

# 母音持続発音を応用した顎間垂直距離決定法に関する研究

森 本 進

## A Study of Determination of Occlusal Vertical Dimension by Phonation of Sustained Vowel

Susumu Morimoto

(平成5年3月31日受付)

### 緒 言

補綴臨床において適正な顎間垂直距離を決定することは、顎口腔機能を正常に保つ<sup>1-6)</sup>上で極めて重要である。従来より、顎間垂直距離決定法として、下顎安静位法<sup>7,8)</sup>が頻用されているが、下顎安静位法単独では必ずしも、適正な顎間垂直距離を採得し得るとはいえない<sup>9,10)</sup>。

近年、再現性の高い発音運動位を利用した顎間垂直距離決定法が試みられている<sup>11-27)</sup>。しかし、従来の方法では被検語音の調音時間が極めて短く<sup>25,26,28-30)</sup>、調音時の下顎位を記録し、それを臨床的に応用することは困難であった。これに反し、母音の持続発音は調音時間が長く、調音時の下顎位を容易に記録し得る利点がある。しかし、母音の持続発音と下顎位との関係は未だ不明な点も多く、これらを明らかにした研究は見当たらない。

本研究では、この点に着目して、日本語5母音を持続発音させた時の下顎位の動態を明らかにするとともに、母音持続発音時の下顎位を基準とした顎間垂直距離決定法の有用性について検討した。

### 材料ならびに方法

本研究は以下の4種類の実験より構成した。

実験1では、被験者として正常天然歯列者30名を選択し、日本語5母音の持続発音時における下顎位の動

態について検討した。

実験2では、被験者として総義歯装着者30名を選択し、[i], [u] 持続発音時の下顎位の動態について検討した。

実験3では、被験者として総義歯装着者15名を選択し、中心咬合位及び下顎安静位から各々 [i], [u] を持続発音させ、発音開始時の下顎位による影響について検討した。

実験4では、被験者として正常天然歯列者6名及び総義歯装着者3名を選択し、厚さの異なる実験用口蓋床の装着が、[i], [u] 持続発音時の下顎位に及ぼす影響について検討した。

### 〔実験1〕 母音持続発音時における下顎位の動態 —天然歯列者の場合—

#### 1. 被 験 者

顎口腔系に機能異常を認めない個性正常咬合の成人(以下、天然歯列者と略す)男子30名(平均年齢26.0歳)を選択した。なお、自覚的発音障害、あるいは聴覚障害のあるものは被験者に含まれていない。

#### 2. 被 検 音

日本語母音の [a] [i] [u] [e] [o] を被検音とした。

#### 3. 下顎位の記録

閑静なシールド室内で、被験者の眼耳平面が床と平行になるよう安頭台で頭部を支持して実験を行った。

下顎位の記録は、中心咬合位を基準とし、各被検母音を日常会話時の強さ及び高さで各4回、約4秒間持続発音させ、この時の下顎位を Mandibular Kinesiograph (K-5AR, Myo-tronics Research 社製)(以下、MKG と略す)を用いて記録した。MKG のマグネットの移動距離の増大に伴う精度の低下を補正するため、MKG Analyzer (MODEL 86, Myo-tronics Research 社

広島大学歯学部歯科補綴学第一講座(主任:津留宏道教授)本論文の要旨は、平成元年8月15日日本補綴歯科学会中国四国支部学術大会、平成3年8月第17回日本補綴歯科学会中国四国支部学術大会、平成4年10月第6回ME学会秋期大会、平成4年12月第71回広島大学歯学会例会において発表した。

製)を用いた。

#### 4. 下顎位の計測及び分析

母音持続発音時の典型的な sweep 波形の模式図及び計測点を図1に示した。下顎位の計測点は、発音時の軌跡から得られる4点とし、以下のように規定した。

ポイントⅠ：発音開始直後、最大開口を示す点

ポイントⅡ：最大開口から開口量を減少させ、安定した位置をとるようになった直後の点

ポイントⅢ：ポイントⅡとⅣとの中点

ポイントⅣ：持続発音後、術者の指示により閉口を開始する直前の点

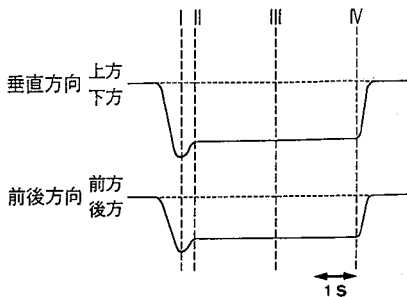


図1 母音持続発音時の典型的な sweep 波形と計測点。

MKG のモニター画面上に表示された sweep 波形を専用カメラ (C-5C, Tektronix 社製) にて写真撮影し、写真上で各ポイントと中心咬合位との距離をデジタルノギス (CD15S, 三金工業株式会社製) を用いて計測した。各ポイントについて4回の計測により得た値の平均値を被験者ごとに算出した後、30名の平均値を求めた。以後、垂直方向における計測値を垂直距離、前後方向における計測値を前後距離と表現する。

得た30名の計測結果について、各被験者において4回繰り返し計測を行った際の垂直距離の標準偏差を各ポイントごとに求め、被験者内の再現性について検討した。また、被験者内の各ポイント間における垂直距離の差の絶対値を求め、ポイント間の安定性についても検討した。

被験者を数分間リラックスさせ、下顎安静位の安定した状態で、下顎安静位と中心咬合位との距離を同様に記録、計測した。

[i] 及び [u] の持続発音時の下顎位の計測時期による変動、すなわち日内日間変動については、天然歯列者5名 (男性3名、女性2名、平均年齢26.2歳) を選択し、同様の実験条件にて検討を加えた。計測時期は、午前10時、午後2時、午後6時と1日3回とし、

さらに、いずれか1つの時刻を定めて3日間に3回計測した。

#### 5. 統計解析

各被検母音持続発音時の下顎位と下顎安静位との間、及び各ポイント間に統計学的有意差が存在するか否かについて、t 検定を行った。以下、確率 (p 値) が、有意水準 0.05 以下の場合に、有意差が存在するとした。また、各ポイントと下顎安静位との間の相関を検討した。

#### 〔実験2〕 母音持続発音時における下顎位の動態 —総義歯装着者の場合—

##### 1. 被験者

総義歯使用経験があり、義歯装着後約3カ月以上経過し、臨床的に予後良好と判定された総義歯装着者30名 (男性12名、女性18名、平均年齢67.6歳) を選択した。なお、自覚的発音障害、あるいは聴覚障害のあるものは被験者に含まれていない。

##### 2. 被検音

ここでは日本語母音 [i] 及び [u] を用いた。

##### 3. 下顎位の記録、計測及び分析

実験1と同様とした。日内日間変動についても総義歯装着者3名 (男性3名、平均年齢67.7歳) を選択し、同様の実験条件にて検討を加えた。

##### 4. 統計解析

実験1と同様に各計測値間に統計学的有意差が存在するか否かについて、t 検定を行った。また、各ポイントと下顎安静位との間の相関を検討した。

#### 〔実験3〕 発音開始時の下顎位による影響

##### 1. 被験者

実験2で選択した被験者の中から総義歯装着者15名 (男性7名、女性8名、平均年齢67.7歳) を選択した。

##### 2. 被検音

実験2と同様、日本語母音 [i] 及び [u] とした。

##### 3. 下顎位の記録

実験1の方法で、各被検音を中心咬合位及び下顎安静位からそれぞれ各4回、約4秒間持続発音させ、その時の下顎位を MKG を用いて記録した。

##### 4. 下顎位の計測及び分析

実験1と同様に各計測点と中心咬合位との距離を計測した (図2)。

##### 5. 統計解析

実験1と同様に発音開始時の下顎位により、各計測値間に統計学的有意差が存在するか否かについて、t 検定を行った。

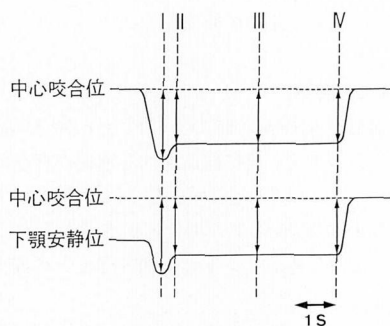


図2 中心咬合位及び下顎安静位から持続発音を開始させた時の典型的な垂直方向の sweep 波形と計測点。

#### 〔実験4〕 実験用口蓋床装着による影響

##### 1. 被験者

実験1, 2と同様の基準で, 正常天然歯列者6名(男性2名, 女性4名), 総義歯装着者5名(男性4名, 女性1名)を選択した。

##### 2. 実験用口蓋床

各被験者について, 天然歯列者では, 厚さ0.3mm, 1.5mm及び3.0mmの3種類の実験用口蓋床を, 総義歯装着者では, 義歯口蓋部に付与する厚さ1.0mm及び2.0mmの2種類の実験用口蓋床を作製した(図3)。

