運動の巧みさからみた下顎位の機能的検索

佐 藤 憲 男

Functional Analysis of Mandibular Positions by the Tapping Movement

Norio Sato

I. 緒 言

下顎位の問題は補綴物設計、製作の必要上ばかりでなく、咬合に関連する顎口腔系の機能異常や歯周疾患の診断、治療にきわめて重要な意義を有するといわれ、最近とはくに顎口腔系の機能の面から種々検討が加えられている。石原¹⁾は適正な咬頭嵌合位とは、“顎頭が安定位にあり、上下的には筋機能が好都合に行われる範囲内にある下顎位である”ことを提唱した。丸山²⁾は“筋機能が好都合に行われる”とは“運動が巧み”であることと解釈し、下顎の急速反復開閉運動（いわゆる Tapping 運動）の速さ、規則性から有歯顎について機能的な下顎位の検討を行つた。その結果、咬頭嵌合位に近づくにしたがつて Tapping 運動の速さ、規則性が上昇する事実を認め、この観点から機能的にすぐれた下顎位が求められる可能性を示唆した。

しかしながら、Tapping 運動における筋機能の全容を知るためには、下顎の上下の運動野（可能範囲）の全域すなわち咬頭嵌合位より上方のいわゆる overclosure 部も含めて観察する必要がある。これによつて初めて臨床的に最も重要な occlusal stop を失つた場合の筋機能に最適な上下の下顎位の決定が可能になるものと考えられ、さらには顎関節や筋神経系その他による下顎の機能運動の調節機構の実態を知る手がかりとなるものと思われる。

著者は丸山の方法に準じ、overclosure の顎位も含む下顎位の機能性を Tapping 運動の強さ、速さ、規則性、安定性から多面的に解析し、運動の巧みさをより総括的

にとらえることにより、機能的に最適な下顎位の検索を試みた。

II. 研究 方法

overclosure の可能な被験者に、新たに製作した口腔内装置を用い、種々高径において Tapping 運動を強く、可及的迅速に行わせ、その運動の特性を顎位間の変化を主体に多面的かつ総合的に検討した。

1. 被験者

被験者は表 1 に示すように東京医科歯科大学歯学部附属病院の外来患者から選ばれた男性 3 名 (Sub. A, B, C) である。

なお被験者は i) 咬頭嵌合位を失い、overclosure が可能である、ii) 運動測定時における口腔内装置の動揺を抑えるため、顎堤が良好で、装置の維持に必要な残存歯を有し、かつ残存歯は動揺が少なく、歯周組織が健全である、iii) 顎関節、咀嚼筋群に特別な異常がなく、下顎運動がスムーズにできる、の条件を考慮し、いずれも部分的な歯牙欠損を有するものを選択した。Sub. A の

表 1 被験者および残存歯式

Sub. A		58歳	男性
⑦ ③	⑥	典型的なすれ違い咬合	
⑤	④		
Sub. B		59歳	男性
③②①	③	上顎歯は歯根のみ残存	
7 ⑥ 5 - 1	1 - 5 ⑥ 7		
Sub. C		60歳	男性
⑤④③		上顎歯は歯根のみ残存	
⑤④③21	1 - 4 ⑤⑦		

○印は口腔内装置の維持歯を示す

東京医科歯科大学歯学部第 2 歯科補綴学教室（指導：田端恒雄教授）

Dept. of Prosthodontics II, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Director: Prof. Tsuneo Tabata)

昭和 51 年 10 月 30 日受付

口腔内所見を図1-aに示す。

各被験者に対しては、実験開始約5カ月前より残根の抜去および要歯髄処置歯の治療を行い、約3カ月前には義歯を装着した。義歯の咬合採得は上下の顎位は下顎安静位より安静空隙(約2mm)を減ずる方法により、また水平的には習慣的閉口位とした。装着した義歯は若干の調整により、好く機能し、実験期間を通じて患者の満足を得られた。

なおこの義歯の咬合高径を基準とした overclosure 量は、後記の測定装置を装着した状態で、Sub. A, 10.0 mm Sub. B, 3.8 mm Sub. C, 5.0 mm であった。

2. Tapping 運動測定装置

実験装置は下顎の Tapping 運動中の上下顎の接触離開、下顎の上下運動、咬合力、叩点分布の同時測定が出来る口腔内装置および増幅、記録装置から成る。実験装置全体の Block Diagram を図3に示す。

1) 口腔内装置(図1-b, 2)

口腔内装置は上顎部、下顎部よりなる。なお本実験の被験者は有歯顎の咬頭嵌合位のごとき下顎位の明確な基準がないため、装置の製作、および測定には前記各被験者に装着した義歯の咬頭嵌合位時の下顎位を参考とした。

(1) 上顎部装置

上顎部は床部および維持装置、規格金属プレート保持装置、下顎の変位検出用のフィールド・プレートからなる。コバルトクローム製の顎床の口蓋部に義歯の咬合平面に平行に厚さ1mmのステンレス板を設定し、その上に金属プレート保持装置を設け、口腔内で規格金属プレートを一定条件で着脱可能とした。金属プレートは縦、横各20.0mm、厚さ0.85mmの真鍮板で、Tapping 運動の叩点の描記板となると同時に、プレートに接する平面板の一端からリード線が導出されており、下顎のスタイラスとスイッチ回路を形成し、上下顎の接触離開の検出ができる。フィールド・プレート(F.P)^{*1}は平面板の裏面にその上面が咬合平面に平行で、Tapping 時後述のソケット上面の中心がほぼ中央に来るように設定されている。F.P 回路は下顎部装置の永久磁石の磁場によって下顎の変位を検出する。

(2) 下顎部装置

下顎部は床部および維持装置、下顎平面板、スタイラス保持装置、ストレーンゲージ、永久磁石からなる。下

a

b

図1 a Sub. A の口腔内所見
b 口腔内に装置を装着した状態

図2 口腔内装置の上下顎部 (Sub. A)

*1 シーメンス ; 17L 200 J

*2 三菱 ; MK-N9, 4.5×5.0×5.5 mm

*3 共和電業 ; KFC-03-C1-11

顎平板は厚さ 1.2 mm のステンレス板で、上面を咬合平面と平行に設定した。平板上でおよそ下顎の第一大臼歯間を結んだ中央部位にスタイラス保持用のソケットがあり、スタイラスはこれに嵌入後ネジ留め固定される。ソケットの舌側面に永久磁石*2 平板の舌側面中央部より Tapping 時の咬合力を検出するためのストレインゲージ*3 を設置した。スタイラスは径 2.3 mm のステンレス鋼製で、高径を overclosure 最大の高径 0 から約 25 mm 挙上した顎位までの種々高径の測定可能な長さで段階的に作製した。

なおスタイラスの保持装置は被験者の義歯の咬合高径でカンペル平面に平行に設置したプレートにスタイラスが直角に当たるよう設定した。

(3) 口腔内装置の維持方法

本実験の目的から、口腔内装置は可及的に高径の低い (overclosure 大なる) 下顎位での Tapping 運動の測定ができ、同時に運動時の咬合力に耐え、かつ動揺、変形のないものでなければならない。この対策として、床部、維持装置は厚みが少なく、しかも強度にすぐれた金属製とし、維持を残存歯牙に求めた。床部、維持装置の形態は各被験者の残存歯の形態 (表 1) によつて異つたが、その 1 例を図 1, 2 に示す。維持装置としては白金加金製フルキャスト冠および根面板付ポストを用い、コバルトクローム製の床部とは鑢づけにより強固に連結した。これらの測定装置を酸化亜鉛ユージオールセメントで支台歯に固定し、Tapping 運動中の装置の浮動を防いだ。

2) 増幅、記録装置 (図 3, 4)

ストレインゲージ回路はブリッジ*4、ストレインメーター*5 を介して、フィールド・プレート回路は新たに製作したブリッジ、直流増幅器*6 を介して、スイッチ、タイマー回路は直接電磁オシログラフ*7 に接続し、咬合力、下顎の変位、上下顎の接触、離開時間を記録した。

なお記録はオシログラフの紙送り速度 39.75 mm/sec、タイマーは 100 msec 間隔で行つた。

3. Tapping 運動の記録、計測方法

1) 運動の記録

被験者を治療椅子に座らせ、上下顎装置を酸化亜鉛ユージオールセメントを用いて固定した後、プレートとスタイラスを装着する (図 1-b)。プレートに描記用インクを塗布し、叩点の位置づけのため Gothic arch を験

*4 三栄測器; 5314

*5 三栄測器; 6L4

*6 三栄測器; 6L5

*7 三栄測器; FR 201

Block Diagram of Experiment

図 3 実験装置の Block Diagram

1, 5: タイマー回路 2: スイッチ回路 3: フィールドプレート回路 4: ストレインゲージ回路
F.P.: フィールド・プレート G: ストレインゲージ
Mag: 永久磁石 P: 金属プレート St: スタイラス

図 4 実験準備完了の状態

者が顎部に軽く指を添え、被験者自身の筋力により描記させた。ついでくつろいだ状態で上体をほぼ垂直にさせ、頭位は Frankfort 平面が無理なく水平となるように headrest を調整して被験者を定位した。なおリード線は運動の障害とならぬよう両口角部より誘導した。

