に対して実験的には下顎頭の下方牽引効果は立証されていない。そこで著者はこれらの随意的筋収縮による咬みしめによる下顎頭変位について再度統一した条件下で検討し、また随意的筋収縮に対する他動的な条件下における咀嚼筋への電氣的刺激や、徒手の挙上による下顎頭変位についても検討する必要があると考えた。本実験の目的はどのような条件下で下顎頭の有効な下方牽引効果が得られるかについて明らかにすることにある。

大阪歯科大学歯科補綴学第3講座（指導：井上 宏教授）
The Third Department of Prosthodontics, Osaka Dental University (Director : Prof. Hiroshi Inoue)
平成8年11月30日受付

II. 実験方法

1. 随意的筋収縮（咬みしめ）による下顎頭変位に関する実験

1) 両側および片側バイトプレート装着時

(1) 被検者

被検者は平均年齢 25.1 歳で、顎口腔系に自覚的ならびに他覚的に異常の認められない健康有歯顎者男性 7 名とした。ただし、下顎頭変位について対象とする変位量が小さいために誤差やばらつきを招きやすく、あらかじめそれらの原因として考えられる状況と思われる開閉口運動時に左右関節の同期した下顎頭運動が触診されない者、習慣性開閉口運動路が不安定で再現性のない者については特に被検者から省いた（以下の実験に関しても同様である）。

(2) バイトプレートの作製および調整

バイトプレート（以下プレート）作製にあたり、咬合を挙上して咬合採得するために、あらかじめ上顎歯列模型上で即時重合レジン（UNIFAST, ジーシー社製）を用いてアンテリアージグを作製した。前歯部の挙上量がそれぞれ 2 mm, 4 mm となるようにジグを調整した後、それぞれのジグごとに習慣的閉口位をとらせて咬合採得材（RAMITEC, ESPE 社製）にて咬合採得を行った。この時、被検者には座位をとらせた（以下のすべての実験に関しても同様である）。重合完成した下顎全歯列型のプレートは、上顎両側臼歯部の舌側咬頭が 1 歯につき 1 点ずつ左右均等に接触するよう調整し、MKG (K-6, MYO-TRONICS 社製) を用いて挙上量を確認してプレートの完成とした。本プレートは被検者ごとに挙上量 2 mm と 4 mm の 2 種類ずつ作製した。ただし今回の実験では、オクルーザルテーブルはフラットとし、犬歯部のガイドおよび前歯部の接触も付与しなかった。その後正中部にて左右 2

つに分割した。この 2 つに分割したプレートのどちらか一方を装着することにより、片側プレート、両側に装着することにより両側プレートとした。

(3) 実験条件

プレート装着条件は、2 mm 挙上の両側プレート装着（以下 BP-2）、4 mm 挙上の両側プレート装着（以下 BP-4）、2 mm 挙上の片側プレート装着（以下 UP-2）、4 mm 挙上の片側プレート装着（以下 UP-4）の 4 条件とした。咬みしめ強度条件の設定は、まず各被検者の両側咬筋中央部より銀製皿電極によって導出された筋活動電位をオシロスコープ（5113, SONY/TEKTRONIX 社製）上に描画させ、被検者に visual feedback させた。そのうえで、最大咬みしめ（以下 MAX CLENCH）、MAX CLENCH 時の約 1/3 の EMG が得られる程度の咬みしめ（以下 1/3 CLENCH）、の 2 条件を設定し、対照として静かに閉口させてプレートと対合歯を接触させるだけで咬みしめさせないもの（以下 NO CLENCH）についても同様に測定した。プレート装着の 4 条件と咬みしめ強度の 3 条件を組み合わせランダムな順に行い、これを 2 回繰り返した（表 1）。なお片側プレート装着側は被検者ごとに統一し、咬みしめは約 2 秒間程度とした。疲労の影響を最小限に抑えるため、各試行間には十分時間をあけた。咬みしめは両側に均等に力を入れるよう指示し、片側咬みしめによる下顎の側方移動を防いだ（以下の実験に関しても同様に行った）。

2) 片側局部ピボット型バイトプレート装着時

(1) 被検者

被検者は平均年齢 26.3 歳で、顎口腔系に自覚的ならびに他覚的に異常の認められない健康有歯顎者男性 6 名とした。

(2) 局部ピボット型バイトプレートの作製および調整

1) の実験で使用した 4 mm 挙上の片側プレートを両側に装着して（BP-4 の状態）、片側の第二小臼歯部と第二

表 1 Conditions in experiments
本実験における設定条件

1. Experiments of the condylar displacement during voluntary muscle contraction (clenching)

	Conditions		
1) With bilateral and unilateral plate	[BP-2, BP-4, UP-2, UP-4] × [NO CLENCH, 1/3 CLENCH, MAX CLENCH] *		
2) With unilateral pivot	[PVT 5, PVT 7]	×	[MAX CLENCH] *

2. Experiments of the condylar displacement during passive and involuntary mandibular displacement

	Conditions		
1) By manual unilateral elevation with unilateral pivot	[PVT 5, PVT 7]	×	manual unilateral elevation *
2) By myo-pulsing			
a) With unilateral plate	[NP, UP-2, UP-4]	×	[BSP, PSP, NSP] *
b) With unilateral pivot	[PVT 5, PVT 7]	×	[BSP, PSP, NSP] *