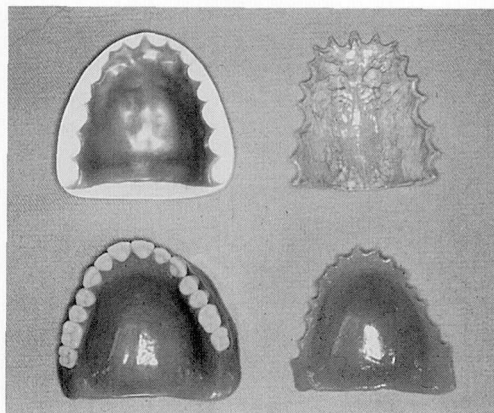


図3 実験用口蓋床のワックスアップとレジン製実験用口蓋床(上段)及び実験に供した総義歯とレジン製実験用口蓋床(下段)。

天然歯列者においては, 松田<sup>31)</sup>の方法に従い, 上顎の印象を採得して作製した石膏模型の口蓋部にシートワックス(ジーシー社製)を所定の厚さになるように圧接して, 口蓋床のワックスパターンを作製した。口蓋床の周縁は歯列の舌側歯頸部に接し, 後縁は Ah-

lineとした。一定の厚さにし, 歯頸部付近は可及的に薄く, 床後縁は粘膜に滑らかに移行させた。ワックスパターン作製後, 埋没, 流蠟し, 加熱重合型床用レジン(SR-IVOCAP, IVOCLAR社製)にて口蓋床を完成した。荒研磨後, 口蓋床を被験者の口腔内に試適し, 適合状態, 咬合干渉部の有無などを診査し, 調整した。口蓋床表面は性状を一定にするために, レジン表面滑沢硬化材(パーマリンク, ジーシー社製)にて表面滑沢処理を行い, 最終的に口蓋床の厚さをマイクロメーター(CPM-25K, 三豊製作所製)を用いて確認した。

総義歯装着者では, シート状の光重合型義歯床用レジン(エポレックス-D, 日本油脂社製)を所定の厚さに成形した後, 被験者の上顎義歯口蓋部に天然歯列者の場合と同様の形態になるよう圧接し, 光重合を行った。口蓋床の表面処理及び厚さの確認は, 天然歯列者の場合と同様に行った。

##### 3. 被検音

日本語母音[i]及び[u]を選んだ。

##### 4. 下顎位の記録, 計測及び分析

下顎位の記録及び計測は実験1と同様に行った。天然歯列者では, 厚さ0.3mm, 1.5mmならびに3.0mmの3種類の口蓋床を装着した場合, また装着しない場合について, 各被検音持続発音時の下顎位を記録した。一方, 総義歯装着者では, 義歯口蓋部に厚さ1.0mm及び2.0mmの2種類の口蓋床を付与した場合, ならびに付与しない場合について同様に記録した。なお, 口蓋床の装着順序はランダムとした。

##### 5. 統計解析

天然歯列者及び総義歯装着者について, 各々の厚さの実験用口蓋床を装着した場合, 及び装着しない場合の各被検音持続発音時の下顎位の計測値間に, 統計学的有意差が存在するか否かについて, 一元配置分散分析を行った。以下, 確率(p値)が有意水準0.05以下の場合に, 有意差が存在するとした。

## 結 果

#### 〔実験1〕

図4及び図5に, 各被検音持続発音時の下顎位を計測値の平均値と標準偏差で示した。

図4は, 垂直距離に関する結果を示している。すべての被検母音において, 下顎は一度大きく開口した後, ポイントII, III, IVでは, ほぼ一定の位置を占めた。

[a] [e] [o] 持続発音時では, ポイントII, III, IVにおいて, 下方5.0mmから6.5mmまでの値を示し, 平均値及び標準偏差は, ともに下顎安静位と比較

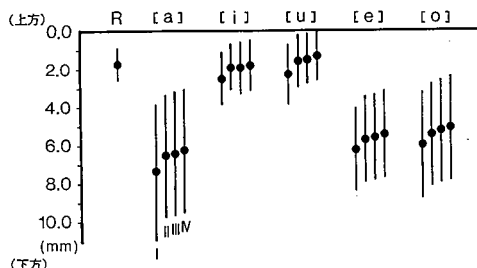


図4 天然歯列者30名における日本語5母音持続発音時の下顎位(垂直距離).  
(R:下顎安静位)

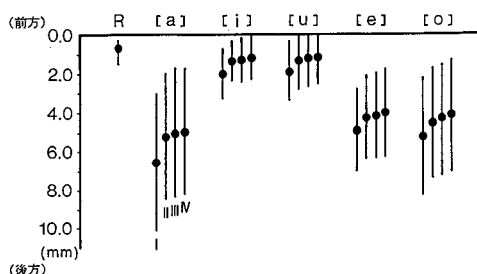


図5 天然歯列者30名における日本語5母音持続発音時の下顎位(前後距離).  
(R:下顎安静位)

し有意に大きい値を示した。[i] [u] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて、下方1.3mmから2.0mmまでの値を示し、下顎安静位との間に有意差を認めなかった。また、[i] [u] 持続発音時の標準偏差は、[a] [e] [o] 持続発音時の標準偏差に比較して小さい値を示したが、両者間に統計学的有意差を認めなかった。

図5は、前後距離に関する結果を示している。[a] [e] [o] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて、後方4.0mmから5.2mmまでの値を示し、平均値及び標準偏差は、ともに下顎安静位と比較し、有意に大きい値を示した。[i] [u] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて、後方1.1mmから1.3mmまでの値を示し、下顎安静位と有意差を認めなかった。また、垂直距離と同様に [i] [u] 持続発音時の標準偏差は、[a] [e] [o] 持続発音時の標準偏差に比較して小さい値を示したが、両者間に統計学的有意差を認めなかった。

母音持続発音時の下顎位と下顎安静位との相関を検討した。その結果、[i] 持続発音時の垂直距離及び前後距離において、ポイントIと下顎安静位との間に、有意な相関を認めた(垂直距離:相関係数 $R=0.48$ , 前後距離:相関係数 $R=0.40$ )が、その他のポイント

においては相関がなかった。

表1に、各被験者において4回繰り返し計測を行った際の垂直距離の標準偏差を30名の平均値で示した。被検5母音すべてにおいて、ポイントIでの標準偏差は、ポイントII, III, IVに比較して、大きい値を示した。[i] 及び [u] 持続発音時のポイントII, III, IVにおける標準偏差は、いずれも0.23mmから0.27mmと他の母音に比べて、小さい値を示した。

表1 被験者内における4回の標準偏差の平均値(垂直距離, 天然歯列者30名)

	I	II	III	IV
[a]	1.03	0.74	0.70	0.64
[i]	0.52	0.27	0.26	0.24
[u]	0.49	0.27	0.24	0.23
[e]	0.64	0.50	0.46	0.52
[o]	0.65	0.45	0.43	0.47

(単位: mm)

表2に、被験者内の各ポイント間における垂直距離の差の絶対値を30名の平均値で示した。[i] 及び [u] 持続発音時におけるポイントIIとIIIとの差、及びIIIとIVとの差は、いずれも0.12mmから0.16mmまでの極めて小さい値を示した。ポイントIIとIVとの差も、[i] 持続発音時において0.28mm, [u] 持続発音時において0.26mmと、小さい値を示した。

表2 被験者内におけるポイント間の差の絶対値の平均値(垂直距離, 天然歯列者30名)

	I - II	II - III	III - IV	II - IV
[a]	1.15	0.30	0.24	0.37
[i]	0.65	0.15	0.15	0.28
[u]	0.70	0.16	0.12	0.26
[e]	0.55	0.24	0.17	0.35
[o]	0.56	0.18	0.24	0.37

(単位: mm)