これらの準備姿勢を整えた状態を図 4 に示す。つぎに Tapping 運動を各高径につき力強く、かつ可及的迅速に 11 秒間行わせた。運動の開始と停止は験者の合図による。1 回の実験における測定顎位は上下的に 7~13 (平均 10) 顎位とした。実験間隔は 10 分間とし、顎位の測定順序はあらかじめ決めた数顎位について高低ランダムに行い、測定結果に対する被験者の疲労、学習効果の影響を可及的に抑えた。

2) 計測方法

(1) 高径の計測

Tapping 運動を記録した高径測定のため、上下顎装置の切歯点部に相当する位置に直径 1.0 mm の鋼球による標点を設けた (図 1-b)。スタイラスを装着しない状態で閉口させ、上下顎の測定装置が接触停止した時を当該被験者の高径 0 として、この時の標点間距離とスタイラス装着時の標点間距離の差をもつて、そのスタイラスにおける高径とした。なお測定には 1/20 mm 副尺つきノギスを用い、5 回計測し、その平均値をとった。

(2) 運動記録の計測

電磁オシログラフの記録紙は指定の方法により安定化処理、自然乾燥後、各種記録を計測した。叩点を記録した金属プレートはスケールを入れ写真撮影後、指定の現像処理を行い、このフィルムから薄手の複写用印画紙に定倍率 (5 倍) で拡大焼付して自然乾燥後、計測した。計測はすべて 1/20 mm 副尺つきノギスを用い、丸山の方法²⁾に準じて行った。すなわち、

① 開閉運動の 1 ストロークにおける周期を P (Period)、接触時間を C-T (Contact Time)、非接触時間を U-T (Uncontact Time) とし、各々 10 秒間の平均値を求めた。なお $P = C-T + U-T$ の関係が成立つ (図 5)。

② 咬合力を T.F (Tapping Force) とし、10 秒間の平均値を求めた。なお T.F は比較校正し垂直静荷重として表わした (図 5, 6)。

③ 叩点を T.P (Tapping Point) とし、分布の前後径 (A-P)、左右径 (R-L) と最前方点 (A)、中央点 (M)、後方点 (P) を Gothic arch の apex からの距離から求めた。①、② は 10 秒間内で接触が完了した記録について、③ は 11 秒間の記録について計測した。なお下顎の上下運動の記録はスイッチ回路の補足として、開閉のチェックに用い、運動範囲の測定²⁾はとくに行わなかった)

3) 精度検定

(1) 咬合力 (T.F) の校正

下顎装置を酸化亜鉛ユージオールセメントで模型に装着後、荷重計で垂直静荷重した結果は図 6 の校正グラフに示すごとく、荷重と出力の間には本実験に使用する範囲で充分な直線性がみられた。

(2) 周期(P)、接触時間(C-T)、非接触時間(U-T)

1/20 mm 副尺つきノギスの読取り誤差を 0.025 mm とすると、タイマーによる 100 msec 間隔のタイムを規準とした電磁オシログラフの紙送り速度は 39.75 mm/sec であるので、読取り誤差は時間換算 0.63 msec である。また P、U-T、C-T は各顎位における 10 秒間、数十ストロークの平均値であるため、その不定誤差はそれ以下となる。

図 5 記録の計測方法の模式図

P: 周期 C-T: 接触時間
U-T: 非接触時間 T.F: 咬合力

図 6 咬合力校正グラフ

(3) 叩点分布 (T.P) の計測

T.P の測定精度に影響を与えると思われるものは、
i) 金属プレート保持装置内でのプレートの偏位、動揺、
ii) 上下顎装置自体の浮動、iii) 計測過程に伴う実測値を含む誤差が考えられる。i) についてはプレートを保持装置に 10 回着脱し、装着、運動させプレート上の定点と上顎装置の定点間の距離を測定した結果、距離の変化は最大 0.1 mm であった。ii) については前述の複数歯を連結固定した維持方法から殆ど動揺のないものと考えられたが、実際の運動記録からみても、スイッチ回路等に接触不良や不自然な乱れが見られず、また本被験者の叩点分布範囲の最小のものが、有歯顎²⁾と殆ど変わらなかったことからみて、本装置の浮動は歯牙の沈下、動揺程度のきわめて僅かなもので無視できるものと判断された。iii) による誤差を確かめるため、プレート上の 10 mm の標点を縦、横の 2 方向につき 10 回くり返して写真撮影後、このフィルムより作った定倍率 (5 倍) の引伸し印画上で 2 標点を 1/20 mm 副尺つきノギスを用いて計測した結果、真の距離 10.0 mm に対する誤差の

限界は横方向 0.020 mm, 縦方向 0.025 mm, 平均 0.023 mm であった。また計測時の読取り誤差は写真印画の拡大率を 5 倍とすると, $0.025/5=0.005$ mm となり無視できる。したがって i), ii), iii) を総合しても金属プレート上の叩点の測定誤差は 0.1 mm 以内と見做される。

以上の研究方法により 3 名の被験者を対象とし, 同様実験を日を変えて Sub. A で 4 回, Sub. B で 3 回 (ただし T.P の測定のみ 5 回), Sub. C で 3 回ずつ測定した。

III. 結 果

前章に述べた方法により測定した Tapping 運動の強さ, 速さ, 規則性, 安定性の 4 つの要素が顎位の変化によってどのように影響されるかを検討し, 以下の結果を得た。

図は各被験者の要素に関する代表的各 1~2 例を示す。なお図中の ○ ● □ 印は実験日の異なることを示している。各図はいずれも縦軸が各要素, 横軸が高径の増加量 (VD) を表し, 測定値は各高径における 10 秒間の平均値 (但し叩点のみ 11 秒間の測定値) である。また高径の目安として前述の義歯の高径を ↓ 印で示す。なお本実験では測定範囲が広く, 測定顎位数が多くなり被験者の疲労を招く恐れがあるので, 本実験の目的より比較的低い顎位では測定の高径間隔を狭く, 高径の高い顎位では広くとって測定した。そのため測定された顎位は異つた実験日間では必ずしも一致していない。

1. 強さ

高径と咬合力 (T.F) との関係を図 7 に示す。T.F には個人差があり, 同一被験者でも日により大きさに差が認められる場合もあったが, 顎位間の相対的变化は概ね同傾向を示した。

T.F と高径との関係を示すグラフは一般に頂点をもつ, ほぼ山形を呈した。T.F が最大値をとる高径は実験日により必ずしも一致せず, その 1 例を示すと, Sub. A では高径 6.9 mm で 8.6 kgw, 他の実験日では高径 12.2 mm で 13.2 kgw であった。

また T.F は高径の低い, overclosure 大なる顎位ではいずれも共通して小となつたが, 高径の高い顎位での減少傾向は弱く, 一部には再び大となる例もみられた。

したがって, T.F は基本的にはある一定パターンを呈し, 高径に関連した変化を示すものと考えられた。

2. 速さ

速さの factor の構成因子は周期 (P)=接触時間 (C

図 7 上下の顎位変化と咬合力
縦軸: 咬合力 (T.F) ◎ 最大値
横軸: 高径の増加量 ↓ 義歯の高径

-T)+非接触時間 (U-T) より P, C-T, U-T の各々について検討した。なお Tapping の回数は P でより正確

図8 上下の顎位変化と周期
縦軸：周期(P) ◎ 最小値(変曲点)
横軸：高径の増加量 ↓ 義歯の高径

に表現できるため因子として扱わなかった。図8はPの測定結果の各被験者における1例であるが、絶対値、傾向とも実験日が異つても著差がないので他の実験日の測定結果は省略した。

Pは明瞭な変曲点をもつV字形の安定したパターンを呈した。すなわちその1例Sub. Aでは高径9.1 mmで176.1 msec, Sub. Bは高径3.3 mmで163.5 msec, Sub. Cは高径5.9 mmで191.2 msecが最小となる変曲点で、それを境に高径の低い側で高径の増加と共に単調減少, また高い側でほぼ単調増加の傾向にあった。したがって極端に低い顎位(高径0付近)では周期は長く, Sub. Aで220.9 msec, Sub. Bで176.6 msec, Sub. Cで207.5 msecであり, 高い顎位でも同程度の周期を示していた。ただSub. Aでは変曲点が高径4 mm付近にもあり(179.9 msec), 2峰性のグラフとなつたが最小値は常に高径9 mm付近にあった。なおPが最小値を示した高径は義歯による高径と比較しSub. Aで約1 mm, Sub. Bで0.5 mmともに低く, Sub. Cで約1 mm高く

図9 上下の顎位変化と接触時間
縦軸：接触時間(C-T)
横軸：高径の増加量 ↓ 義歯の高径

位置し, 日を変えて測定してもほぼ一定顎位にあった。

以上よりPは高径に関連した変化を示し, Tapping運動がとくに速くできる下顎位が存在することがわかる。

図9にC-Tの測定結果の各被験者について2例ずつを示す。図にみられるようにC-Tは被験者全体としては変曲点をもたない種々のパターンを呈した。同一被験者内においても例えばSub. AではC-Tが測定された全顎位において67.7 msec~80.8 msecと変動の少ない時もあれば, 実験日が異なると55.6 msec~87.3 msecまで顎位が高くなるにつれ増大するなど明らかに相違する傾向を示すものもみられた。またoverclosure域に属する低い顎位でも各被験者とも特徴的な変化を示さず, 総合的には安定性に欠け, 高径に関連した応答性に乏しい現象と見做すことができた。

なお接触時間C-Tが周期Pに占める比率(C-T/P%)は顎位によって多少の変動はあつたが, 顎位間の平均(Sub. A 4回, Sub. B, C 各3回の実験)をみるとSub.

