原著論文

音刺激に対するタッピング運動の追従性

北川 昇

Effect of Aging on the Mandibular Motor Function Evaluated from the Mandibular Motor Response to Sound Signals

Noboru Kitagawa

Abstract : The influence of aging and the oral condition on the control of mandibular movements in correspond response to auditory signals have been studied. The subjects were 20 dentulous young adults and 10 edentulous aged persons with complete dentures. They were asked to perform tap-tap movement of mandible in synchronization to auditory signals, which were generated at regular intervals (0.6, 1.3, 2.0, 4.0 time/sec) and given in two ways : (1), Constant signals that were repeated sixty times at a given pace ; and (2), Inconstant signals that were first paced slowly and then were gradually increased to a faster pace (0.6~1.3, 1.3~2.0, 2.0~4.0 time/sec). For each sequence, the signals were generated ten times.

The following results were noted :

1. A strong relationship was observed between the synchronized time of the tooth contact with the signal and both the range and the velocity of the mouth opening/closing movement. In each subject, the range of the mouth opening decreased according to the increase in the signal pace. Also, the range and the velocity of the mouth opening/closing movement of the aged were greater than that of the young subjects at each pacing.
2. With both the constant and inconstant signals, the time that the aged took to synchronize their movements was longer than that of the young subjects.
3. In the ability to control the range and the velocity of the mouth opening/closing movement, a significant difference between the aged and the young subjects was found.

Key words : tapping, aging, auditory signals, MKG, complete denture

I. 緒 言

高年者においては、加齢により身体の形態的、機能的変化が種々の面で起き、一般的な運動能力は加齢により

低下するが¹⁾、顎口腔機能についても同様な変化が報告されている²⁾。したがって、高年者について年齢的および、口腔内条件に応じた標準的な運動機能の状態を知ることが、補綴処置などによって機能回復をはかる際の目標設定のために有意義である。

昭和大学歯学部第二歯科補綴学教室（指導：山縣健佑教授）
The Second Department of Prosthetic Dentistry, School
of Dentistry Showa University (Director : Prof. Kensuke

Yamagata)
平成3年7月17日受付

神経系の加齢変化の評価方法として手指や足の反応時間の測定³⁾が行われているが、顎口腔領域では下顎のタッピング運動の観察による機能評価方法が有意義であるとされている^{4,5)}。特に、与えられた刺激に対応した運動を行うためには、刺激のリズムを把握して動作のずれの程度を認識し、修正するなど、運動の調節、制御能力が重要であると考えられる。そのため、頻度を規制したタッピング運動の精度は、個人の下顎運動の巧緻性を示しており、加齢による運動能力の変化の評価にも役立つと思われる。

タッピング運動の頻度を規制するための刺激の負荷方法として、フラッシュなどの光信号を利用するものと⁶⁾、メトロノームなどの音信号を利用するもの⁷⁾などが報告されている。しかし、高齢者について刺激頻度の変化と、口腔内の条件による差異を検討した研究は少ない。

そこで本研究では、若年者と高齢の全部床義歯装着者について、音刺激頻度を任意に変更した場合に、それに同期するタッピング運動の正確さ、規則性および刺激に対する追従性を解析し、下顎運動制御能力を比較、検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、若年者群 20 名 (23~29 歳 男性 16 名, 女性 4 名, 平均年齢 25.6 歳) で正常歯列を有し、聴覚および咀嚼機能に自覚的、他覚的に異常のない者と、高齢者群 10 名 (53~86 歳 男性 6 名, 女性 4 名, 平均年齢 69.5 歳) で、臨床的に満足な全部床義歯を装着し、聴覚に異常のない者である。

2. 計測方法

音刺激装置 (日本電気三栄社製 3 G-13) より周波数 2 kHz, 音量 90 dB, 持続時間 10 ms の音信号を発生させた。被験者をスピーカーと 1 m の距離に座らせた。刺激音の発生頻度, すなわち刺激音の発生間隔の調整は, ファンクションジェネレータ (松下電器社製 VP-7421 A) により調整し, 下顎運動は MKG (Myo-Tronics Resarch 社製 Model K-6) で計測し, 音信号とともにデータレコーダに同時収録した。