図6及び図7に、天然歯列者5名(男性3名, 女性2名, 平均年齢26.2歳)における、[i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日内変動及び日間変動に関する測定結果を示した。計測時刻による変動幅、すなわち日内変動に関する標準偏差は、被験者5名の平均で [i] 持続発音時において0.21mm及び [u] 持続発音時に

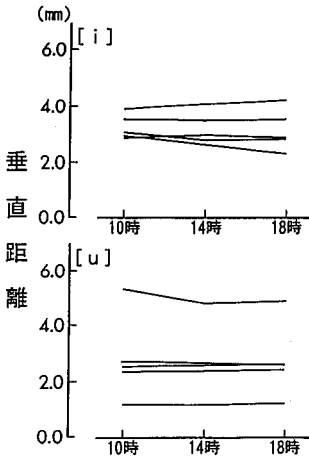


図6 [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日内変動。天然歯列者5名の持続発音時の垂直距離をポイントII, III, IV 3点の平均値で示した。

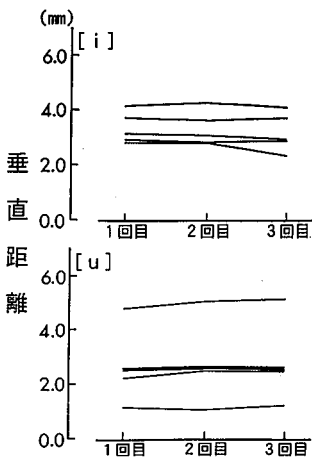


図7 [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日間変動。天然歯列者5名の持続発音時の垂直距離をポイントII, III, IV 3点の平均値で示した。

において 0.13 mm と極めて小さい値を示した。計測日による変動幅、すなわち日間変動に関する標準偏差は、被験者5名の平均で [i] 持続発音時において 0.15 mm 及び [u] 持続発音時において 0.13 mm と極めて小さい値を示した。

〔実験 2〕

図8及び図9に、総義歯装着者30名における [i] 及び [u] 持続発音時の下顎位を、計測値の平均値と標準偏差で示した。両被検母音はともに、天然歯列者の場合とほぼ同様の動態を示した。

図8は、垂直距離に関する結果を示している。[i]

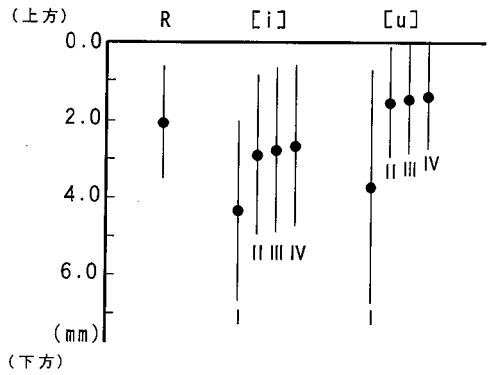


図8 総義歯装着者30名における [i] 及び [u] 持続発音時の下顎位 (垂直距離)。

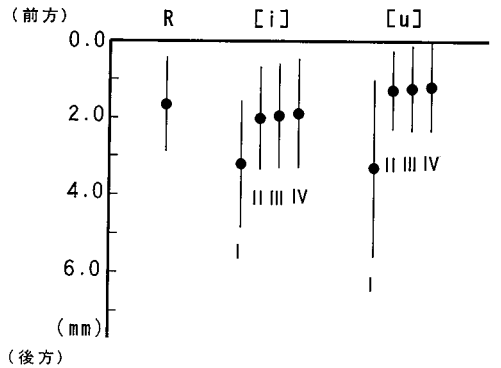


図9 総義歯装着者30名における [i] 及び [u] 持続発音時の下顎位 (前後距離)。

持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて下方 2.7 mm の値を示し、下顎安静位よりやや下方に位置する傾向を認めた。[u] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて下方 1.4 mm の値を示し、下顎安静位よりやや上方に位置する傾向を認めた。

図9は、前後距離に関する結果を示している。[i] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて後方 1.8 mm の値を示し、下顎安静位とほぼ同一の位置を占めた。[u] 持続発音時では、ポイントII, III, IVにおいて後方 1.2 mm の値を示し、下顎安静位よりやや前方に位置する傾向を認めた。

母音持続発音時の下顎位と下顎安静位との相関を検討した。その結果、両被検母音はともに、垂直距離及び前後距離において、ポイントII, III, IVと下顎安静位との間に有意な相関を認めた(表3)。

表4に、各被験者において4回繰り返し計測を行った際の垂直距離の標準偏差を30名の平均値で示した。両被検母音ともにポイントII, III, IVでは、いずれも 0.20 mm から 0.30 mm までの小さい値を示した。

表3 総義歯装着者30名における [i] 及び [u] 持続発音時の下顎位と下顎安静位との相関係数 ( $p < 0.05$ )

		II	III	IV
[i]	垂直距離	0.67	0.67	0.65
	前後距離	0.59	0.61	0.59
[u]	垂直距離	0.65	0.64	0.64
	前後距離	0.70	0.70	0.69

表4 被験者内における4回の標準偏差の平均値 (垂直距離, 総義歯装着者30名)

	I	II	III	IV
[i]	0.76	0.30	0.27	0.27
[u]	0.70	0.21	0.20	0.20

(単位: mm)

表5に, 被験者内の各ポイント間における垂直距離の差の絶対値を30名の平均値で示した。両被検母音はともに, ポイントIIとIIIとの差, 及びIIIとIVとの差はいずれも 0.13 mm から 0.20 mm までの小さい値を示した。また, ポイントIIとIVとの差も [i] 持続発音時において 0.35 mm 及び [u] 持続発音時において 0.22 mm と, 小さい値を示した。

表5 被験者内におけるポイント間の差の絶対値の平均値 (垂直距離, 総義歯装着者30名)

	I - II	II - III	III - IV	II - IV
[i]	1.41	0.20	0.17	0.35
[u]	2.45	0.13	0.13	0.22

(単位: mm)

図10及び図11に, 総義歯装着者3名(男性3名, 平均年齢67.6歳)における [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日内変動及び日間変動に関する測定結果を示した。計測時刻による変動幅, すなわち日内変動に関する標準偏差は, 被験者3名の平均で [i] 持続発音時において 0.12 mm 及び [u] 持続発音時において 0.09 mm と極めて小さい値を示した。計測日による変動幅, すなわち日間変動に関する標準偏差は, 被験者3名の平均で [i] 持続発音時において 0.10 mm 及び [u] 持続発音時において 0.11 mm と極めて小さい値を示した。

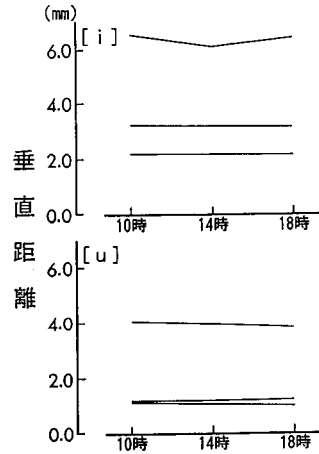


図10 [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日内変動。総義歯装着者3名の持続発音時の垂直距離をポイントII, III, IV 3点の平均値で示した。

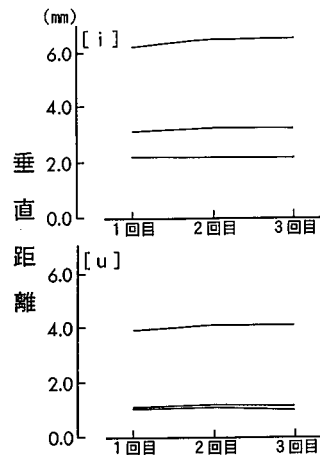


図11 [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離の日間変動。総義歯装着者3名の持続発音時の垂直距離をポイントII, III, IV 3点の平均値で示した。

〔実験 3〕

表6及び表7に, 中心咬合位及び下顎安静位から発音を開始させた, [i] 及び [u] 持続発音時の下顎位の各ポイントと中心咬合位との垂直距離を15名の平均値と標準偏差とで示した。両被検母音はともに, いずれの下顎位から発音を開始した場合も, ポイントII, III, IVにおいて, 垂直距離の差は 0.02 mm から 0.09 mm までの極めて小さい値を示した。また, すべてのポイントにおいて両被検母音はともに, いずれの下顎位から発音を開始した場合も垂直距離に有意差を認めなかった。