図 10 上下の顎位変化と非接触時間
縦軸：非接触時間 (U-T) ◎ 最小値 (変曲点)
横軸：高径の増加量 ↓ 義歯の高径

A $34.5 \pm 2.2\%$, Sub. B $48.8 \pm 1.6\%$, Sub. C $45.4 \pm 1.2\%$ と, Sub. A は C-T が P の約 $1/3$, Sub. B, C は約 $1/2$ を占める関係にあり, この比率は各被験者でほぼ一定の値をとることがわかった。

U-T は各被験者とも異なる実験日による測定値の変動が小さいので, 各被験者につき 1 例ずつを図 10 に示す。U-T はほぼ一定な顎位に明瞭な変曲点をもつ谷形の安定したパターンを呈し, P のパターンと類似した。U-T の最小値は Sub. A で高径 9.1 mm で 107.4 msec, Sub. B で 3.3 mm で 79.7 msec, Sub. C で 5.9 mm で 90.3 msec であった。U-T は高径が低くなると著しく大となり, 最も低い高径ではいずれも最大値で Sub. A で 154.7 msec, Sub. B で 106.4 msec, Sub. C で 131.5 msec を示し, 高径の増加に伴い上記の変曲点に向い急激に減少した。したがって P と比較すると変曲点が明瞭に表われる傾向にあった。

すなわち U-T は高径に関連して変化し, 開閉運動が

とくに速くできる下顎位が存在することを示している。

以上のごとく安定したパターンをとらなかつた C-T は P や U-T と共通する変曲点をもたない異形態を示したのに対し, それぞれが安定したパターンをとつた P, U-T は両者の変曲点も一致しており, 形態も類似した。ところで $P = C-T + U-T$ の関係より, P は必然的に C-T, U-T 両因子の影響をうけると思われるが, P のパターンがほぼ U-T の動きで決まり, C-T は補足的であることから, P には U-T の影響が大で, C-T の影響はあつてもきわめて少ないものと考えられた。このことはまた Tapping 運動全体の速さが主に U-T すなわち開閉動作時の速さによつて左右されていることを推測させる。

以上のことから速さは高径に関連した応答性を示すが, その性質は P および U-T に特徴的に表われ, C-T には表われにくいことがわかった。

3. 規則性

規則性とは急速反復開閉運動の時間間隔の規則性をいい, 変化係数 ($SD/Mean \times 100$) で表わした。規則性の factor の構成因子は速さの factor 同様に P, C-T, U-T の各変化係数 (それぞれを p , ct , ut で表す) とし, 各々について検討した。

p , ct , ut の高径に対する変化を被験者について各 2 例ずつ図 11 に示す。

p , ct , ut はいずれも高径により変化したが, その様相は因子によりかなり異つた。その中でいずれの被験者にも共通したパターンを示したのは ct である。

すなわち ct は顎位間で顕著に変化し, 特定顎位に明瞭な変曲点を有する谷形のパターンを呈した。この現象は速さの因子としての C-T が変曲点をもたず, 一定パターンをとらなかつた (図 9) ことときわめて対照的である。すなわち高径の上下の変化に対し, C-T はそれほど影響をうけなかつたのに対し, C-T の変化係数 ct はきわめて強い応答を示し, 接触時間の規則性にすぐれた下顎位が存在した。それに対し, ut は変曲点が明瞭で共通パターンをとるもの (Sub. B) もあるが, 変曲点が不明瞭で共通パターンをとらないもの (Sub. A, C) もあり, 被験者により不安定な傾向を示した。この現象も U-T が安定したパターンを示した (図 10) ことと対照的である。

p は ut に比較して, ct に近い傾向を示したが, 共通パターンをとるもの (Sub. A の点線, Sub. B, Sub. C の点線) がある反面, 変曲点の判別しにくい例 (Sub. A の実線) や顎位間で差がつきにくい例 (Sub. C の実線)

Sub. A

Sub. C

Sub. B

図 11 上下の顎位変化と規則性
 縦軸：上段 接触時間の変化係数 (ct)
 中段 非接触時間 " (ut)
 下段 周期 " (p)
 横軸：高径の増加量
 ◎ 変曲点(最小値)
 ↓ 義歯の高径

がみられるなど必ずしも共通したパターンをとらなかった。

以上のことから規則性は高径に関連した変化を示す

が、その特性は ct に最も安定して表現され、ut, p には必ずしも安定して表現されないことがわかった。

4. 安定性

図 12-a 上下の顎位変化と叩点分布
(前後の分布範囲と前後の偏位)

安定性とは Tapping 運動の空間的規則性をいい、自由位(水平的な規制をしない運動のしやすい自由な位置)における 11 秒間の叩点分布(T.P. のばらつき)で表した。なお同要素を安定性と呼んだのは、T.P. が任意の高径における下顎の閉口運動の終末位であり、これから顎頤位の安定性を推測できることによる。

T.P. のばらつきは分布範囲と、基準点(Gothic arch の apex)からの分布の位置的偏位の両面を考慮し、前者を前後の範囲(A-P), 左右的範囲(R-L)より、後者を前方点(A), 中央点(M), 後方点(P)および左右的

図 12-b 上下の顎位変化と叩点分布
(左右的分布範囲と側方的偏位)

中央点(M')より検討した。

図 12 は各被験者の高径増加に伴う A-P, R-L とその位置的变化の 1 例である。グラフの横軸は高径(mm), 縦軸は Gothic arch の apex からの距離(mm)を示している。なお高径変化に伴う叩点分布の変化は後述するごとく試行回数に伴い経時的変化がみられたため、図にはいずれも各被験者のパターンが安定したと思われるものを例示した。

(1) 叩点(T.P.)の分布範囲の変化

A-P, R-L は全般に高径の低い顎位では狭くかつ変動

も小さいが、ある顎位を境にして広くなり始め、以後はほぼ高径の増加に伴って増大するパターンを呈した。この分布範囲の変化の起点となる高径を他の要素の変曲点と区別して境界点と呼ぶことにする(境界点を図中△印で示す)。各被験者の境界点は図12の例では Sub. A, 9.1 mm, Sub. B, 4.8 mm, Sub. C, 7.1 mm にあり、これより低い高径での叩点分布範囲を各被験者についてみると Sub. A では A-P 0.3~0.5 mm (平均 0.4 mm), R-L 0.4~0.9 mm (平均 0.7 mm), Sub. B で A-P 1.3~2.3 mm (平均 1.8 mm), R-L 1.3~2.1 mm (平均 1.8 mm), Sub. C で A-P 0.4~0.8 mm (平均 0.6 mm), R-L 0.3~0.8 mm (平均 0.5 mm) と個人差はみられたが、境界点より高径が増した顎位よりは相対的に狭い分布範囲を示した。なお A-P と R-L の境界点はほぼ一致すると思われるが、図から明らかなように、A-P は R-L に比して顎位間の変化が強く、境界点もより明瞭に表われる傾向にあることがわかった。

(2) 叩点の位置的变化

叩点分布の位置的变化は分布範囲の変化とほぼ対応関係にあった。すなわち高径の低い顎位では分布の前後の偏位はきわめて小さく、とくに P 点の偏位は Sub. A では高径 12.2 mm まで apex に一致し、その後急激に前方に移動した。Sub. C でも同様の傾向を示したが、Sub. B では最も低い高径では apex と一致せず 0.6 mm 前方にあり、高径 5 mm 付近で apex と一致した後、5.4 mm で 2.5 mm 前方に偏位している。さらに高径 10 mm, 17 mm 付近でも apex にかかり接近を示すが、A 点の前方偏位も考えると全体的には明らかに前方へ偏位していると考えられる。図からも見られるように、P 点が比較的高い高径まで apex から離れず、偏位が小さか

つたのに比し、A 点は Sub. A では高径 9 mm 付近で、Sub. B では 5 mm 付近で、また Sub. C でも 7 mm 付近から大きく前方への偏位を示した。また左右的偏位も高径の低い顎位では apex を基準とした正中線近傍に位置していた。ただし左右的偏位の方法は被験者により異なり、右方 (Sub. A), 左方 (Sub. B), やや左方 (Sub. C) と一定傾向を示さなかった。側方的偏位を左右的の中央点でみると、Sub. A 0~1.6 mm 右方, Sub. B 0~4.1 mm 左方, Sub. C 0~0.6 mm 左方であった。したがって前方偏位は側方偏位に比し、いずれも偏位の程度が強く、またより低い高径で変化が表われ始めること、さらに被験者に共通したパターンをとることなどがわかる。