BP-2 or 4 : Bilateral bite plates raised 2 or 4 mm, UP-2 or 4 : Unilateral bite plate raised 2 or 4 mm, 1/3 CLENCH : Clench strength in 1/3 amplitude of EMG in MAX CLENCH on an oscilloscope, PVT 5 or 7 : Unilateral pivot on second premolar or second molar, NP : No plate, BSP : Bilateral side pulsing, PSP : Plate side unilateral pulsing, NSP : Non-plate side unilateral pulsing

* : All experiments were repeated two times randomly

大臼歯部に即時重合レジンを少量盛りあげて静かに閉口させ、対合歯舌側咬頭頂付近をわずかに覆うような形態を付与した。その後第二小臼歯部と第二大臼歯部の挙上部分のみ切り放し、局部ピボット型バイトプレート（以下ピボット）の完成とした。本ピボットは被検者ごとに第二小臼歯部と第二大臼歯部の 2 種類ずつ作製した。

(3) 実験条件

片側第二小臼歯部ピボット装着（以下 PVT 5）、片側第二大臼歯部ピボット装着（以下 PVT 7）の 2 条件に対して、随意的に最大咬みしめを 2 回ずつランダムに行った（表 1）。

2. 他動的不随意的な操作による下顎頭変位に関する実験

1) 片側局部ピボット装着時の徒手の挙上による下顎頭変位に関する実験

(1) 被検者

被検者は平均年齢 27.0 歳で、顎口腔系に自覚的ならびに他覚的に異常の認められない健康有歯顎者男性 7 名とした。

(2) 局部ピボットの作製および調整

実験 1 と同様に作製した。

(3) 実験条件

被検者に片側局部ピボットを装着させて座位をとらせた。被検者に十分リラックスさせた後、術者は被検者の後方に立ち、両手を被検者の両側下顎角部に軽く添え、主に非装着側を徒手的に上方へ挙上した。挙上力は概ね 5 kg 程度とし、PVT 5、PVT 7 の 2 条件に対してランダムに 2 回繰り返した（表 1）。

2) マイオモニター電気刺激による下顎頭変位に関する実験

(1) 片側プレート装着時

a. 被検者

実験 1 の 2) と同様である。

b. バイトプレートの作製および調整

実験 1 の 1) と同様に作製した。

c. 実験条件

通法に従って被検者にマイオモニター（J 4, MYO-TRONICS 社製）による電気刺激（以下マイオパルスング、またはパルスング）を 30 分間与え、筋リラクゼーションを図った。その後 UP-2、UP-4、そして対照としてプレートなしの場合（以下 NP）のそれぞれの場合について両側パルスング（以下 BSP）、装着側のみの片側パルスング（以下 PSP）、非装着側のみの片側パルスング（以下 NSP）の 3 通りをランダムに組み合わせて 2 回繰り返した（表 1）。パルスングのレベルは下顎が動き出す（指をオトガイ部に当てて触知）目盛りを基準として、約 2 目盛り増しで痛みを感じない程度と規定した。ただし、両側

パルスングと片側のみのパルスングとをバランスコントロールつまみで切り替えただけでは、一側にかかる刺激強度が異なったので、シンクロスコープ（SS 4100 G, 岩通電気社製）にてマイオパルス波形をモニターしながら、両側パルスング時と片側パルスング時の一側にかかる刺激強度が等しくなるように、バランスコントロールつまみとアンプリチュードコントロールつまみを用いてパルスング強度を調整した。

(2) 片側局部ピボット装着時

a. 被検者

実験 1 の 2) と同様である。

b. 局部ピボットの作製および調整

実験 1 の 2) で使用したものを使用した。

c. 実験条件

通法に従って被検者にマイオパルスングを 30 分間与え、筋リラクゼーションを図った。その後、PVT 5、PVT 7 の 2 条件に対して、BSP、PSP、NSP を組み合わせてランダムに行い、これを 2 回繰り返した（表 1）。

3. 下顎頭変位の計測方法

以上のすべての実験による左右側下顎頭点の変位量はコンピューターアキシオグラフ（CADIAX Version 2.05, GAMMA 社製）を用いて計測した。得られたデータはパーソナルコンピューター（PC-9821 Xa, NEC 社製）に入力した。データは各実験ごとに、また装着側、非装着側ごとに、以下のように変動因子を設定して分散分析を行い、統計学的に検討を加えた。

実験 1 の 1)

被検者（n=7）、設定条件（プレートと咬みしめ強さの組合せ、n=4）を主変動因子とし、両側プレート、片側プレートごとに分析した。

実験 1 の 2)、2 の 1)

被検者（n=6 または 7）、ピボット（n=2）を主変動因子とした。

実験 2 の 2) の (1)、2 の 2) の (2)

BSP、PSP、NSP ごとに、被検者（n=6）、プレートまたはピボット（n=2）を主変動因子として、BSP、PSP、NSP ごとに分析した。

III. 結 果

1. 随意的筋収縮（咬みしめ）による下顎頭変位

1) 両側および片側プレート装着時

(1) 咬みしめなしの場合

UP-2、UP-4 時の NO CLENCH での下顎頭の変位を図 1 に矢状面で示した。原点は Intercuspal Position（以下 ICP）での下顎頭位である。図中のプロットは各試行の平均値で表した（以下同様に示す）。UP-2 では前方へ

図1 Condylar displacement with unilateral bite plate (NO CLENCH)
片側プレート装着時の下顎頭変位 (咬みしめなし)

図3 Condylar displacement with unilateral bite plate (with voluntary clenching)
片側プレート装着時の下顎頭変位 (随意咬みしめ時)