表6 中心咬合位及び下顎安静位から開始させた [i] 持続発音時の垂直距離 (総義歯装着者 15名)

発音開始時の下顎位	I	II	III	IV
中心咬合位	4.19 ±2.39	3.13 ±1.90	3.09 ±1.96	3.01 ±1.97
下顎安静位	3.66 ±2.44	3.04 ±1.99	3.01 ±2.02	2.97 ±2.04

平均±S.D. (単位: mm)

表7 中心咬合位及び下顎安静位から開始させた [u] 持続発音時の垂直距離 (総義歯装着者 15名)

発音開始時の下顎位	I	II	III	IV
中心咬合位	3.54 ±2.75	1.64 ±1.00	1.53 ±1.01	1.49 ±1.04
下顎安静位	2.24 ±1.42	1.56 ±1.04	1.50 ±1.07	1.46 ±1.10

平均±S.D. (単位: mm)

〔実験4〕

図12に、天然歯列者における各計測点ごとの計測結果を6名の平均値で示した。[i] 持続発音時では、口蓋床の厚さにより垂直距離は変動したが、有意差は認めなかった。[u] 持続発音時では、ポイントIにおいては口蓋床が厚くなるに従い垂直距離が増加する傾向を認めたが、その他のポイントでは、変化はほとんどなかった。また、両被検母音ともに、被験者内においても口蓋床の厚さによる垂直距離の有意な変動は認めなかった。

図13に、図12の天然歯列者の場合と同様に、総義歯装着者における結果を示した。[i] 持続発音時では、ポイントIにおいて口蓋床の厚さにより垂直距離は変動したが、有意差はなかった。その他のポイント及び [u] 持続発音時でもほとんど変化はなかった。また、両被検母音はともに、天然歯列者と同様に、被験者内においても口蓋床の厚さによる垂直距離の有意な変動を認めなかった。

考 察

総義歯臨床において適正な顎間垂直距離を決定することは、顎口腔機能を正常に保つ上で極めて重要な因子の1つであり、従来より多くの顎間垂直距離決定法が報告されている<sup>7,8,11-27,32-45)</sup>。しかし、いずれの方法も単独では必ずしも適正な顎間垂直距離を採得し

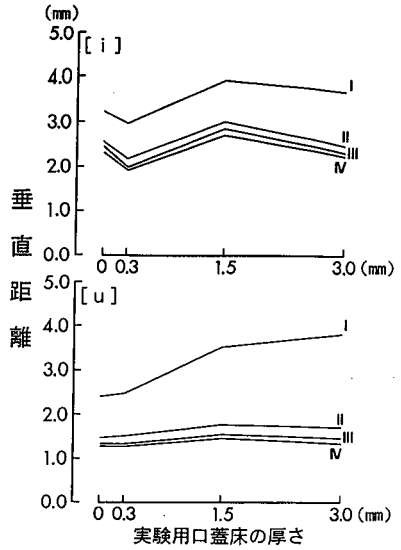


図12 実験用口蓋床の厚さと [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離 (天然歯列者)。持続発音時の垂直距離を各計測点ごとに被験者6名の平均値で示した。0は口蓋床を装着しない場合を表す。

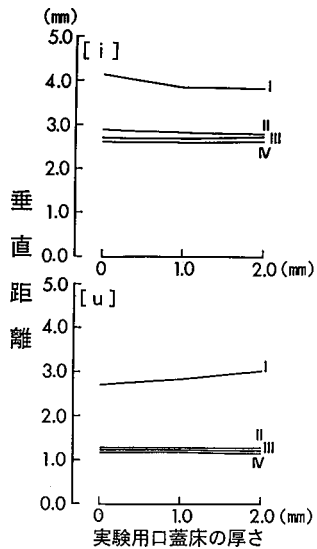


図13 実験用口蓋床の厚さと [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離 (総義歯装着者)。持続発音時の垂直距離を各計測点ごとに被験者5名の平均値で示した。0は口蓋床を付与しない場合を表す。

得るとはいえず、種々の機能的な方法、形態学的方法が併用されているのが現状である。

現在までに提唱されてきた顎間垂直距離決定法と

して、(1)下顎安静位法<sup>7,8)</sup>、(2)発音法<sup>11-27)</sup>、(3)嚙下法<sup>32,33)</sup>、(4)Myo-monitor 法<sup>34-36)</sup>、(5)咬合力応用法<sup>37)</sup>、(6)顔面計測法<sup>38-41)</sup>、(7)筋電図法<sup>42)</sup>、(8)患者の感覚による方法<sup>43,44)</sup>、(9)X線写真による方法<sup>45)</sup>などが挙げられる。

これらのうち、(5)から(9)までの方法は、確実でないとしてされている<sup>46-50)</sup>。確実性の高いといわれる(1)から(4)までの方法のうち下顎安静位法及び嚙下法は、他のMyo-monitor 法及び発音法に比較して被験者間の差が小さく普遍性がある<sup>51,52)</sup>と報告されている。

しかし、安静空隙には個人差があり、年齢によって変化し<sup>9)</sup>、1つの位置に固定したものではなく絶えずある範囲内で動揺する<sup>53)</sup>などの理由から、下顎安静位の安定性については疑問が残されている<sup>10)</sup>。

嚙下法についても、無歯顎者では上下歯列の接触が欠如していることを補うため、頬筋が異常に収縮して、顎間距離が正常値より小さい値を示し<sup>10)</sup>、使用するワックスが温度に左右されやすいと同時にワックスの厚さによって顎間距離が変動し<sup>9)</sup>、無歯顎者では舌の位置の変化により顎間垂直距離が安定しない<sup>54)</sup>など、確実性に欠けると考えられる。

以上のことから、現在最も普遍的で確実性が高いと考えられる下顎安静位法及び嚙下法においても、これらの方法単独では必ずしも適正な顎間垂直距離を採得し得るとはいえない。

近年、再現性の高い発音運動位を利用した顎間垂直距離決定法が試みられている。発音法においては、従来より以下のような被検音が用いられている。

S音調音時の下顎位は、各個人で一定の値をとり、下顎は調音運動中、咬頭嵌合位に最も近づき、また、この間隙は個人的には差があるが、同一個人においては歯の有無、年齢に関係なく一生不変であるといわれている<sup>11,12)</sup>ことから前歯部人工歯排列の基準及び顎間垂直距離決定に利用されている<sup>14-17,19)</sup>。

両唇音であるM音調音時の下顎位は、下顎安静位に近い位置をとるといわれ<sup>13,21)</sup>、臨床応用のための術式が報告されている<sup>13-17,19-21)</sup>。

しかしながら、日本人の高齢者に、“Mississippi”、“Sixty-six”など、慣れない英単語の発音を行わせるのは適切ではなく<sup>55)</sup>、また、日本語においては、子音が後続母音を伴い先行子音として調音される特殊性から、子音単独発音の安定性を利用できない。

津留ら<sup>56)</sup>、谷<sup>52)</sup>は、S音及びM音調音時の下顎位は、ばらつきが極めて大きいとも報告している。したがって、S音あるいはM音を応用する方法は、顎間垂直距離決定法として臨床上必ずしも適切とは考えられない。

日本語調音時の下顎運動についての報告は多い<sup>24-26,57-61)</sup>が、これらはいずれもV(単母音)型、CV(先行子音+後続母音)型、またはVCV(先行母音+子音+後続母音)型の音節について検討されており、調音時間が極めて短く、調音時の下顎位を記録し、それを臨床的に応用することは困難であった。

これに反し、母音の持続発音は調音時間が長く、調音時の下顎位を容易に記録し得る長所がある。しかし、母音を持続発音させた場合の下顎位の状態、特に下顎安静位などとの関係については明らかにされていない。

本研究は、日本語母音の持続発音時の下顎位の動態を解明することにより、母音持続発音時の下顎位を基準とした顎間垂直距離決定法の有用性を明らかにしようとしたものである。

## I. 研究方法について

### 1. 被検母音の発音条件について

被検母音持続発音時の強さ及び高さは、日常会話時と同程度とした。Pound<sup>17)</sup>は、発音法を臨床応用する場合、発音時の音声の大きさによる影響も考慮する必要があると指摘した。しかし、田中<sup>26)</sup>は、音声の強さを口唇から30cmの距離で約60phone及び約90phoneに規定し両者を比較した結果、音声の大小はS発音位にほとんど影響せず、発音検査では音声の大小には特に留意する必要がないと報告している。