(1), (2) より安定性の変化の特徴は本実験では左右方向より前後方向により高径変化にตอบสนองして顕著に表現されることがわかった。そこで前後の分布範囲およびその位置的偏位を指標として安定性と高径との関係をみると、安定性は、境界点より低い顎位では安定性にすぐれているが高径に関連した変化に乏しく、一方境界点より高い顎位では安定性は漸増的に劣り高径に関連した変化を示し、前述した強さ、速さ、規則性のパターンとは異った独特の応答性を示すことがわかった。

なお各高径における分布の前後的位置を表す A, M, P の各点のうち、高径増加に伴う変化が最も効果的に表われたのは前方点 A であつた。また A は前後の分布範囲 A-P の高径に対する変化の推移ともよく対応していたことから、単独の因子で分布範囲およびその位置的偏位を端的に推測する上で便利な指標と考えられた。

(3) 叩点分布の臨界点

今回の T.P. の測定の結果、T.P. のばらつきが大とな

図 13 T.P. (A) の経時的変化 (Sub. A)
縦軸: apex からの前後距離 ○ の数字は試行回数
横軸: 高径の増加量 ↓ 義歯の高径

図 14 境界点の経時的移動
縦軸: 測定試行回数 () 内は境界点の高径
横軸: 高径の増加量 ↓ 義歯の高径
△: 境界点

り始める高径（境界点）には被験者により，測定試行回数に伴う経時的推移が認められた．T.P のばらつきを前方点（A）で代表させ，この現象を図 13 および図 14 に示した．

すなわち Sub. A の例（図 13，図 14-a 参照）に示されるごとく，境界点は試行回が若い，1～2 回目（図中□印で示す）では低い高径 4～7 mm 付近にあり，その位置も不明確で一定しないが，試行回数を追うごとに高径の増す方向に移動し，3 回目（図中●印）では高径 9.1 mm に達し，さらに 4 回目（図中○印）でも高径 9.1 mm と以後は安定する傾向にあった．Sub. B も Sub. A 同様に試行回に伴う境界点の移動がみられ，4 回目でも安定傾向に達することが認められた（図 14-b）．そこで T.P のばらつきを小さくできる高径には限界があるのではないかと考え，この高径を臨界点と呼ぶことにした．なお Sub. C は境界点の経時的移動が殆どなく，初めから臨界点にあると思われた（図 14-c）．

したがって臨界点より低い各高径は，たまたま測定の初期において T.P がばらつくことがあったとしても，試行をくり返すことによつてばらつきが小さくなる可能性のある，本来安定性にすぐれた顎位であると考えられる．

IV. 考 察

咬頭嵌合位のもつ臨床上の機能的意義が多岐にわたり，かつきわめて重要であることは，いまさら言を俟たない．この咬頭嵌合位の顎位付近での下顎運動を司る筋機能を解析すれば咬頭嵌合位の診断，あるいは歯牙欠損による咬頭嵌合位喪失後の咬合の再構成のための顎位決定にとつて有効な情報が得られるものと思う．

丸山²⁾は下顎の筋機能をいわゆる Tapping 運動で代表させ，有歯顎者について咬頭嵌合位付近で運動のすぐれた顎位のあることを報告した．

著者は下顎の上下の運動可能域の全般についての筋機能を知ることの必要を指摘し，咬頭嵌合位を失った被験者について，上述の如く筋機能の検索を試みた．これにより歯牙喪失者に対する咬頭嵌合位のための適正な顎位決定の可能性を追求した．

1. 研究方法について

1) 下顎の機能運動のモデルとしての急速反復開閉運動（いわゆる Tapping）

下顎運動は複雑，巧妙な神経筋系の生理的活動により営まれ，そのヒトの口顎構造，機能に応じた動きとなつ

て調節されている³⁾．したがって丸山も指摘しているごとく，総体としての運動から神経筋機能を検索するためには，測定対象となる運動は筋力や持久性など最大能力を指向したものよりは，目的に合った最適動作をとりうる能力（いわゆる運動の巧みさ）が評価でき，またその運動にダイナミックさと一定度の持続性のあることが必要である．しかし咀嚼運動のようにあまりに複雑なものは運動条件を画一化することが難しい．運動の調節作用に加わる外的影響をできる限り少なくするためには単純な運動であることが望まれる．下顎の Tapping は咀嚼，嚥下，発音などの機能運動の一時期と類似しており，さらに本実験におけるごとく条件設定により Tapping 運動をダイナミックにかつ持続的に行わせれば機能時における上下的な下顎運動の巧みさを測定することが可能と判断した．

2) 被験者ならびに運動測定装置

本研究では，基本的には丸山の有歯顎に対する実験法に準じて行つた．

咬頭嵌合位より低い顎位での Tapping 運動の測定には，その上下の運動可能範囲の点からは無歯顎者が最適であろう．しかしながら無歯顎者では測定装置の浮動が大きく測定誤差の原因となり，また被験者に精神的不安を与え本実験目的である運動能力の正確な判定を誤ることにもなる．したがって本実験では被験者として若干の残存歯を有し，これらの歯牙に装置を連結固定する方法を採用し，装置の浮動，歯牙の動揺等による測定の誤差を無視できる程度に抑えることができた．装置の装着によつて，無歯顎に比較し上下の運動可能域に若干の制限が生じたが，高径 0 の時の顔貌，口腔内状態，義歯高径との比較からいわゆる overclosure が可能であると判断した．

3) 閉口運動とスタイラスの方向

本実験では，スタイラスは義歯装着時の咬合高径においてカンベル平面に平行に設置したプレートに直角に設定したが，高径の変化とともにその角度差は変化し，スタイラスの長軸と閉口運動の方向（咬合力の発現方向）にも角度差が生じる．これが本運動の咬合力の測定値に与える影響については，丸山²⁾は咬頭嵌合位付近でこれより 20 mm 閉口位に対し約 3 % 減少する程度と報告しており，またこれより閉口した overclosure の顎位での閉口運動の方向は閉口した顎位にくらべスタイラスとの角度差は少なく，咬合力測定に与える影響はより少ないと思われる．

なお研究方法に関する上記以外の項目、頭部の定位、被験者の疲労、学習等を考慮した実験間隔等については既に丸山が検討済みであるので本論文においては省略した。

2. Tapping 運動の要素の分析

Tapping 運動の測定結果で述べたごとく、本運動の各要素はいずれも高径に関連した何らかの応答性を有することが確認され、またその特徴が安定してよく表われる因子のあることもわかった。これを有効因子と呼び選択した結果を表2に示す。以後有効因子を用いて各要素の指標とすることにした。なお各要素のうち強さ、速さ、規則性の要素は変曲点を有したことで高径に対する応答性に共通した傾向がみられたが、安定性は高径の変化に対応しない部分を有するなど応答性に異種な傾向を示した。このことより Tapping 運動の機能性を構成するうえで、強さ、速さ、規則性の3者と安定性を別個に検討し、しかる後に相互の関連性を総合的に検討することにした。

そこで本章では強さ、速さ、規則性の各要素より高径毎の下顎運動の機能性を評価できる可能性を探るため、各被験者2回の実験データを資料とし、以下の統計的分析を試みた。

表2 Tapping 運動の要素の指標(有効因子)

要素	有効因子	(略号)
強さ	咬合力	T.F
速さ	周期 非接触時間	P U-T
規則性	接触時間の変化係数	ct
安定性	叩点の前後の分布範囲 叩点の前後の分布位置	A-P A, M, P

① 各要素(有効因子)と下顎位との相関関係を相関係数(r), 回帰直線(Y)より検討した。r, Yは変曲点を目安としこれを境に高径を大よそ上下側に分けて求めた。

② 運動の強さ、速さ、規則性のそれぞれにすぐれた下顎位の範囲を知る目安として、高径毎の各有効因子の値の有意差を検討した。すなわち強さは T.F が大であるほど、速さは P, U-T が小であるほど、規則性は ct が小であるほどすぐれていると考えられる。そこで、F

Sub.C

図15 運動要素の分析による下顎位の機能的評価

rの*は $p=0.05$, **は $p=0.01$ の有意水準を示す

| 各要素のf.z.(本文中説明)

▨ f.z.の共通範囲 ↓ 義歯の高径

検定より $p=0.05$ を基準として、T.F では最大値、P, U-T, ct では最小値をとる下顎位と有意の差のない下顎位が含まれる範囲を求めた。またこれを各要素の機能が発揮できる下顎位の上下の幅と考え、便宜的に要素の機能的許容範囲 f.z (functional zone) と呼ぶことにした。結果を図 15 に示す。