図2 Condylar displacement with bilateral bite plates (with voluntary clenching)
両側プレート装着時の下顎頭変位 (随意咬みしめ時)

図4 Condylar displacement with unilateral pivot (with voluntary clenching)
片側ピボット装着時の下顎頭変位 (随意咬みしめ時)

0.12 mm (装着側), 0.21 mm (非装着側), 下方へ0.24 mm (装着側), 0.20 mm (非装着側), UP-4 では前方へ0.32 mm (装着側), 0.46 mm (非装着側), 下方へ0.43 mm (装着側), 0.38 mm (非装着側) 変位した。

(2) 咬みしめによる下顎頭変位

BP-2, BP-4 時の咬みしめによる下顎頭の変位を、片側プレート装着時の装着側, 非装着側にあわせて左右に振り分けて図2に示した。原点は被検者ごとのBP-2, BP-4 での NO CLENCH 時 (咬みしめ直前) の下顎頭点の位置とし、咬みしめによる変位量のみを取りだして示している。下顎頭点は挙上量を増すにつれ、また咬みしめ強さを増すにつれ、両側ともほぼ対称的に前上方へ有意に変位した。上方変位量は最大で0.37 mm (BP-4, MAX CLENCH, 装着側, 非装着側とも), 前方変位量は最大で0.07 mm (BP-4, MAX CLENCH, 装着側), 0.19 mm (同, 非装着側) であった。

UP-2, UP-4 時の咬みしめによる下顎頭変位を同様に図3に示した。原点は被検者ごとのUP-2, UP-4 での

NO CLENCH 時の下顎頭点の位置である。両側下顎頭はBP-2, BP-4 同様両側とも上方変位を示した。装着側ではいずれの条件においても上方に変位量約0.2 mm, 前後方向への変位量は0.1 mm 以下で、下方牽引効果は認められなかった。非装着側では挙上量を増すにつれ、また、咬みしめ強さを増すにつれ下顎頭点は有意に前上方へ変位した。上方変位量は最大で0.74 mm (UP-4, MAX CLENCH), 前方変位量は最大で0.35 mm (UP-4, MAX CLENCH) であった。MAX CLENCH 時には両側プレート装着時に比べ変位量は前上方に大きくなり、咬みしめ力が大きくなると非装着側下顎頭は前上方へ大きく変位した。

2) 片側局部ピボット装着時

PVT 5, PVT 7 時の最大咬みしめによる下顎頭変位を同様に図4に示した。原点は被検者ごとのPVT 5, PVT 7 での NO CLENCH 時の下顎頭点の位置とした。装着側下顎頭はPVT 5 時には変位はみられず、PVT 7 時には下方に0.10 mm, 後方に0.19 mm の変位を示した。

図 5 Condylar displacement from ICP (with voluntary clenching)
ICP 時の位置を基準とした下顎頭変位 (随意咬みしめ時)

図 6 Condylar displacement with unilateral pivot (with manual unilateral elevation)
片側ピボット装着時の下顎頭変位 (徒手の挙上時)

一方非装着側下顎頭は前上方変位を示し、上方変位量は最大で 0.61 mm (PVT 5)、前方変位量は最大で 0.10 mm (PVT 5) であった。

咬みしめによる下顎頭の変位を ICP 時の下顎頭の位置を原点として比較すると (図 5)、装着側下顎頭はいずれの条件でも ICP 時の位置よりも前下方に位置していたが、非装着側下顎頭は MAX CLENCH 時には ICP 時の位置よりも前方に 0.63 mm (UP-2, UP-4 の平均値, 以下 UP)、0.53 mm (PVT 5, PVT 7 の平均値, 以下 PVT)、上方に 0.32 mm (UP)、0.16 mm (PVT) 変位していた。

2. 他動的不随意的な操作による下顎頭変位

1) 片側局部ピボット装着時の徒手の挙上による下顎頭変位

PVT 5, PVT 7 時での徒手の挙上による両側下顎頭変位を同様に図 6 に示した。PVT 5, PVT 7 時いずれの場合でも装着側下顎頭は後下方へ、非装着側下顎頭は上方への大きな変位を示し下方牽引効果が得られた。装着側下顎

図 7 Condylar displacement with unilateral bite plate (with BSP)
片側プレート装着時の下顎頭変位 (両側パルシング時)

図 8 Condylar displacement with unilateral bite plate (with PSP)
片側プレート装着時の下顎頭変位 (装着側パルシング時)

頭の下方変位量は最大で 1.43 mm (PVT 5)、後方変位量は最大で 0.58 mm (PVT 7) であった。一方非装着側下顎頭の上方向変位量は最大で 1.06 mm (PVT 5)、後方変位量は最大で 0.13 mm (PVT 7) であった。

2) マイオパルシングによる下顎頭変位

(1) 片側プレート装着時

a. BSP による下顎頭変位

NP, UP-2, UP-4 時での BSP による両側下顎頭変位を同様に図 7 に示した。原点は被検者ごとのパルス直前の位置つまりパルスとパルスの間の下顎頭の位置とし、マイオパルシングによる変位量のみを取りだして示した。NP, UP-2, UP-4 いずれの場合でも両側下顎頭変位量は上下、前後、左右方向に 0.2 mm 以下で、各条件間には認められなかった。

b. PSP による下顎頭変位

NP, UP-2, UP-4 時での PSP による両側下顎頭変位を同様に図 8 に示した。いずれの条件でもパルシング側 (装着側) 下顎頭は上方へ、非パルシング側下顎頭は下方へ変位した。パルシング側下顎頭では NP, UP-2, UP-4