一方、従来の調音時の下顎位に関する報告において、多くの研究者<sup>24,59-62)</sup>が本研究と同様に規定している。しかも音声の大小に関しては、個人差が大きいと考えられることから、音声の大きさの規定は、個々の被験者に対して、非生理的な調音を強いることになる可能性が高い。以上より、可及的に日常会話時と同程度の強さ及び高さで発音させることが、最も適切な音声の大きさの規定であると考えた。

持続発音時間は約4秒間とした。予備実験として、天然歯列者及び総義歯装着者において生理的な状態での持続発音を維持し得る最長の持続発音時間を模索した。その結果、すべての被験者が容易に持続発音し得る最長時間は約5秒間であった。そこで、下顎位の安定性を考慮し、約4秒間に設定するのが最適であると考えた。

### 2. 被験者について

#### 1) 天然歯列者

顎口腔系に機能異常を認めない個性正常咬合の成人男子30名(平均年齢26.0歳)を選択した。関根<sup>58)</sup>は、母音および子音における下顎の調音運動には顎の大きさおよび性別は、ほとんど関係しないと報告してい



ることから、成人男子30名を天然歯列者の被験者として選択した。なお、調音時の下顎位は、聴覚によるフィードバック機構により影響される<sup>63)</sup>ため、自覚的発音障害及び聴覚障害を有するものは除外した。

## 2) 総義歯装着者

総義歯装着後約3カ月以上が経過しており、総義歯装着者はすべて装着した総義歯にほぼ完全に適応し、顎口腔系に機能異常を認めず、安定した中心咬合位が確立されているとみられるものを選択した。天然歯列者同様に、自覚的発音障害及び聴覚障害を有するものは除外した。

下顎位の記録に際し、MKGのマグネットを下顎義歯に設置したが、この場合、義歯の動揺がデータに混入する可能性がある。そこで、下顎義歯の安定には特に留意し、実験に先立ち持続発音及びTappingを行わせ、義歯の変位のないことを確認するとともに、粘膜の被圧変位性による義歯の沈下による影響が生じないように、本研究の総義歯装着者の中心咬合位では強く咬合させず、上下の人工歯が接触した位置を中心咬合位とした。

## 3. 下顎位の記録方法について

下顎位の記録にはMKGを用いた。下顎運動を記録する方法の中で、非接触型顎運動計測装置<sup>64-68)</sup>を用いる方法は、顎運動計測時の生体に対する生理的な侵襲が少なく、機能的な顎運動が忠実に記録されることから、臨床及び研究の両面で幅広く用いられている。MKGは、代表的な顎運動計測装置の一つで、①使用方法が簡便でセッティング時間が短く、チェアサイドで容易に用いることができる。②下顎位の動態を肉眼的に同時にモニターで観察できる。③MKG Analyzerの使用により十分な測定精度が得られる<sup>69,70)</sup>などの利点を有している。以上より、顎運動計測装置としてMKGを選択した。

下顎位の記録は、垂直方向、前後方向、水平方向の3方向について同時に記録した。しかし、関根<sup>58)</sup>は、調音時の下顎運動は咀嚼時の運動と異なり、ほとんど上下的な開閉運動に限られていると述べている。本研究においても側方的な偏位はほとんど認められず、関根と同様な結果を得た。したがって、水平方向についての結果は示さなかった。

本研究において生じ得る誤差は、MKGの機械的誤差及び写真上での計測誤差であると考えられる。井上<sup>70)</sup>によると、MKGの誤差は下方12mm、前後6mm、左右6mmの範囲において、MKG Analyzerによる補正後では最大誤差率が3%程度である。本研究における計測値はすべてこの範囲内に収まっていることから、MKGによって生じる誤差は3%以内と考え

られる。[i]及び[u]持続発音時の垂直距離が約2mmであることを考えるとMKGによる機械的誤差は0.06mm前後となる。写真上での計測誤差は、オシロスコープの軌線幅を考えると0.5mm以下である。写真上ではスケールを実寸の約4倍に拡大していることから、実際の誤差は約0.1mmとなる。したがって、本研究において生じる誤差は±0.2mmを越えないものと考えられ、本研究における測定システムは十分な測定精度を有していると考えられる。

## 4. 実験用口蓋床について

口蓋床の厚さは、天然歯列者では金属床を想定して0.3mm、一般に使用されているレジン床を想定して1.5mm、最も厚い床を想定して3.0mmの3種類とした。総義歯装着者では現在使用されている義歯床の厚さに加えて、最も厚い床を想定して2.0mm及びその中間の厚さである1.0mmの2種類とした。

口蓋床の形態は、松田<sup>31)</sup>の報告に従い作製した。すなわち、床の大きさは総義歯を想定して口蓋全体を被覆するものとした。また、口蓋歯槽部における厚さの影響を排除するため、歯頸部付近は可及的に薄くし、口蓋床の周縁を舌側歯頸部に接するように設定し、アンダーカットを利用して床の維持を求めた。

## II. 研究結果について

### 〔実験1〕

母音は、呼気流が口腔内でその通過が妨げられることなく、発声されるときに生ずる音で、各付属管腔の形態、舌の形態と位置、口唇の形態と離開の仕方及び口腔の開き方の程度によって決まる<sup>71,72)</sup>。しかし、同一個人、同一母音については、たとえ開口度に差異が生じても付属管腔の形態を同一に保持しようとする傾向が極めて強い<sup>73)</sup>といわれている。また、発声筋には筋紡錘が存在せず、聴覚によるフィードバック機構が働いている<sup>63)</sup>。本研究において、母音持続発音時の下顎が、すべての被検母音において、一度大きく開口した後、ポイントII、III、IVでは、ほぼ安定した位置を占めた理由として、上述した母音調音時のメカニズムが考えられる。

[i][u]持続発音時では、[a][e][o]持続発音時に比較し、垂直距離、前後距離とも被験者内及び被験者間においてばらつきが小さい傾向を認めた。この結果については、[a][e][o]持続発音時の開口量が[i][u]持続発音時に比較して有意に大きいため、結果として付属管腔の形態を同一に保持しようとする<sup>73)</sup>口腔周囲組織の運動範囲も大きくなり、被験者内及び被験者間におけるばらつきが大きくなったと推察される。

被験者内及びポイント間の再現性については、同一被験者内の任意の下顎安静位の顎間垂直距離の変動幅が、天然歯列者で約 1 mm、総義歯装着者で約 2 mm である<sup>22,42)</sup> こと、咀嚼機能からみた総義歯の顎間垂直距離の許容範囲が約 2 mm である<sup>52)</sup> ことなどを考えると、今回の結果はいずれも約 0.1 mm から 0.3 mm までの値を示しており、臨床的に十分な再現性があると考えられる。

日内変動及び日間変動は、いずれも被験者 5 名の平均で、0.13 mm から 0.21 mm までの極めて小さい値を示した。したがって、[i] 及び [u] 持続発音時の下顎位は、被験者内及びポイント間と同様に、計測時期の相違による影響もほとんどなく、再現性が極めて良好であることが明らかとなった。

### 〔実験 2〕

図10及び図11に示したように、総義歯装着者においても天然歯列者の場合と同様に、[i] 及び [u] 持続発音時の下顎位は、被験者内、ポイント間、及び計測時期の相違による影響もほとんどなく、再現性が極めて良好であることが明らかとなった。しかし、母音持続発音時の下顎位と下顎安静位との相関については、天然歯列者とは異なる傾向を認めた。すなわち、天然歯列者においては、[i] 持続発音時の垂直距離及び前後距離において、ポイント I と下顎安静位との間に 5% 以下の危険率で相関を認めただけで、その他のポイントにおいては相関を認めなかった。これに反し、総義歯装着者では、両被検母音ともに垂直距離及び前後距離の両者とも、ポイント II, III, IV と下顎安静位との間に 5% 以下の危険率で相関を認めた。本研究において、天然歯列者と総義歯装着者との間で異なる傾向を認めた理由については、以下のような原因が考えられる。