各要素(有効因子)と高径との相関関係を全般的にみた場合、高径 0 から高径が増すと、3 被験者とも強さ(T.F) は始め増加(正の相関)以後減少(負の相関)に変わり、速さ(P, U-T), 規則性(ct) は減少(負の相関)から増加(正の相関)に変わる傾向が認められた。しかし r の有意性は、有意と認められた場合が多く全体の約 2/3 を占めたものの、有意と認められない場合も全体の約 1/3 においてみられた。ただし後者は T.F で典型的なように、相対的変化が同傾向でも全体のレベルが日により異なるものや、測定顎位数の少ないもので生じやすかったことは統計処理上の問題点も考えられ、同一日で測定顎位を多くとれば、あるいは有意と認められるものが増えるかもしれない。なお ct はこれらを考慮してもすべての被験者に共通して有意と認められるものが少なかった。これは ct は明瞭な変曲点をもち、変曲点付近の顎位において高径との相関は強いが、これより高径の増加あるいは減少した顎位における高径との相関が必ずしも単純でないことによると考えられる。また速さの因子 P, U-T は総じて高径との相関が強くみられた。

ところで図中縦線で囲まれた範囲は、強さ、速さ、規則性のそれぞれの機能性が発揮できる下顎位の範囲 f.z を示す。f.z はいずれの要素についても存在したが、f.z の幅は要素により、また被験者により異なつた。f.z の幅を各有効因子についてみると、その大小の順序は被験者により必ずしも一定しなかつたが、一般に T.F, P は大、U-T, ct は小となる傾向がみられた。また速さの有効因子 P, U-T のうち U-T の f.z は P の f.z に比して狭く、前者は後者の範囲内に含まれたことから、顎位毎の速さの機能性をより厳しく評価するためには P よりも U-T を指標とすべきと考えられた。このように要素により f.z の幅は異なつたが、f.z よりはずれると高径が増加してもまた減少しても、Y の傾きに代表されるように、いずれの要素の機能性も徐々に劣る傾向にあつた。

ところで各要素の f.z の幅が小さくまぎまぎであつたことや、要素により高径と有意な相関のみられない場合のあつたことは、運動がもつ単独の要素から下顎位の機能性を評価することの困難さを物語っている。

Tapping 運動が合目的に行える下顎位を機能的な下

顎位と仮定するなら、本運動条件下では強さにすぐれていても速さに劣っていたり、速さにすぐれていても規則性が劣る運動を行う下顎位は機能的とはいいたくない、すなわち機能的な下顎位とは運動の強さ、速さ、規則性のすべてにバランスよくすぐれている下顎位でなければならない。

この条件を満たす下顎位を図に求めると、3 要素の f.z のすべてが互いに交わり合つて作る共通部分(図中斜線部)に相当する。図よりいずれの被験者にも該当する機能的な下顎位の存在することがわかる。この下顎位の上下の幅はおよそ Sub. A 2 mm, Sub. B 2.5 mm, Sub. C 2 mm といずれも類似して狭い範囲を示した。この範囲はみかけ上最小幅の f.z をもつ要素(有効因子)により決定される場合もあるが、どの要素の f.z が最小幅をとるかは必ずしも一定しておらず、各 f.z の位置的ずれもあることから、すべての要素が関与して総合的に決まるものと考えられる。ただし f.z の幅が一般に狭かつた速さ(U-T), 規則性(ct) の影響は強さ(T.F) に比して大きいと思われる。したがつてこの範囲は運動の巧みな遂行の重要因子である速さ、規則性⁹⁾にすぐれ、さらにダイナミックな要素である強さにもすぐれた、より機能的な運動のできる下顎位であり、著者はこれを広義の運動の巧みさにすぐれた下顎位と考える。

以上、Tapping 運動の要素の分析から、運動の機能性を一面からではなく、強さ、速さ、規則性の総括的な運動の巧みさから評価することにより機能的に適正な下顎位を検索できる可能性を見出すことができた。

3. 運動の巧みさによる下顎位の機能的検索

前項で述べたごとく、本運動を強さ(T.F), 速さ(U-T), 規則性(ct) から総合的にみることにより、運動の巧みさが推定でき、また運動の巧みさにすぐれた下顎位が求められる可能性が示された。そこで3要素の総合作用を指数表示化することにより、運動の巧みさの客観的評価を試み、運動の巧みさから下顎位の機能性を比較検討した。

1) 運動の巧みさの指数表示—Dynamic Index について

本運動の巧みさを表す指数 Dynamic Index (D.I) は3要素すなわち T.F, U-T, ct の相乗効果で表わされる。

$$D.I = \frac{T.F}{U-T \times ct} \times 10^4 \dots\dots\dots \textcircled{1} \text{式}$$

ここで T.F (kgw), U-T (msec), ct は各顎位における 10 秒間の測定値を用い、また D.I は指数表示の便宜上 10^4 を乗じた。

図 16 D.I. の近似式の検討 (例, Sub. C)

上記定義より D.I. は強さ (T.F), 速さ (U-T), 規則性 (ct) の3要素のすべてにすぐれている場合, 高い値をとり, 例えば特定の1要素にのみすぐれていても他の要素が劣る場合や他の要素がすぐれていても, 1つの要素が極端に劣る場合は相対的に低い値をとり, 運動の巧みさの優劣を客観的に表すことができる。

また①式は近似式として②式で表わされる。

$$D.I. = \frac{T.F}{SD(ct)} \times 10^2 \dots\dots\dots ②式$$

ここで SD(ct) は各顎位における 10 秒間の接触時間の標準偏差である。

なお①式が②式より近似的に表わされる理由を脚注に示した。また図 16 は Sub. C を例に顎位毎の D.I. を ①, ②両式から求め, グラフによる比較検討を試みたものである。①, ②の曲線はきわめて類似した傾向を示してお

$$* D.I. = \frac{T.F}{U-T \times ct} \times 10^4 \dots\dots\dots ①$$

で定義される。①における ct は接触時間の変化係数であるから, $ct = SD(ct)/C-T \times 100$ で表わされる。これを①式に代入し書き換えると,

$$D.I. = \frac{T.F}{U-T \times \frac{SD(ct)}{C-T}} \times \frac{10^4}{10^2} = \frac{C-T}{U-T} \times \frac{T.F}{SD(ct)} \times 10^2 \dots\dots (a)$$

となる。ところで本実験結果からもまた丸山の報告からも, 各被験者で C-T が P に占める割合 C-T/P は高径間でほぼ一定とみなしえることがわかっており(有歯顎では約1/2, 本結果では Sub. A 約1/3, Sub. B, C 約1/2であった), したがって $P = C-T + U-T$ の関係より $C-T/U-T$ も被験者によりほぼ一定の値, つまり定数とみなせる。定数を K とおけば (a) 式は

$$D.I. = K \cdot \frac{T.F}{SD(ct)} \times 10^2$$

で表わせる(しかも多くの場合 $K \approx 1$ である)。これは前述の近似式②に他ならない。ゆえに①式は近似的に②式で表わされうる。

図 17 運動の巧みさと上下顎位との関係
縦軸: D.I. ↓ 義歯の高径 (C.P)
横軸: 高径の増加量 ↓ 下顎安静位 (r.p)

り, グラフからも②式が①式の近似式となりうるということがわかる。

2) 運動の巧みさと下顎位

上述した Dynamic Index (D.I.) の①式を用い, 3名の被験者の実験例(各被験者2例, 計6例)につき, 顎位毎の D.I. を求め図 17 に示す。グラフの縦軸は D.I., 横軸が高径である。なお表 3 に各被験者の代表的顎位における D.I. の計算例を示す。

表 3 D.I の計算例 (代表的顎位)

Subject	V. D(mm)	T. F(kgw)	U-T(msec)	ct	D. I
A (—●—)	0.7	4.3	144.4	49.0	51.1
	6.9	8.6	124.8	25.4	27.1
	9.1	8.3	115.0	22.5	32.1
	10.0	7.6	132.6	25.3	22.7
B (—○—)	0.6	2.2	106.4	14.0	14.8
	3.3	8.0	79.7	15.3	65.6
	4.0	8.9	80.2	13.5	82.2
	6.9	10.5	84.0	18.1	69.1
C (—○—)	0.5	2.5	131.5	23.8	8.0
	5.3	4.3	99.9	13.0	33.1
	* 5.9	4.0	90.3	9.7	45.7
	17.7	3.2	92.6	52.3	6.6

() 図17の記号に対応した実験例 ——— Max. Min.