図 9 Condylar displacement with unilateral bite plate (with NSP)
片側プレート装着時の下顎頭変位 (非挙上側パルシング時)

図 11 Condylar displacement with unilateral pivot (with PSP)
片側ピボット装着時の下顎頭変位 (装着側パルシング時)

図 10 Condylar displacement with unilateral pivot (with BSP)
片側ピボット装着時の下顎頭変位 (両側パルシング時)

間に差はなく、ともに上方変位量約 0.3~0.4 mm を示していた。一方非パルシング側下顎頭は NP, UP-2, UP-4 時ともに下方変位量約 0.8 mm で、挙上量を増すにつれ有意に後方へ変位し、最大で 0.54 mm (UP-4) の変位量を示した。下方変位量に関してはプレートの有無や挙上量によって差は認められず、プレートなしでも PSP によって 0.87 mm の下方牽引効果が得られた。

c. NSP による下顎頭変位

NP, UP-2, UP-4 時での NSP による両側下顎頭変位を同様に図 9 に示した。いずれの条件でも非パルシング側下顎頭は後下方へ、パルシング側 (非装着側) 下顎頭は後上方への変位を示し、下方牽引効果が得られた。非パルシング側下顎頭は挙上量を増すにつれ有意に下方への変位量は増大し、最大で約 1.38 mm (UP-4) の変位量を示し、PSP 時の下方牽引量 0.87 mm よりもかなり大きい値を示した。後方変位量は最大で 0.47 mm (UP-2) であった。一方パルシング側下顎頭も挙上量を増すにつれ上方変位量は有意に増大し、最大で 0.67 mm (UP-4) の変位量を示した。後方変位量はいずれの場合でも約 0.1 mm であ

た。

(2) 片側局部ピボット装着時

a. BSP による下顎頭変位

PVT 5, PVT 7 時での BSP による両側下顎頭変位を同様に図 10 に示した。PVT 5, PVT 7 時いずれの場合でも両側とも下顎頭の上変位量は 0.2 mm 以下、後方変位量は 0.1 mm 以下でピボット位置による差は認められなかった。

b. PSP による下顎頭変位

PVT 5, PVT 7 時での PSP による両側下顎頭変位を同様に図 11 に示した。いずれの場合でもパルシング側 (装着側) 下顎頭は上方へ、非パルシング側下顎頭は大きく後下方へ変位し、下方牽引効果が得られた。パルシング側下顎頭は PVT 5, PVT 7 ともに上方変位量約 0.2 mm、後方変位量は PVT 7 時に 0.08 mm を示した。一方非パルシング側下顎頭は PVT 5, PVT 7 とも下方変位量約 0.8 mm、後方変位量約 0.3 mm であった。

c. NSP による下顎頭変位

PVT 5, PVT 7 時での NSP による両側下顎頭変位を同様に図 12 に示した。いずれの場合でもパルシング側 (非装着側) 下顎頭は後上方へ、非パルシング側下顎頭は後下方への変位を示し下方牽引効果が得られた。非パルシング側下顎頭の下変位量は最大で 1.37 mm (PVT 7) を示した。またピボット位置が後方になると有意に後方へ変位し、後方変位量は PVT 7 時に 1.01 mm であった。一方パルシング側下顎頭は PVT 5, PVT 7 とも上方変位量約 0.3 mm 後方変位量約 0.2 mm 以下であった。

他動的不随意的な操作による下顎頭の変位を ICP 時の下顎頭の位置を原点として比較した (図 13)。徒手挙上時のみ非装着側 (徒手挙上側) 下顎頭は ICP 時の位置より前上方に変位し、その上方変位量は 0.61 mm であった。また徒手挙上時の対側下顎頭は ICP 時の位置より下方に 1.82 mm 変位していた。片側マイオパルシングで

図 12 Condylar displacement with unilateral pivot (with NSP)
片側ピボット装着時の下顎頭変位 (非装着側パルシング時)

図 13 Condylar displacement from ICP (with manual unilateral elevation and myo-pulsing)
ICP 時の位置を基準とした下顎頭変位 (徒手的上昇およびマイオパルシング時)
NC : NO CLENCH, MAN.ELE. : manual unilateral elevation

はパルシング側下顎頭は ICP 時の位置よりも前下方に位置しており、PSP、NSP 時ともに BSP 時の下顎頭の位置付近に位置していた。非パルシング側下顎頭は ICP 時の位置よりも大きく下方に変位し、下方変位量は PSP 時には最大で 2.01 mm (UP 時)、NSP 時には最大で 2.30 mm (PVT 時) を示した。

前頭面からの分析により、すべての実験を通していずれの条件においても、左右方向への変位量はすべて約 0.1 mm 以下であった。

IV. 考 察

1. 随意的筋収縮 (咬みしめ) による下顎頭牽引効果について

臨床的には、丸山ら¹⁰⁾や井上ら¹²⁾が患側臼歯部のみを健側より若干量挙上したプレートを用いて片側の closed lock 症例に用いたところ、効果があったと報告している。特に丸山らは、下顎頭はその本来の位置に復位し関節円板も下顎頭の上方に復位したと報告し、このプレートを Disc recapturing biteplate と命名した。これらの作用機序について、一般的には咬みしめによって接触側下顎頭が下方へ変位したことによると推察されるが、どのような作用機序で効果を及ぼしたかについては実際には明らかではない。