今回の実験において、天然歯列者と総義歯装着者との年齢差は約 40 歳であった。老年者においては、一般的に咀嚼筋線維の数の減少、筋収縮力の低下、自己受容器機能の低下が生じるといわれている<sup>74)</sup>。しかし、調音のメカニズム自体が高齢化に伴って大きく変化するとは考えにくい<sup>28,29)</sup>。したがって、持続発音時の下顎位は、天然歯列者と総義歯装着者との間でほぼ同様の動態を示したが、下顎安静位との相関に異なる傾向が認められた理由の一つは、下顎安静位の変化であろうと考えられる。また、天然歯列者では、下顎安静位に関係なく母音持続発音時独自の下顎位を示したのに対し、総義歯装着者では、義歯を安定させるために筋が下顎安静位に近い状態で発音したとも推察される。いずれにしても、本研究の結果より、下顎安静位ある

いは調音時において天然歯列者と総義歯装着者では、異なるメカニズムが存在する可能性が示唆された。

### 〔実験 3〕

中心咬合位及び下顎安静位から持続発音を開始させた場合の下顎位の動態を比較することにより、発音開始直前の下顎位が母音持続発音時の下顎位に及ぼす影響を検討した。両被検母音ともに、中心咬合位及び下顎安静位のいずれの下顎位から持続発音を開始させた場合も、垂直距離の差が極めて小さく、有意差を認めなかった。したがって、[i] 及び [u] 持続発音時の下顎位は、発音開始時の下顎位の影響を受けることなく、各被験者固有の安定した位置に存在することが明らかとなった。

### 〔実験 4〕

Allen<sup>75)</sup> 及び Hamlet ら<sup>76)</sup> は、口蓋床の厚さが 1 mm の場合には発音に大きい障害はないと報告している。これに反し、懸田<sup>77)</sup>、関根ら<sup>78)</sup>、Garber ら<sup>79,80)</sup> は、口蓋床の厚さが 1 mm あるいはそれ以下の場合でも発音障害を来すと報告しており、口蓋床の厚さが発音に及ぼす影響は必ずしも明確ではない。

口蓋中央部は母音の発音に関してそれほど重要でない<sup>81)</sup> といわれている。関根ら<sup>82)</sup> は、母音調音時の口蓋と舌の間に作られる固有口腔の容積は、単独母音、後続母音いずれの場合においても、他の子音の調音時の固有口腔の容積と比較しても大きいために、厚さ 2.5 mm 程度の口蓋床を天然歯列者に装着させても障害は極めて少なく、母音調音時の語音発音明瞭度及び口蓋図に異常は認められないと報告している。河辺<sup>83)</sup> は、母音の調音に対してパラタルバーは影響を及ぼさないと報告している。本研究の結果からも母音の調音、特に [i] 及び [u] 持続発音時においては、口蓋床の装着による影響は、ほとんど認められなかった。

### Ⅲ. 臨床への応用について

実験 1 から 4 の結果より、[i] 及び [u] 持続発音時の下顎位は、再現性の高い安定した位置を示すとともに、口蓋床の厚さによる影響を受けないことが明らかとなった。

以下に、今回の結果を基礎に、下顎安静位の不安定な無歯顎患者に対し、母音持続発音時の下顎位を参考に適正な顎間垂直距離を決定した一症例を示すことにより、本法の有用性を検討した。

#### 【症例：女性、88歳】

(a) 主 訴：咀嚼障害

(b) 既往歴：特記事項なし

(c) 現病歴：初診より約3年前に残存歯を抜去し、無歯顎となり、上下顎総義歯を装着した。装着時より咀嚼障害及び会話時の義歯の動揺を自覚したが放置した。咀嚼機能と発音機能の改善を希望して広島大学歯学部附属病院第一補綴科を受診した。

初診時の旧義歯では、義歯床粘膜面の不適合、不適切な床縁形態及び咬合関係が認められた。義歯粘膜面の調整及び咬合調整を行い、旧義歯がある程度満足に使用できるようになった後、新義歯作製に取りかかった。なお、今回の患者では、通常顎間垂直距離決定の参考となる下顎安静位が不安定で安静空隙量の観察が困難であった。

図14に、下顎安静位の安定した他の総義歯装着者の MKG 記録を示した。

図15に、本症例における下顎安静位の MKG 記録を

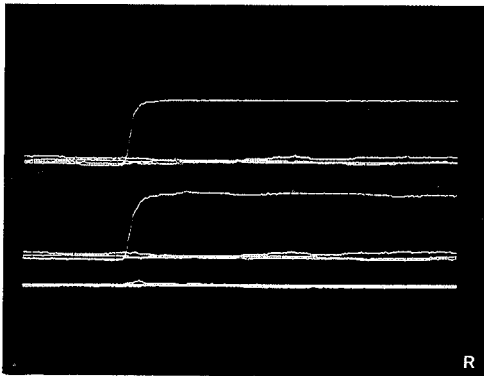


図14 安定した下顎安静位を有する総義歯患者の MKG 記録 (軌線は上から垂直方向, 前後方向, 側方の記録)。

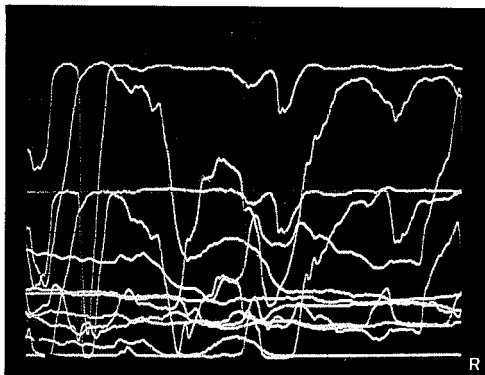


図15 臨床実験に用いた患者の旧義歯装着時における下顎安静位の MKG 記録。開口量が大きく、安定した軌線が得られなかった。

示した。いずれも義歯を装着した状態で記録した。開口量は大きく、安定した軌線は全く得られなかった。

そこで、今回の実験2の結果より、総義歯装着者の [i] 及び [u] 持続発音時の垂直距離が、各々平均 2.8 mm 及び 1.5 mm であったことを応用して、本患者の顎間垂直距離を決定した。

図16に、旧義歯装着時における [u] 持続発音時の下顎位に関する MKG 記録を示した。下顎安静位は不安定であったが、持続発音時では安定した軌線が描かれた。

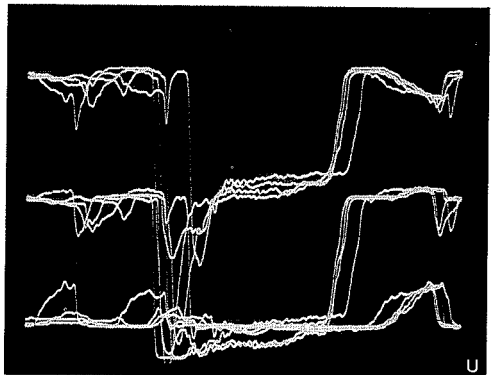


図16 旧義歯における [u] 持続発音時の MKG 記録。下顎安静位は不安定であったが、[u] 持続発音時では安定した軌線が描かれた。

旧義歯装着時では、ポイントⅡ～Ⅳにおいて垂直距離が平均 4.2 mm であった。この値が 1.5 mm となるように新義歯を作製した。

図17に、新義歯装着後における [u] 持続発音時の下顎位に関する MKG 記録を示した。ポイントⅡ～Ⅳで垂直距離が平均 1.1 mm となった。

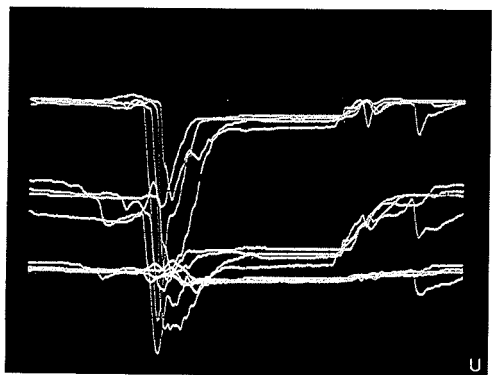


図17 新義歯装着後の [u] 持続発音時の MKG 記録。ポイントⅡ～Ⅳで垂直距離が平均 1.1 mm となった。

[i], [u] はともに、新義歯装着後1週間において、各4回の計測値のばらつきが小さくなり、咀嚼障害及び会話時の義歯の動揺も改善された。

本症例のように、下顎位の不安定な高齢患者においても、母音持続発音時の下顎位を利用することにより、顎間垂直距離の決定が可能であることが示された。

臨床で総義歯製作時においては、以下のステップで応用できると考えられる。

1. 旧義歯の顎間垂直距離の診査
2. 旧義歯、または治療用義歯を用いた顎間垂直距離の決定
3. 蠟義歯試適時の顎間垂直距離に関する適否の診査
4. 新義歯装着時及び装着後の顎間垂直距離に関する適否の診査