* 計算例 (Sub. C, VD5.9mm)

$$D.I = \frac{4.0}{90.3 \times 9.7} \times 10^4 = 45.7$$

表 4 D.P と他の下顎位との上下的關係

Subject	D. P	C. P	r. p
A	9.1	10.0 (0.9)	10.8 (1.7)
B	4.0	3.8 (-0.2)	4.8 (0.8)
C	5.9	5.0 (-0.9)	6.9 (1.0)

上段の数値は各下顎位の高径

() 内の数値は D.P との差, 単位: mm

(1) 運動の巧みさと上下の下顎位との関係

運動の巧みさを表す D.I のグラフはいずれも顎位間で著明に変化し, またきわめて明瞭な最大値を有した。すなわち D.I はすべての被験者の各測定共, 高径 0 mm 付近ではきわめて低い値をとるが, 高径の増加と共に急増し, Sub. A では 9.1 mm, Sub. B では 4.0 mm, Sub. C では 5.9 mm の高径で最大値に達し, 以後高径の増加につれ急激にあるいは緩やかに減少に向う傾向を示した。D.I の個々のパターンは被験者により, また日によつて若干の変動があり, また Sub. B のごとく全体的レベルの異なる例もみられたが, 相対的傾向は 3 被験者とも上述したような共通した傾向を示し, また最大値をとる高径は日を改めて測定しても各被験者についてほぼ一定顎位に存在した。

D.I が最大値をとる高径は, D.I の定義より運動が最も巧みにできる下顎位であり, ひいては筋機能がきわめて好都合に行える, その被験者にとつて機能的にすぐれた下顎位であろうと推測される。そこで D.I が最大値を

とる高径を D.I によつて求められる動的かつ機能的顎位という意味で Dynamic Position (D.P) と呼ぶことにする。

したがつて運動の巧みさと下顎位との関係を D.P を基準に考えると, これより高径が増加しても, あるいは減少しても運動の巧みさはほぼ比例的に劣ることになり, これらの顎位の機能性も徐々に劣つてゆくと考えられた。これらの現象は高い顎位では叩点の分布結果や河野⁵⁾, 福島⁶⁾ の報告からもわかるように, 顎頭が前方へ移動しやすく, また開口筋はより伸展された状態で, 逆に開口筋はより収縮した状態で Tapping 運動を行わねばならないことなどに起因するものと考えられる。また, 低い顎位では D.I はより強い低下を示しているが, これは高い顎位とは逆に開口筋がより収縮し, 開口筋はより伸展された状態を生じていることや, その他にも overclosure の状態での筋緊張の欠如⁷⁾, 関節円板と顎頭との位置関係の乱れ⁸⁾, 下顎骨の筋突起が筋突起上方の軟組織や外側翼突筋等を強く圧迫する⁹⁾ などにより運動の遂行に種々な抑制が働き, D.I の明らかな低下が起こるものと思われる。

(2) D.P と他の特定な上下の下顎位との関係

下顎運動が最も巧みにできる顎位 D.P は本研究においてはきわめて明瞭な, またほぼ一定の位置に存在するように思われた。そこで D.P の上下的位置関係およびその性質を理解する目的で他の 2, 3 の下顎位との位置的関係を比較検討した。

a. 下顎安静位と D.P との関係

本実験では下顎安静位 (r.p と略す) の測定は丸山の方法に準じて行つた。すなわち本実験に用いた口腔内装置を用い, 種々スタイラスを装着して「楽にして」と指示し, いわゆる安静位に相当した状態を 5 秒間とらせ, 安静状態の上下顎の接触離開の有無をスイッチ回路, フィールド・プレート回路を用いて観察し, 上下顎が離開し始める, あるいは接触離開を繰り返す高径を r.p に相当する高径とみなした。各被験者について求めた r.p を図 17 中 ↓ 印, および表 4 に示す。

いずれも D.P は r.p より低い高径に存在し, その差は被験者により異り, Sub. A 1.7 mm, Sub. B 0.8 mm, Sub. C 1.0 mm であつた。

下顎安静位には長期的¹⁰⁾, 短期的¹¹⁾な変化があり, また測定者の誘導法によつても変わりうるといわれ¹²⁾, また今回のごとく口腔内装置を装着しての特殊な条件下での測定は, 被験者本来の下顎安静位とは異なる可能性もある。したがつて上記結果より D.P と r.p との位置関係を

明確に論ずることはできないが、D.P が r.p より上方(低い高径)に位置すると考えるのは妥当であろう。この事実は恰も有歯顎における r.p と咬頭嵌合位(I.P)との関係に類似している。

b. 義歯の高径と D.P との関係

本被験者は有歯時の咬頭嵌合位が失われていたため、D.P と有歯時の咬頭嵌合位における下顎位との比較は不可能である。そこで臨床的立場から製作され、被験者が約3カ月間支障なく使用していた前述の義歯の高径(ここでは C.P と略す)との比較を行った(図中↓印、表4)。D.P と C.P との関係を各被験者で比較すると、D.P は C.P と殆ど一致するもの(Sub. B)、C.P より 0.9 mm 上方に位置するもの(Sub. A)、C.P より 0.9 mm 下方に位置するもの(Sub. C)と被験者により異なり、前述した D.P と下顎安静位(r.p)との間にみられたような被験者に共通した上下関係はみられなかった。

しかしながら沈下の大きい粘膜負担の義歯の高径の変化や本実験の測定顎位がスタイラスの交換による不連続なものであったことから、C.P と D.P のこの程度の違いは、C.P は D.I がきわめて高い値を示す顎位の範囲内に入っているものと見做すべきであろう。

この結果は、個体には本来その筋、顎関節など顎口腔系の形態、機能に応じた運動の巧みに行える、すなわち D.I の比較的高い値を示す上下的顎位の範囲があると考えることができる。さらに臨床的な方法で作られた義歯がその高径で一定期間、咀嚼、嚥下、発音等の機能を営むと、そこにより狭い範囲のしかも Tapping 運動の巧みに表われる D.I の高い値の D.P が生じることも可能であろう。

Lytle¹³⁾、Timmer¹⁴⁾らは上下的顎位識別能は装着している義歯の高径に影響されないと報告しているが、一方 Christensen¹⁵⁾は下顎安静位を越えた顎位への適応の可能性を認めている。石原、井上、河野ら^{16,17)}は下顎安静位を越えて5 mm 挙上した症例で約2カ月後の EMG 所見に異常がなく、また4カ月後に挙上した顎位で新たに安静空隙が生じたこと、さらにこの顎位で作られた永久補綴物が十分に機能を果たしていたことにより、新しい顎位に適応が生じたと報告している。この場合は、条件として咬頭嵌合位時、顎頭が安定位^{18,19)}にあることを挙げているが、上下的顎位が或る範囲内ならば、変化に対し筋機能等は一定期間の訓練により適応し得ることを示すものといえよう。言うまでもなく、これらの報告は D.I の測定はされておらず、顎位の変化前後で Tapping 運動の巧みさで代表される D.P の位置に変移が生じるか

図 18 運動の巧みさと上下的下顎位との関係(有歯顎*)
縦軸: Dynamic Index ↓ 下顎安静位(r.p)
横軸: 高径(VD)の増加量 但し VD①は咬頭嵌合位
* 丸山のデータに著者の D.I を適用した結果による

否かについて知ることはできないが、上下的顎位では、筋機能の比較的良好な範囲があり、その中である期間の訓練によつてさらにすぐれた巧みさを示す顎位が生ずるとみるのが妥当であろう。しかしながら、これを裏づけるには、義歯の高径を変えて経過を観察するなどの長期間の実験を必要とするため、今回は未だ報告に至っていない。筋肉や顎関節^{20,21,22)}の適応性については補綴学の分野においても未解明の点が多く、今後の課題であろう。

c. 有歯顎の咬頭嵌合位と D.P との関係

咬頭嵌合位の明瞭な有歯顎において Tapping 動運を測定した丸山の実験データについて、著者の考案した D.I を適用し D.P を求め、有歯顎における運動の巧みさと下顎位との関係を調べてみた。D.I の式としては計算の容易な前述の近似式 $D.I = \frac{T.F}{SD(ct)} \times 10^2$ を用いた。

有歯顎では咬頭嵌合位の高さ VD ④ での T.F の測定が不可能であるため、咬頭嵌合位より 1 mm 高い顎位 VD ⑤ から数顎位について被験者 3 名、各 2 回のデータによる D.I 値を図 18 に示す。一般に D.I は VD ⑤ より高径が増加するに伴い、ほぼ比例的に小となる傾向にあり、運動の巧みさは高径が増すほど劣る傾向にあることがわかった。また D.I のグラフは下顎安静位 (r.p ↓ 印) から VD ⑤ に近づくほど上昇傾向を示しており、Case 3 の 1 例 (●印) を除いて VD ⑤ が最高値を示している。しかしながら VD ⑤ でピークを示した D.I が VD ④ で急激に減少に移行することは考えにくく、おそらく咬頭嵌合位の高径に近づくにしたがって D.I はさらに増大する傾向を示すものと推測される。咬頭嵌合位は咀嚼運動²³⁾ならびに習慣的閉口運動の終末位²⁴⁾として重要な役割を果たす顎位である。したがって有歯顎における D.P が上下的に咬頭嵌合位のきわめて近くにあることは、D.P もまた咬頭嵌合位と同様の機能的意義をもつ顎位であると思わせるものである。

4. 叩点分布と下顎位

本運動の要素のうち、強さ、速さ、規則性の要素は指数表示化 (D.I) により、“運動の巧みさ”として総括的な評価が可能となった。そこで本運動の残る要素である安定性について分析した。すなわち安定性の有効因子 (表 2 参照) である叩点の前後の分布範囲および位置の変化から上下の下顎位の機能性を評価できる可能性を検討するとともに、叩点分布と D.I との関連性を検討した。