本実験結果では、BP-2、BP-4 時には随意咬みしめによって下顎頭は下方変位せず、上方変位が認められた (図 2)。吉田²¹⁾は、咀嚼時の閉口相終末の咬筋の筋活動に対応して外側翼突筋上頭が活動することを EMG から明らかにし、上頭の機能を、咬合力のベクトルを骨が緻密で応力負担能力の高い関節結節後方斜面および関節円板中央部方向へ向け、関節円板と下顎頭を位置付ける作用とした。咬みしめ力や挙上量を増すにつれ、両側下顎頭とも前上方への変位量が有意に増加した BP-2、BP-4 の結果は、咬みしめに伴う下顎頭の外側翼突筋上頭の筋活動による関節結節後方斜面方向への位置付け機能と考えられ、スタビライゼーションバイトプレートの顎関節症の治療効果の一因とも推察される。

片側プレートまたはピボットを装着した場合、つまり UP-2、UP-4、PVT 5、PVT 7 時については、1/3 CLENCH では BP-2、BP-4 時と同様に両側とも下顎頭の変位はほとんどみられなかった。MAX CLENCH においても UP-2、UP-4、PVT 5、PVT 7 ともに期待された装着側下顎頭の下方牽引は認められなかった (図 3、4)。さらに咬みしめ時の下顎頭変位量について、ICP 時の下顎頭の位置を原点に図 5 に示したが、装着側における咬みしめ時の下顎頭は、UP-2 または UP-4 時の NO CLENCH の付近に位置しており、下方に牽引されていないと推測できる。片側臼歯部にバイトブロックやピボットなどを介在させて咬みしめた時の下顎頭変位に関して、兒玉¹⁴⁾、飯島¹⁶⁾、Ito ら¹⁸⁾、姜²²⁾は作業側は下方へ、非作業側は上方に変位したと報告した。しかし吉村²³⁾は、片側第一大臼歯部のみを挙上して咬みしめさせた場合には作業側下顎頭は後上方へ変位したと述べ、また井上¹⁹⁾は片側ピボット装着時の咬みしめに関して、中程度咬みしめ、最大咬みしめとともに変位方向は両側とも前上方であったと報告し、過去の研究において、片側プレート型またはピボット型における装着側または作業側下顎頭の変位方向について、その結

果は一樣でない。本実験結果において、装着側で下顎頭の下方牽引が起こらなかったことについては、随意最大咬みしめ動作中、両側プレート装着時と同様に外側翼突筋上頭が活動し、下顎頭は関節円板を介して関節結節後方斜面へ押しつけられ、下顎頭の偏位防止として働いたと推察される。したがって一般的に咬合がテコとして働いても咬みしめ時には、顎関節部周辺は緊張し、偏位がおきにくい仕組みになっていることが原因であると考えられる。Greaves²⁴⁾やItoら¹⁸⁾は、咬みしめ時の下顎の変位様相を決定する要因として力学的に三角形を用いて説明している。すなわち両側下顎頭点と、咬合面上の咬合力作用点(例えばピボット)を結んだ三角形に対して、下顎にかかる力の合力が三角形内に位置した場合にはどの部位にも何ら牽引力として作用せず圧縮力のみが作用し、合力が三角形外に作用した場合には、その最も近接した辺の回りに回転させる転覆力、すなわち対側の牽引効果が発生するとしている。この見方が正しいとすると、随意咬みしめの場合片側のみに接触があっても、同側の咬筋だけでなく対側の同筋にも筋活動が生じ、通常は両側性に上方への力が発揮されてしまうと考えられ、合力がこの三角形内に作用する可能性が高くなり、下方牽引は起こらなかったと考えられる。この場合、テコの支点が前方に存在する場合には三角形の面積も大きく、咬みしめ時の力の合力点が三角形内に存在する可能性が高い。しかし、支点が後方へ移動するにつれ三角形の面積は小さくなり、咬みしめ時の力の合力が三角形内に存在する可能性は徐々に低くなる。竹内²⁰⁾は片側挙上の支点が前方から後方へ移動するに従って、装着側下顎頭の変位方向は上方から下方へ変化すると報告している。本結果においても支点が前方にあると思われるUP-2、UP-4では、咬みしめ時に装着側下顎頭は上方に変位したが、PVT 5では変位はほとんど認められず、PVT 7では平均値で0.1 mmであるが下方に変位し、変位方向が変化したことはそのためと考えられる。つまり支点が後方に位置した場合には、装着側下顎頭にはテコの作用による下方への牽引力が働いたと思われるが、装着側では咬みしめに伴って咬筋や外側翼突筋上頭も収縮しているため、下方牽引量はPVT 7時でも0.1 mm程度に抑制されたと思われる。この下方牽引量は、テコの作用による装着側下顎頭の下方牽引力と、外側翼突筋上頭等の収縮による前上方への押しつけ力との差によって発現したりしなかったりと推測される。したがってテコの作用による装着側下顎頭の下方牽引力は、支点の位置、咬みしめ方による力の合力の方向、装着側下顎頭の解剖的構造、外側翼突筋上頭の活動の仕方などの多くの要因によって左右されると考えられる。この咬みしめ方については、咬みしめ側または力の入れ方によって変位量および方向が変化するという報告²⁰⁾や、片側咬みしめ時の筋活動はその筋力発揮側を意識した時としない時では筋放電量の左右側間比率が変化するという