特殊な器具及び術者の熟練を必要としない本法は、総義歯装着者、特に高齢者において応用が容易であり、臨床で極めて有用であると考えられる。

## 総 括

天然歯列者及び総義歯装着者を被験者とし、日本語母音持続発音時の下顎位の動態を検討するとともに、母音持続発音時の下顎位を応用した顎間垂直距離決定法の臨床応用の可能性について検討を行い、以下の結果を得た。

1. 天然歯列者において、[a] [e] [o] 持続発音時の下顎位は、下顎安静位に比較し、開口量が極めて大きく、[i] [u] 持続発音時に比較して大きいばらつきを示した。また、[i] [u] 持続発音時の下顎位は、下顎安静位に近い安定した位置を占めるとともに、高い再現性を有することを認めた。

2. 総義歯装着者において、[i] [u] 持続発音時の下顎位は、天然歯列者と同様に、下顎安静位に近い安定した位置を占めるとともに、高い再現性を有することを認めた。また、下顎安静位と [i] [u] 持続発音時の下顎位との間に有意な相関を認めた。

3. 総義歯装着者において、中心咬合位及び下顎安静位から [i] [u] を持続発音させた結果、発音開始時の下顎位による影響を認めなかった。

4. 天然歯列者及び総義歯装着者において、異なる厚さの実験用口蓋床を装着し、[i] [u] を持続発音させた結果、口蓋床の厚さによる影響を認めなかった。

5. 下顎安静位が不安定な無歯顎者に対し、母音持続発音時の下顎位を利用し咬合採得を行い、良好な結果を得た。

以上より、[i] 及び [u] 持続発音時の下顎位は、顎間垂直距離決定の指標として有用であることが明らか

になった。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤なる御指導ならびに御校閲を賜りました本学歯科補綴学第一講座津留宏道教授に衷心より感謝の意を表します。

御教示及び御校閲を賜りました本学口腔生理学講座菅野義信教授ならびに本学歯科放射線学講座和田卓郎教授に深く感謝いたします。

また、研究遂行上及び本論文作製上御助言と御鞭撻を賜りました本学歯科補綴学第一講座大川周治講師ならびに佐藤裕二講師に厚く御礼申し上げます。

さらに、研究遂行上、多大の御支援を頂きました朝日大学歯学部歯科補綴学第一講座長澤 亨教授、中電病院高森 見歯科部長、本学歯科補綴学第一講座赤川安正助教授、野崎晋一博士、守谷直史博士、阿部泰彦博士に厚く御礼申し上げます。

最後に、本実験に御協力頂きました教職員各位ならびに被験者各位に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 渡辺正美, 阪井先行, 津留宏道, 山内和夫: 咬合高径を挙上することにより成功した総義歯の1症例. 阪大歯誌 10, 121-126, 1965.
- 2) 山崎達夫, 佐々木 元, 棟久信宏, 佐藤隆志, 長沢 亨, 津留宏道: Mandibular Kinesiograph と Myo-monitor を併用して咬合挙上を行った1症例. 補綴誌 21, 405-411, 1977.
- 3) 角田正明, 大島 徹: 咬合の高さをかえることにより成功した全部床義歯の1例. 口病誌 20, 271-273, 1953.
- 4) Costen, J.B.: Syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint. *Ann. Otol. Rhin. & Laryng.* 43, 1-15, 1934.
- 5) Schwartz, L.: Temporomandibular joint syndromes. *J. Prosthet. Dent.* 7, 489-499, 1957.
- 6) Akagawa, Y., Nikai, H. and Tsuru, H.: Histologic changes in rat masticatory muscles subsequent to experimental increase of the occlusal vertical dimension. *J. Prosthet. Dent.* 50, 725-732, 1983.
- 7) Niswonger, M.E.: The rest position of the mandible and centric relation. *J. Am. Dent. Assoc.* 21, 1572-1582, 1934.
- 8) Pleasure, M.A.: Correct vertical dimension and free-way space. *J. Am. Dent. Assoc.* 43, 160-163, 1951.
- 9) 河辺清治: 各種咬合採得法 1. 顎の垂直距離と中心咬合位の決定法 (1) 鼻聴道線を1つの基準とする方法. 補綴臨床 5, 307-314, 1972.
- 10) 津留宏道: 咬合高径の求め方 2. 機能的な咬合

- 高径の求め方. 補綴臨床 5, 268-273, 1972.
- 11) Silverman, M.M.: The speaking method in measuring vertical dimension. *J. Prosthet. Dent.* 3, 193-199, 1953.
  - 12) Silverman, M.M.: Determination of vertical dimension by phonetics. *J. Prosthet. Dent.* 6, 465-471, 1956.
  - 13) Kurth, L.E.: Methods of obtaining vertical dimension and centric relation: A practical evaluation of various methods. *J. Am. Dent. Assoc.* 59, 669-673, 1959.
  - 14) Pound, E.: The mandibular movements of speech and their seven related values. *J. Prosthet. Dent.* 16, 835-841, 1966.
  - 15) Pound, E.: Utilizing speech to simplify a personalized denture service. *J. Prosthet. Dent.* 24, 586-600, 1970.
  - 16) Pound, E. and Murrell, G.A.: An introduction to denture simplification. *J. Prosthet. Dent.* 26, 570-580, 1971.
  - 17) Pound, E.: Controlling anomalies of vertical dimension and speech. *J. Prosthet. Dent.* 36, 124-135, 1976.
  - 18) Landa, J.S.: The free-way space and its significance in the rehabilitation of the masticatory apparatus. *J. Prosthet. Dent.* 2, 756-779, 1952.
  - 19) Murrell, G.A.: Phonetics, function, and anterior occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 32, 23-31, 1974.
  - 20) Morrison, M.L.: Phonetics as a method of determining vertical dimension and centric relation. *J. Am. Dent. Assoc.* 59, 690-695, 1959.
  - 21) Mehninger, E.J.: The use of speech patterns as an aid in prosthodontic reconstruction. *J. Prosthet. Dent.* 13, 825-836, 1963.
  - 22) 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, 1961.
  - 23) 川添堯彬: 下顎安静位の運動学的研究. 歯科医学 35, 474-507, 1972.
  - 24) 藤井 清: 調音時の下顎位に関する研究—日本語M音, S音における先行母音と後続母音の影響について—. 補綴誌 28, 34-48, 1984.
  - 25) 三谷 卓: 両唇音と歯音ならびに母音発音時の下顎切歯点矢状面運動について. 歯科医学 30, 1081-1161, 1967.
  - 26) 田中 収: 日本語S発音時の下顎運動に関する研究. 補綴誌 24, 628-646, 1980.
  - 27) 山縣健佑, 高林成日己, 土田 裕, 清水玲子, 田中 収, 高相利次, 齋藤 馨, 小洪宏彦: 発音法による義歯咬合高径の設定に関する研究. 補綴誌 28, 622-629, 1984.
  - 28) 山縣健佑: 発音試験用標準日本語彙に関する研究. 補綴誌 8, 173-217, 1964.
  - 29) 佐藤修斎: 発音のメカニズムに関する研究 (第2報) 全部床義歯装着者. 補綴誌 31, 389-402, 1987.
  - 30) 浜中一将: 調音機能と補綴物との関係—実験的口蓋床が音声継続時間と, 発音前の表情筋放電活動および舌圧とに及ぼす経日的変化様相—. 補綴誌 34, 453-466, 1990.
  - 31) 松田一雄: 口蓋床の厚さが咀嚼及び発音機能に及ぼす影響に関する研究. 広大歯誌 18, 54-71, 1986.
  - 32) Shanahan, T.E.: Physiologic vertical dimension and centric relation. *J. Prosthet. Dent.* 6, 741-747, 1956.
  - 33) Gillis, R.R.: Establishing vertical dimension in full denture construction. *J. Am. Dent. Assoc.* 28, 430-436, 1941.
  - 34) Jankelson, B. and Swain, C.W.: Physiological aspects of masticatory muscle stimulation: the myo-monitor. *Quintessence International* 3, 57-62, 1972.
  - 35) Jankelson, B., 三谷春保, 山下 敦, 藤井弘之, 小泉 猛, 崔 富昂: Myo-monitorの理論と実際. 歯界展望 40, 946-952, 1972.
  - 36) George, J.B. and Boone, M.E.: A clinical study of rest position using Kinesiograph and myo-monitor. *J. Prosthet. Dent.* 41, 456-462, 1979.
  - 37) Boos, R.H.: Intermaxillary relations established by biting power. *J. Am. Dent. Assoc.* 27, 1192-1199, 1940.
  - 38) Willis, F.M.: Esthetics of full denture construction. *J. Am. Dent. Assoc.* 17, 636-642, 1937.
  - 39) Bruno, A.: Importance of chewing height in prosthesis. *Dental Digest* 60, 544-545, 1954.
  - 40) McGee, G.F.: Use of facial measurements in determining vertical dimension. *J. Am. Dent. Assoc.* 35, 342-348, 1947.
  - 41) 山田敏郎: 無歯顎者の中心咬合の高さ決定に関する研究補遺. 補綴誌 5, 35-51, 1961.
  - 42) Hickey, J.C., Williams, B.H. and Woelfel, J.B.: Stability of mandibular rest position. *J. Prosthet. Dent.* 11, 566-572, 1961.
  - 43) Timmer, L.H.: A reproducible method for determining the vertical dimension of occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 22, 621-630, 1969.
  - 44) Lytle, R.B.: Vertical relation of occlusion by the patient's neuromuscular perception. *J. Prosthet. Dent.* 14, 12-21, 1964.
  - 45) Douglas, J.R. and Maritato, F.R.: A roentgenographic method to determine the vertical dimension of occlusion for complete dentures. *J. Prosthet. Dent.* 17, 450-455, 1967.
  - 46) 平林健彦: 種々な下顎位における咬合力に関する研究. 補綴誌 18, 125-148, 1975.
  - 47) Rugh, J.D. and Drago, C.J.: Vertical dimension: A study of clinical rest position and jaw muscle activity. *J. Prosthet. Dent.* 45, 670-675, 1981.
  - 48) Manns, A., Miralles, R. and Guerrero, F.: The