1) 安定性と上下の下顎位

上下の顎位変化に対する安定性のパターンは基本的に図 12-a に代表された。すなわち境界点を境に高径の低い顎位では A-P が狭く、その変動も小さく、また分布の後方点 P が Gothic arch の apex に一致あるいは近接した位置にあったが、境界点を越えると A-P は高径の増加と共に比例的に大となり始め、また P 点も徐々に前方に移行する傾向を示した。このことからすると、境界点より低い顎位は安定性にすぐれ、境界点より高い顎位は安定性が劣るとの評価が可能となろう。さらに図 13, 14 にみられたように試行を重ねるにしたがい、漸次高い顎位まで安定性が得られるようになり、境界点は高い顎位に移行したが、ある顎位より高い顎位では試行を重ねても安定性は得られず、この顎位を臨界点と呼んだ。

すなわち臨界点に達するまでに、境界点は Sub. A で 5.0 mm, Sub. B で 4.2 mm 高径の増す方向に移動し、

表 5 特定の顎位における叩点分布の経時的変化

	Sub. A	Sub. B	Sub. C
	VD 9.1mm	VD 4.0mm	VD 5.0mm
A	3.4→0.4 (3.0)	8.5→2.1 (6.4)	1.0→0.8 (0.2)
M	1.9→0.2 (1.7)	4.9→1.4 (3.5)	0.6→0.4 (0.2)
P	0.4→0 (0.4)	1.4→0.6 (0.8)	0.2→0 (0.2)
A-P	3.0→0.4 (2.6)	7.1→1.5 (5.6)	0.8→0.8 (0)
R-L	2.9→0.8 (2.1)	1.6→1.3 (0.3)	0.8→0.8 (0)

() 内は変化量

単位: mm

安定性にすぐれた顎位の上下の範囲は Sub. A で 9.1 mm より低い顎位、また Sub. B では 4.8 mm より低い顎位に拡大した。なお Sub. C は 3 回の測定試行を経ても、境界点の移動が殆どなく、安定性にすぐれた顎位の上下の範囲は約 7 mm で一定していた。

また境界点の移動につれ、臨界点より低い高径においては初期に前方偏位しやすい叩点分布がしだいに apex に近接した位置に後退を示すとともに、分布範囲も狭くなる傾向を示した。その例として Sub. A の高径 9.1 mm, Sub. B の高径 4.0 mm における叩点分布の経時の変化を表 5 に示す。

西村²⁶⁾は無歯顎者においては習慣的偏心咬合の影響により Gothic arch の apex が前方位にあることが多く、練習効果により後退させることができると述べている。側方限界運動である Gothic arch と自由位で咬合させた Tapping Point とを単純に比較することはできないが、本被験者 Sub. A, B にみられた T.P の境界点の経時的移動の現象も、被験者が歯牙欠損後に獲得したと思われる習慣的前方咬合が練習効果により矯正されるという点で類似の現象とも考えられる。すなわち臨界点より低い高径でも実験の初期には習慣的前方咬合のため、前方位で Tapping しやすいが、強くかつ速い運動の試行を重ねるにつれ、下顎が後退し、臨界点より低い高径では本来おさまりやすい水平的下顎位を保って Tapping を行うようになるのではなからうか。しかし、本被験者が義歯装着後、少なくとも 3 カ月経過した後もなお前方位での咬合の習癖を有しているか否かについては検討を要することであり、また Sub. C のように本実験の試行回数内では境界点の移動を示さぬものもあり、この現象の説明にはなお多くの検討を要するものと思われる。

以上の結果、各被験者の安定性にすぐれた顎位の上下の範囲は臨界点より低い高径で、overclosure 可能域の全顎位を占めた。

丸山は有歯顎においては叩点の前後の分布範囲の小さい顎位は咬頭嵌合位より約 3 mm 挙上した顎位までで、

前後径は 0.4~1.2 mm (平均 0.8 mm) と報告している。本被験者の臨界点より低い顎位での前後径の平均は Sub. A 0.4 mm, Sub. B 1.8 mm, Sub. C 0.6 mm であるから, Sub. A, C については有歯顎と殆ど差がなく, Sub. B のみ有歯顎と比較し分布が大であった。

なお運動, 記録の諸条件は異なるが, 一般に有歯顎にくらべ無歯顎の叩点分布範囲が大であることは知られており^{26,27)}, その原因は歯根膜からの感覚の欠如, 顎関節構造の変化^{19,28)}などがあげられる。Sub. B の安定性の結果はこれらの原因が関与していることも考えられ, また測定試行回数を増やすことによつて前後径がさらに狭くなる可能性もあると思われる。

いうまでもなく叩点は運動の強さ²⁸⁾, 上下の開閉運動量⁶⁾, 回数³⁰⁾, や描記の条件によりその分布や位置が異なる。名波³⁰⁾は咬合回数が 20 回になると叩合点の分布範囲は 0.1~0.2 mm 増加すると述べている。したがって本実験の叩点が強く, 可及的迅速に 11 秒間 50~70 回行われた結果であることを考慮すると, 本被験者のごとく咬頭嵌合位を失った場合でも, 一定期間の訓練により, ある高径以下の顎位においては叩点の分布範囲が狭く, apex に近接して安定性にすぐれた状態をとりうることがわかった。

しかしながら, 叩点分布の境界点が経時的に移動し, また臨界点に達した状態では安定性にすぐれた顎位が上下的にかかなり広い範囲を有したことから, 叩点分布, すなわち安定性の要素のみから適正な上下の顎位を推定することはかなり困難と思われた。

2) 叩点分布と D.I. との関係

叩点分布 (T.P.) と D.I. との関係を調べ, 安定性にすぐれた顎位と運動の巧みにすぐれた顎位 (D.P.) との関連性を比較検討した。図 19 は Sub. A を例に T.P. と D.I. との顎位毎の対応関係を経時的にみたものである。なお T.P. の経時的推移は T.P. の平均的位置 M 点で表わしてある (A 点については図 14 参照)。T.P. と D.I. との関係を (i) T.P. が臨界点に達するまでの段階 (図中 □ × 印) と (ii) 臨界点に達した段階 (図中 ● ○ 印) の 2 つに分けて考えてみる。

(i) A 点, M 点の境界点は初め低い高径に出現するが, 実験試行回数を重ねるにつれ, 高径の増す方向に移動し, したがって安定性にすぐれた下顎位の上下的範囲 (安定顎位と略す) は変化し広がっていったのに対し, D.P. は T.P. の推移と恰も無関係にほぼ一定の顎位に存在した。この段階での D.P. は T.P. の境界点より高い高径に存在しているので, T.P. の安定顎位と D.P. と

図 19 運動の巧みさ (D.I.) と叩点 (T.P.) との対応関係 (Sub. A)

- a : T.P. (M) の経時的変化
- b : D.I. の経時的変化
- a の縦軸 : apex からの前後の距離
- b の縦軸 : D.I.

は必ずしも共通顎位に存在しないことになる。

(ii) この段階では T.P. の境界点は殆ど変化せず, 安定した臨界点となつている。この臨界点は D.P. と一致あるいはより高い高径に存在した。したがって D.P. は T.P. の安定顎位に含まれ, 両者は共通顎位を有することになる。

(i) (ii) から, T.P. の安定顎位は試行回数につれ変化するが, D.P. は試行回数に影響されずほぼ一定であること, および D.P. は最終的には T.P. の安定顎位に含まれるが, 試行過程においては必ずしも一致しない場合のあることがわかった。

T.P. のばらつきから顎頭位の安定性をおおよそ推測できる。そこで T.P. の A 点, M 点の位置的变化を顎頭の

前後的位置変化の目安とする観点から (i), (ii) の現象をみると、次のように考えられる。(i)→(ii) の過程を D.I がピークを示す運動の巧みさにすぐれた顎位 D.P (高径 9.1 mm) でみると、A, M 点は同顎位で水平的に apex に対し前方から後方に明らかな移動 (A 点で 3.0 mm, M 点で 1.7 mm, 表 5 参照) を示しており、これは顎頭位の違いにより、運動の巧みさがそれほど影響をうけないことを意味し、また (ii) で、安定性にすぐれた臨界点より低い上下の顎位では、顎頭位が前後的に殆ど変化せず安定した状態にあると思われる範囲内で D.I は最大から最小まで変動を示し、運動の巧みさが大きく変化することを意味している。したがって (i), (ii) を勘案すると、少なくとも overclosure の顎位においては、運動の巧みさと顎頭位の間には必ずしも密接な対応関係はないと思われた。以上より、次の 2 点が推測された。

① 適正な咬合高径は運動の巧みさ (D.P) からは定まる可能性があるが、叩点分布の変化だけでは定めることが困難である。

② 運動が最も巧みにできる咬合高径において顎頭は関節窩内で安定した状態をとることができるが、運動の巧みさは必ずしも顎頭位によつてきまるものではない。

5. 運動の巧みさと叩点分布からみた下顎位

適正な咬頭嵌合位は上下的、水平的な下顎位の両者について決定しなければならず、その場合上下的には筋機能が好都合に行われること、水平的には顎頭が安定位にあることが重視される¹⁾。本実験では咬頭嵌合位の失なわれた被験者について、顎位毎の筋機能を運動の巧みさから検討するために、Tapping 運動の強さ、速さ、規則性を指数化した Dynamic Index (D.I) から追求した。その結果、D.I は高径の明らかに低い顎位や、逆に高い顎位では低い値を示したが、すべての被験者について D.I が高い値を示す顎位 (運動の巧みさにすぐれた下顎位) が存在した。この顎位 D.P は Tapping 運動時、筋機能が好都合に行われる顎位と考えられ、本実験では臨床的に適正と考えられた義歯の高径付近に存在し、有歯顎では咬頭嵌合位にきわめて近い顎位に存在することが推測された。ゆえに Tapping 運動の巧みさを表わす D.I は下顎の筋機能の全貌を代表するものではないが、これから機能的にすぐれた上下の顎位を知る目安となる可能性は示されたものと考ええる。