報告²⁵⁾があり、力の入れ方や咬みしめ方によって、力の合力点の位置が変化することが容易に推測される。つまり被検者の咬みしめ方の違いが下顎頭の変位方向のばらつきとなり、これまでの研究結果の相違となったと考えられる。

一方非装着側では、過去の報告¹⁴⁻²⁰⁾においても変位量は0.2 mmから1.4 mmまでさまざまであったものの、変位方向は上方で本実験結果とも一致していた。このことは非装着側の閉口筋群の合力点を力点、片側プレートまたはピボットを支点、非装着側下顎頭を作用点とする3級のテコの作用によるものであるとすれば、支点の位置や長さが多少変化しても力点や作用点と支点との距離には大きな相違がないために、プレート条件にかかわらず非装着側下顎頭に上方変位が起こったものであると考えられる。さらに図5より、片側プレートおよびピボット装着時の咬みしめによって、下顎頭はICP時の位置を越えて前上方に変位しており、最大咬みしめ時には顎関節部に圧縮の作用を及ぼしている可能性は高いと考えられる。窪木²⁶⁾は、下顎第一大臼歯または第二大臼歯部にレジン製バイトテーブルを介させて咬みしめさせた時には、非装着側顎関節に強い圧縮力の発現を報告している。下顎頭の過度な上方変位は顎関節内への圧縮力や過負荷に繋がると考えられ、顎関節症発症に関与する可能性が報告されている²⁷⁻²⁹⁾ことから、片側プレートや片側ピボットは、危険性を含んだ装置であるともいえる。以上より、片側プレートおよび片側ピボット装着時に咬みしめを行わせると、下方牽引効果が得られないだけでなく、最大咬みしめ時には非装着側下顎頭で前上方への圧縮力が生じる危険性が示唆された。しかし前述したようにdisk recapturing biteplate¹⁰⁾やleverage biteplate¹²⁾における臨床的な効果が報告されているので、咬みしめによる患側下顎頭の下方牽引効果以外の作用が発揮されているかもしれない、今後の研究課題である。

2. 他動的不随意的な操作による下顎頭の牽引効果について

1) 片側局部ピボット装着時の徒手的上による下顎頭牽引効果

徒手的上上時には非装着側下顎頭が上方変位、装着側下顎頭が下方変位を示し、下方牽引効果が得られた(図6)。また、ICP時の位置を基準としてみても1.82 mmと大きく下方に牽引されていた(図13)。顎関節周囲筋群の十分にリラックスした状態での他動的不随意的な片側下顎角部の徒手的上上では、下顎に直接働いている力は徒手的上上力のみであり、非装着側下顎角部を力点、片側ピボット部を支点、装着側下顎頭部を作用点とする単純な左右的1級のテコが発現していると考えられる。このテコの作用により、非装着側の下顎頭は上方へ、装着側では下方へ変位したと考えられる。随意的な咬みしめ動作では顎関節内部に

合目的な力を分配するための咀嚼筋の筋活動の発現が生じたが、不随意的な徒手の力に対してはこのバイオメカニカルな機序の発現はなく、そのために下方牽引効果が発現したと考えられる。Ito ら¹⁸⁾は片側第二大臼歯部にピボットを設定し、非装着側を上方に徒手の挙上したところ非装着側下顎頭は上方に 0.17 mm、後方に 0.14 mm、装着側では下方に 0.36 mm、後方に 0.3 mm 変位し、下顎頭の下牽引効果が報告されているが、本実験結果では変位量は両側ともかなり大きい値を示した。この変位量の相違は患者のリラックス度と挙上力の差によって生じたものと考えられる。

以上より、他動的な不随意的な徒手の挙上では大きな下方牽引効果が得られるものの、非装着側における上方変位量は ICP 時の下顎頭の位置を大きく上方に越えており (図 13)、上方圧縮力も大きくなり、問題が残る結果となった。

2) マイオパルシングによる下顎頭牽引効果

BSP 時の両側下顎頭の変位量は NP, UP-2, UP-4, PVT 5, PVT 7 のいずれの場合でも上下、前後、左右方向ともに約 0.2 mm 以下であり (図 7, 10)、プレート条件によらず BSP によって下顎頭はほとんど変位しないことがわかった。しかし PSP と NSP, つまり片側パルシングを与えた時にはパルシング側下顎頭が上方、非パルシング側が下方に変位し、下方牽引効果が得られた。BSP では外側翼突筋筋活動は現れず、前述したように合力が三角形内にあり、また挙上力も小さかったため牽引効果が生じなかったと考えられる。片側パルシング時の下顎の変位は、基本的には徒手の挙上の場合と同じ機序によるものであると考えられる。すなわちパルシング側の下顎角付近を力点、ピボットまたは片側プレートを支点、非パルシング側の下顎頭部を作用点とする単純な 1 級テコの作用によって生じていると考えられる。そして下方牽引力を受けた非パルシング側下顎頭、および周囲筋群は十分にリラックスした状態で、外側翼突筋筋頭の筋収縮もないため下顎頭部を前上方に押しつける力も働かず、容易に下方へ牽引されたと考えられる。また前述の幾何学的な三角形を用いて説明するならば、本実験で用いた不随意的挙上である片側パルシングでは、まさしくこの三角形外に挙上力が作用しているものと考えられる。つまり片側パルシングでは他動的に片側のみの閉口筋群の収縮が起こり、パルシング側に挙上力を生じさせる一方、反対側 (非パルシング側) にはリラックスしたままの状態のため、パルシング側に限定的に挙上力を加えることができ、対側下顎頭の大きな下方牽引が生じたと考えることができる。また、図 8 よりプレートの有無にかかわらず PSP によって 0.8 mm 程度の下方牽引効果が得られた。プレートなしの場合には、片側パルシングによってパルシング側のみが挙上され、同側の上下顎臼歯部が先に接触して支点となり、下方牽引効果が発現したと思われる。