- changes in electrical activity of the postural muscle of the mandible upon varying the vertical dimension. *J. Prosthet. Dent.* 45, 438-445, 1981.
- 49) 中上喜久雄：下顎安静位付近の顎位変化に関する筋電図学的研究. 歯学 56, 728-747, 1969.
- 50) 森本俊文, 河村洋二郎, 松代浩明：咬合挙上に対する screw jack 法の適用と下顎の位置感覚. 歯基礎誌 18, 53-59, 1976.
- 51) Wessberg, G.A., Epker, B.N. and Elliott, A.C.: Comparison of mandibular rest positions induced by phonetics, transcuteaneous electrical stimulation and masticatory electromyography. *J. Prosthet. Dent.* 49, 100-105, 1983.
- 52) 谷 信吾：総義歯の垂直顎間距離決定法に関する研究—特に下顎安静位法と嚙下法について—. 広大歯誌 17, 154-169, 1985.
- 53) 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, 1970.
- 54) 鶴養 弘：中心咬合位の決定について. 歯界展望 21, 447-453, 1963.
- 55) 林都志夫, 山県健佑, 森田啓一, 松木教夫：補綴学における発音研究とその問題点 (1). 補綴臨床 2, 222-228, 1969.
- 56) 津留宏道, 河村久輝, 山崎達夫, 岡根秀明, 赤川安正, 谷 信吾, 佐々木 元, 佐藤隆志：MKG を用いた各種顎間垂直距離決定法の比較に関する実験的研究. 補綴誌 25, 1-7, 1981.
- 57) 兼子尚道：発音における下顎, 唇及び舌運動の研究 (母音の部). 発音の研究 8, 1-18, 1957.
- 58) 関根 弘：調音時の下顎運動に関する研究. 第2報 日本語調音時の下顎運動について. 歯科学報 59, 1265-1274, 1959.
- 59) 堀家吉夫：歯茎音, 硬口蓋音, 軟口蓋音および声門音発音に伴う下顎運動について. 歯科医学 38, 1-18, 1975.
- 60) 桜井克守：サ行調音時の下顎運動の実験的研究—全口蓋床の影響について—. 補綴誌 24, 486-496, 1980.
- 61) 関谷俊治, 牟田悟朗, 井田博久, 渡辺信行, 中広哲也, 竹内敏郎, 山縣健佑：有歯顎者および義歯装着者の発音時の下顎運動. 補綴誌 24, 689-702, 1980.
- 62) 古屋紀一：X線映画法による発音時の下顎位に関する研究. 補綴誌 15, 221-238, 1971.
- 63) 亀田和夫：聴覚と音声；声と言葉のしくみ. (財) 口腔保健協会, 東京, 225-226, 1986.
- 64) Jankelson, B., Swain, C.W., Crane, P.F. and Radke, J.C.: Kinesiometric instrumentation. A new technology. *J. Am. Dent. Assoc.* 90, 834-839, 1975.
- 65) 柴田孝典：ビジトリーナによる診断と治療. 歯科ジャーナル 16, 295-306, 1982.
- 66) Jemt, T. and Karlsson, S.: Computeranalysed movements in three dimensions recorded by light-emitting diodes. *J. Oral Rehabil.* 9, 317-326, 1975.
- 67) Jemt, T., Karlsson, S. and Hedegård, B.: Mandibular movements of young adults recorded by intraorally placed light-emitting diodes. *J. Prosthet. Dent.* 42, 669-673, 1979.
- 68) Lewin, A., Lemmer, J. and Van Rensburg, L.B.: The measurement of jaw movement Part II. *J. Prosthet. Dent.* 36, 312-318, 1976.
- 69) 三谷春保, 虫本栄子：マンディプラー・キネジオグラフの読み方について. 日本歯科評論 469, 81-97, 1981.
- 70) 井上 宏, 西浦 恂, 山下 敦：MKG Analyzer の補正効果. 補綴誌 27, 32-39, 1983.
- 71) 和田卓郎：X線映画法による構音運動の解析 (特に正常者ならびに口蓋裂術後患者について). 阪大歯誌 13, 105-122, 1968.
- 72) 覚道幸男：発音；床義歯の生理学. 学建書院, 東京, 214-259, 1976.
- 73) 懸田克躬：日本語音ノ構音ニ関スル研究. 第三. 母音ノ構音姿勢ノ「レントゲン」撮影的研究其一. 口病誌 11, 410-425, 1937.
- 74) 河村洋二郎：口腔臓器の老化について. 日本歯科評論 440, 55-61, 1979.
- 75) Allen, L.R.: Improved phonetics in denture construction. *J. Prosthet. Dent.* 8, 753-763, 1958.
- 76) Hamlet, S.L. and Stone, M.: Compensatory alveolar consonant production induced by wearing a dental prosthesis. *J. Phonetics* 6, 227-248, 1978.
- 77) 懸田克躬：日本語音ノ構音ニ関スル研究. 第二. 語音ノ発音ニ及ボス人工口蓋及ビ前歯舌面ノ厚サノ影響. 口病誌 11, 195-205, 1937.
- 78) 関根 弘, 江崎梅太郎, 石井 恒, 海洲馨一, 宮下恒太, 溝上隆男：義歯の音声学的研究. (V) 口蓋床の厚径と調音障害との関係について. 歯科学報 64, 761, 1964.
- 79) Garber, S.R., Speidel, T.M. and Glass, L.: Changes in speech as a function of alterations in the oral and auditory environment. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, Suppl. 1, S7, 1977.
- 80) Garber, S.R. and Speidel, T.M.: The effects of palatal appliances on the speech of five-year-old children. *J. Acoust. Soc. Am.* 63, Suppl. 1, S34-35, 1978.
- 81) Harley, W.T.: Dynamic palatography—A study of linguopalatal contacts during the production of selected consonant sounds. *J. Prosthet. Dent.* 27, 364-376, 1972.
- 82) 関根 弘, 阿部 勤, 江崎梅太郎, 石井 恒, 海洲馨一, 高梨吉郎：義歯の音声学的研究. 第1報 口蓋床による調音障害について. 補綴誌 5, 175-182, 1961.
- 83) 河辺清治：上顎録義歯の音声学的実験研究. 歯科学報 43, 325-346, 1938.