一方叩点の分布は、有歯顎に比し本被験者では咬頭嵌合位が失なわれていた時期をもつためか、前方への偏位が顕著であつた。とくに前方点にこの傾向が著しかったが、試行を重ねるにつれ Gothic arch の apex 近くの

位置へ集る傾向が認められている。これは力強い急速 Tapping 運動の結果、顎頭が関節窩内の安定した位置で回転していることを示すものと思われる。したがって叩点の前後分布範囲の狭小化が水平的顎位の 1 つの目安となろう。

また咀嚼筋活動は咀嚼筋、顎関節および歯根膜や口腔粘膜の感覚によるフィードバック機構によつて調節されているといわれ³¹⁾、この点からは歯牙の有無が Tapping 運動の巧みさを左右する³²⁾ことも考えられる。しかし、本運動の巧みさを表わす D.I のパターンが欠損歯数の異なる被験者間でも同傾向を示し、また overclosure 部位を除く顎位では有歯顎の D.I のパターンとも類似したことより、欠損歯数の差が運動の巧みさの顎位間の相対的变化に与える影響は少ないものと推測され、本方法は無歯顎に近い状態でも応用可能と考えられる。

V. 総括ならびに結論

下顎位の機能的位置を筋機能的に検索する目的から、丸山が有歯顎について報告した Tapping 運動を、咬頭嵌合位を失った overclosure の可能な 3 名の被験者に行わせ、種々な高径における運動を多面的に解析し、さらに運動の巧みさを総括的に検討した結果以下の結論を得た。

1. Tapping 運動の上下の顎位間における機能的変化を強さ、速さ、規則性、安定性の 4 要素より検討した。

2. 各要素は顎位に関連した応答性を示したが、その特徴をよく表現できる因子は、強さが Tapping 時の咬合力 (T.F)、速さが周期 (P) および非接触時間 (U-T)、規則性が接触時間の変化係数 (ct)、安定性が叩点の前後分布であつた。

3. 上記因子をあわせ検討した結果、総括的な運動の巧みさは強さ (T.F)、速さ (U-T)、規則性 (ct) の総合作用より表現できる可能性が示された。

4. 上記 3 要素の相乗効果より運動の巧みさを客観的に評価する指数として Dynamic Index (D.I) を考案し、次式で表わした。

$$D.I = \frac{T.F}{U-T \times ct} \times 10^4$$

5. 運動の巧みさにすぐれた顎位は D.I がより高い値を示す顎位として求めることができ、この顎位を Dynamic position (D.P) と呼んだ。

6. D.P はいわゆる下顎安静位の上方で、義歯の高径

に近接した位置にあった。

7. D.P より高径が増加しても、あるいは減少しても D.I 値は低下を示し、運動の巧みさは比例的に劣る傾向にあった。

8. 本被験者の D.P より高い顎位にみられた D.I のパターンは、咬頭嵌合位の明瞭な有歯顎者のそれと類似した傾向を示した。

9. 叩点の前後的分布の範囲ならびに偏位の小さい、すなわち安定性のすぐれた顎位の上下的な幅は広く、安定性は水平的顎位の基準とはなりうるが、機能的にすぐれた上下の下顎位の決定には適当でないと判断された。

10. Tapping 運動の強さ、速さ、規則性から上下の顎位の、安定性から水平的顎位の決定の可能性を示した。

稿を終るに臨み、ご指導ならびにご校閲の労を賜りました田端恒雄教授、ご指導、ご助言いただきました本学歯学部顎口腔総合研究施設咀嚼研究部門中村嘉男教授に謹んで感謝の意を表します。またご教示、ご援助をいただきました井上昌幸助教授・丸山雅昭博士ならびに種々ご助言下さいました第2歯科補綴学教室の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 石原寿郎, 藍 稔: 咬合に関する見解の種々相, 1. 下顎位について, 歯界展望, 30: 809~819, 昭和42(1967).
- 2) 丸山雅昭: 種々な下顎位における下顎の急速反復開閉運動に関する研究, 補綴誌, 17: 308~332, 昭和48(1973).
- 3) 河村洋二郎: 歯科臨床と口腔生理学, 日本歯科評論, 300: 1167~1173, 昭和42(1967).
- 4) 間田直幹, 内藤耕二: 新生理学(上巻)第2版, 東京, 昭和42. 医学書院, 1117~1132頁.
- 5) 河野正司: 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動に関する研究, 第2報, マルチフラッシュ装置による矢状面内運動の解析, 補綴誌, 12: 350~380, 昭和43(1968).
- 6) 福島俊士: 習慣的開閉運動における顎頭運動の研究, 補綴誌, 15: 267~290, 昭和46(1971).
- 7) Jarabak, J.R.: An electromyographic analysis of muscular behavior in mandibular movements from rest position, J. Pros. Dent., 7: 682~710, 1957.
- 8) Sicher, H.: Temporomandibular articulation in mandibular overclosure, J.A.D.A., 36: 131~139, 1948.
- 9) Vaughan, H.C.: Temporomandibular joint pain, J. Pros. Dent., 4: 694~708, 1954.
- 10) Atwood, D.A.: A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible, Part I. The variability of the clinical rest position following the removal of occlusal contacts, J. Pros. Dent., 6: 504~519, 1956.
- 11) 坂東永一: 下顎位のテレメータリングによる経時的観察, 補綴誌, 14: 183~203, 昭和45(1970).
- 12) 末次恒夫: マルチフラッシュ装置による無歯顎の前後、開閉運動並びに下顎位の研究, 補綴誌, 5: 131~169, 昭和36(1961).
- 13) Lytle, K.B.: Vertical relation of occlusion by the patient's neuromuscular perception, J. Pros. Dent., 14: 12~21, 1964.
- 14) Timmer, L.H.: A reproducible method for determining the vertical dimension of occlusion, J. Pros. Dent., 22: 621~630, 1969.
- 15) Christensen, J.: Effect of occlusion-raising procedures on the chewing system, Dent. Practnr. dent. Rec., 20: 233~238, 1970.
- 16) 石原寿郎, 井上昌幸, 河野正司ら: オーラルリハビリテーションの1症例における下顎位の診断, 補綴誌, 13: 204~211, 昭和44(1969).
- 17) 井上昌幸, 藍 稔, 河野正司ら: オーラルリハビリテーションの1症例における下顎位の診断—その後の経過について—, 補綴誌, 16: 413, 昭和48(1973).
- 18) 大石忠雄: 下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究, 補綴誌, 11: 197~220, 昭和42(1967).
- 19) 川畑博昭: 矢状面内における各種顎頭位の研究, 特に顎頭安定位について, 補綴誌, 15: 255, ~281, 昭和46(1971).
- 20) Ramfjord, S.P. et al.: Distal displacement of the mandible in adult rhesus monkeys. J. Pros. Dent., 16: 491~502, 1966.
- 21) Ramfjord, S.P. et al.: Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys. J. Pros. Dent., 16: 503~512.
- 22) Schweitzer, J.M.: Masticatory function in man: II, mandibular repositioning, J. pros. Dent., 12: 262~291, 1962.
- 23) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 141~177, 昭和37(1962).
- 24) 川口豊造: 電気的測定装置による習慣的閉口運動および嚥下運動時の歯牙接触位に関する研究, 補綴誌, 12: 397~422, 昭和43(1968).
- 25) 西村敏朗: 練習用義歯による水平的咬合位の変化に関する研究, 補綴誌, 16: 420~442, 昭和47(1972).
- 26) Hupfau, L.: Vergleichende Untersuchungen verschiedener Registrierverfahren, Dtsch. zahnärztl. Z., 26: 158~162, 1971.

- 27) 雨宮幸三, 川添堯彬, 西津 恂ら: 無齒顎の Gothic Arch Apex と Tapping Point の相互的観察, 齒科医学, 33: 289~299, 昭和45 (1970).
- 28) 上條雍彦: 解剖学の立場からみた顎関節—特に無齒顎と有齒顎との差について—, 日本齒科医師会雑誌, 25: 125~132, 昭和47 (1972).
- 29) Silverman, M.M.: Centric occlusion and jaw relation and fallacies of current concepts, J. Pros. Den., 7: 750~769, 1957.
- 30) 名波智章: 咬合点に関する臨床実験的研究, 齒科学報, 72: 462~533, 昭和47 (1972).
- 31) 覺道幸男: 義齒の生理学, 東京, 昭和51. 医歯薬出版株式会社, 149頁.
- 32) 森田修己, 旗手 敏: Over denture の連結機構による咬合と齒根膜の反射機序について, 日本齒科評論, No. 405: 45~59, 昭和51 (1976).