図 14 Lever action during unilateral myo-pulsing

片側パルシング時のテコの作用を示す模式図

F は片側パルシングによって直接受ける上方への力、 F_{PSP} , F_{NSP} は PSP, NSP によって間接的に受ける下方への力、a, b, c, d は各力点、作用点から支点線におろした垂線の距離。テコの原理より、
力点にかかる力 $\times$ 力点から支点までの距離 = 作用点にかかる力 $\times$ 作用点から支点までの距離
が成立するので、

(A) PSP 時のテコの作用 $F \cdot a = b \cdot F_{PSP}$ より

$$F_{PSP} = a/b \cdot F$$

(B) NSP 時のテコの作用 $F \cdot c = d \cdot F_{NSP}$ より

$$F_{NSP} = c/d \cdot F$$

ここで支点の位置が第一小臼歯から第二大臼歯部の間に存在する時、解剖学的に $a < c$, $b > d$ は明らかであるので、 $a/b < c/d$ が成立する。故に

$$F_{PSP} < F_{NSP}$$

したがって常に PSP より NSP の方がより大きな力が対側下顎頭に作用する。

さらに NSP の場合には下方変位量は、PSP 時よりもかなり大きい値を示したが (図 8, 9, 11, 12)、これは片側マイオパルシングによって同じ挙上力を受けた時、テコの原理によって PSP よりも NSP の方が対側下顎頭に作用する下方牽引力は大きいためであると考えられる (図 14)。

一方上方変位量については、PSP より NSP がやや大きい値を示したが (図 8, 9, 11, 12)、ICP 時の下顎頭の位置との比較ではいずれの条件でも ICP 時の位置より前下方に位置しており (図 13)、上方圧縮力の発現の可能性は低いと考えられる。著者らは習慣性開閉口運動時の下顎頭変位について報告したが³⁰⁾、前方変位量 0.4 mm 時には下方変位量は約 0.6 ± 0.4 mm (± 1 SD)、前方変位量 0.8 mm 時には下方変位量は約 1.2 ± 0.6 mm (± 1 SD) であった。これと比較すると、本結果では PSP による対側下顎頭は前方変位量 0.8 mm、下方変位量約 1.9 mm、NSP による対側下顎頭は前方変位量 0.4 mm、下方変位量約 2.2 mm を示しており、PSP, NSP 時には下顎頭は習慣性開閉口路よりも下方に牽引されており、明らかな下方牽引効果が発現したと考えることができる。

以上より、片側プレート、片側ピボット装着時には、片側パルシングによって下方牽引効果が得られ、また上方圧縮も生じにくいと考えられ、下方牽引効果発現条件として

有効であることが示唆された。

V. 結 論

両側および片側プレート、片側局部ピボットを用いて、随意咬みしめ、徒手的挙上、両側および片側マイオパルシング時に関して種々のプレート条件を組み合わせる実験を行った。両側下顎頭の変位方向と変位量に関して、どのような条件下で下顎頭の下方牽引効果が得られるかについて比較検討し、以下の結論を得た。

1. プレート条件にかかわらず咬みしめでは下方牽引効果は得られないだけでなく、最大咬みしめ時には非装着側下顎頭は前上方への圧縮力を生じさせることが示唆された。

2. 片側ピボット装着時に徒手的挙上を行うことによって大きな下方変位量が得られるものの、上方圧縮力も強く発現することが示唆された。

3. プレート条件にかかわらず BSP では、下顎頭の変位は認められなかった。

4. PSP ではプレートの有無にかかわらず非パルシング側下顎頭は約 0.8 mm の下方変位を示し、パルシング側下顎頭は上方変位を示したものの上方圧縮の可能性は小さく、下方牽引効果発現条件として有効であることが示唆された。

5. NSP では PSP よりも大きい下方変位量約 1.0～1.4 mm が得られた。パルシング側下顎頭は上方変位を示したものの上方圧縮の可能性は小さく、下方牽引効果発現条件として有効であることが示唆された。

以上より片側下顎頭の下方牽引効果を得るためには随意的筋収縮ではなく他動的不随意的筋収縮、特に片側プレートまたはピボット装着時のマイオモニターによる片側パルシングが最も有効であることが示唆された。

稿を結ぶにあたり、終始ご懇切なるご指導とご校閲を賜りました恩師井上 宏教授に深甚なる謝意を表すとともに、本研究に際し終始ご指導を頂きました川野 晃助手に謹んで感謝の意を表します。また多くのご指導を頂きました教員各位、ならびに多大のご協力を頂いた大学院生各位に心より感謝いたします。

最後に被検者各位に心よりお礼申し上げます。

なお本論文の一部は、第 8 回日本顎関節学会総会（1995 年 7 月 13、14 日、横浜市）、第 9 回日本顎頭蓋機能学会学術大会（1995 年 9 月 9、10 日、大阪市）、第 9 回日本顎関節学会総会（1996 年 7 月 11、12 日、東京都）、第 10 回日本顎頭蓋機能学会学術大会（1996 年 9 月 7、8 日、大阪市）、第 96 回日本補綴歯科学会学術大会（1996 年 11 月 1、2 日、札幌市）にて発表した。

文 献

- 1) Krogh-Poulsen WG. Management of the occlusion of the teeth Part II : Examination, Diagnosis, Treatment. In : Schwartz L, Chayes CM, editors, Facial pain and mandibular dysfunction 271-277, Philadelphia : W.B. Saunders, 1968.
- 2) Clark GT. A critical evaluation of orthopedic interocclusal appliance therapy : Design, theory, and overall effectiveness. J Am Dent Assoc 108 : 359-364, 1984.
- 3) Colt JS. Occlusal splint therapy in the treatment of temporomandibular disorders : A historical perspective. Cranio Clin Int 1 : 1-12, 1991.
- 4) 小林義典. II オクルーザルスプリント療法の目的と役割. 東京都歯科医師会誌 39 : 460-471, 1991.
- 5) Sears VH. Occlusal pivots. J Prosthet Dent 6 : 332-338, 1956.
- 6) Posselt U. Physiology of occlusion and rehabilitation 242-248, Oxford : Blackwell Scientific Publication, 1968.
- 7) 川野襄二, 田中久敏, 旗手 敏ほか. 第 29 章 暫間義歯と治療義歯. 三谷春保編, 歯学生のパーシャルデンチャー 353-363, 東京 : 医歯薬出版, 1988.
- 8) Farrar WB. Differentiation of temporomandibular joint dysfunction to simplify treatment. J Prosthet Dent 28 : 629-636, 1972.
- 9) Rocabado M. Joint distraction with a functional maxillo-mandibular orthopedic appliance. J Craniomandib Pract 2 : 358-363, 1984.
- 10) 丸山剛郎, 桑原俊也, 高島史男ほか. 非復位性関節円板前方偏位 (closed lock) のバイトブレーンによる保存療法. 補綴誌 31 : 753-763, 1987.
- 11) 近藤寿郎, 堀中昌明, 中村 慎ほか. 顎関節症に対するテーパー型ピボットスプリントの適応と治療成績. 日顎誌 2 : 71-78, 1990.
- 12) 井上 宏, 共田義和. レバレイジ・バイト・プレートをを使用した非復位性顎関節円板前方偏位の一症例. 岡 達, 藍 稔編, 歯界展望別冊/顎関節症 治療のポイント 50 148-156, 東京 : 医歯薬出版, 1990.
- 13) Moncayo S. Biomechanics of pivoting appliances. J Orofacial Pain 8 : 190-196, 1994.
- 14) 兒玉 定. 咬合圧が顎関節部に及ぼす影響に関する研究. 歯科学報 75 : 143-169, 1975.
- 15) 中尾一成. 下顎の平衡に関する研究. 歯科学報 76 : 765-795, 1976.
- 16) 飯島俊一. 咬合点および咬合力の変化が下顎頭部の変位に及ぼす影響に関する研究. 歯科学報 83 : 841-865, 1983.
- 17) 早坂正博, 高橋健二, 酒井靖彦ほか. Sectograph による顎頭位の研究 第 2 報 咬合力発現時における顎頭の移動について. 補綴誌 27 : 573-584, 1983.
- 18) Ito T, Gibbs CH, Marguelles-Bonnet R et al. Loading on the temporomandibular joints with five occlusal conditions. J Prosthet Dent 56 : 478-483, 1986.
- 19) 井上 匡. 咬合力による下顎の変位に関する研究 第 2 報 顎頭の変位の分析. 補綴誌 33 : 215-224, 1989.

- 20) 竹内久裕. オクルーザルピボット咬合時の下顎変位. 四国歯誌 4 : 29-49, 1991.
- 21) 吉田和也. 顎頭運動からみた咀嚼時の外側翼突筋上頭の筋電図学的研究. 補綴誌 36 : 340-350, 1992.
- 22) 姜 婷. 咬みしめ時における顎頭の変位および下顎のたわみ. 口病誌 59 : 142-159, 1992.
- 23) 吉村浩一. 多層断層エックス線写真による咬合力発現時の顎関節隙の観察. 歯科学報 96 : 321-339, 1996.
- 24) Greaves WS. The jaw lever system in ungulates : A new model. J Zool Lond 184 : 271-285, 1978.
- 25) 古屋元之. 咬合力と咀嚼筋の筋放電との関係についての実験的研究 第 2 報 左右側の条件について. 歯科学報 84 : 1367-1422, 1984.
- 26) 窪木拓男. 顎関節部負荷ならびに顎関節構造の対負荷特性に関する生物学的研究 第 2 編 片側噛みしめ時ならびに片側咀嚼時における顎関節部負荷の導出およびその検証. 岡山歯誌 9 : 197-217, 1990.
- 27) Carlsson GE, Kopp S, Öberg T. 顎関節とその疾患 241-291, 東京 : 医歯薬出版, 1983.
- 28) Christensen LV, Ziebert GJ. Effects of experimental loss of teeth on the temporomandibular joint. J Oral Rehabil 13 : 587-598, 1986.
- 29) Pertes RA, Attanasio R. Internal derangement. In : Kaplan AS, Assael LA, editors, Temporomandibular disorders diagnosis and treatment 142-164, Philadelphia : W. B. Saunders, 1991.
- 30) 西川敏文, 川野 晃, 呉本晃一ほか. スタビリゼーションバイトプレート装着時の下顎頭変位に関する研究. 日顎誌 7 : 413-422, 1995.