3. 音刺激方法

一定頻度と不定頻度の 2 種類の音刺激を設定した。

一定頻度音刺激では、一定の頻度で反復する刺激音に

図 1 計測項目の模式図

1. 運動周期時間 (T)
2. 音発生時と咬合接触時の時間差 (MS)
3. 音発生間隔 (SI)
4. 開口量 (O-D)
5. 前後移動量 (AP-D)
6. 側方移動量 (L-D)
7. 最大開口速度 (OS)
8. 最大閉口速度 (CS)
9. 咬合相時間 (I 相)
10. 開口相時間 (II 相)
11. 閉口相時間 (III 相)

対応して咬合接触するようにタッピング運動を行わせた。頻度は毎秒 0.6, 1.3, 2.0, 4.0 回の 4 種類 (以下, 0.6, 1.3, 2.0, 4.0/s と表す) である。各頻度でそれぞれ連続して 60 回のタッピングを行わせ、これを 1 クールとして 3 回くり返させた。なお、負荷する頻度の順番は、ランダムとした。

不定頻度音刺激では、10 回の一定頻度の連続の後に頻度を変更し、その後さらに 10 回の一定頻度を負荷した。これを、1 クールとしてくり返し 3 回行った。そして、頻度変更前後の 20 回のタッピング運動を連続して観察した。頻度の変更は、0.6~1.3/s, 1.3~2.0/s, 2.0~4.0/s の 3 種類である。

4. 計測項目

記録紙上に再生した下顎運動速度波形と刺激音波形を対照し、咬合相から閉口相までを 1 運動周期とし、以下

のパラメータをパーソナルコンピュータで算出した (図 1). すなわち, 運動周期時間 (T), 音発生時と咬合接触時の時間差 (MS), 音発生間隔 (SI), 開口量 (O-D), 前後移動量 (AP-D), 側方移動量 (L-D), 最大開口速度 (OS), 最大閉口速度 (CS), 咬合相時間 (I 相), 開口相時間 (II 相), 閉口相時間 (III 相) である.

III. 結 果

1. 一定頻度音刺激の計測結果

1) 周期時間比 ($T/SI \times 100$)

運動の正確さを表す指標として運動周期時間 (T) を

求めた. 本研究では, 刺激頻度すなわち音の発生間隔と, 開閉口運動の周期時間が一致するほど運動が正確であると仮定した. そのため周期時間 (T) と音発生間隔 (SI) を検討したが, 各頻度間の比較を容易にするために周期時間比 ($T/SI \times 100$) を求めた (表 1, 図 2).

若年者では, 各頻度で 100% 前後のほぼ一定な値を示し, 同一頻度内においても, 刺激負荷の初期と終期での変動は少なかった.

高年者では若年者と同様に, 各頻度で 100% 前後のほぼ一定な値を示したが, 音の発生間隔と運動周期の時間的なズレはやや大きかった. しかし, 両群間に有意差は認められなかった (t 検定, $p < 0.01$).

図 2 一定頻度音刺激に対する周期時間比

図 3 一定頻度音刺激に対する時間差比

表 1 一定頻度音刺激に対する各パラメータの値

平均値 ± 標準偏差		0.6/s	1.3/s	2.0/s	4.0/s
周期時間比 (%)	若年者	99.7 ± 5.3	98.9 ± 5.3	98.3 ± 5.8	98.9 ± 10.4
	高年者	99.4 ± 5.9	98.9 ± 8.1	98.5 ± 10.3	97.2 ± 23.7
時間差比 (%)	若年者	4.2 ± 1.3	5.6 ± 2.5	6.3 ± 2.7	12.9 ± 4.6
	高年者	8.4 ± 6.4	9.0 ± 5.3	10.0 ± 6.6	22.8 ± 9.3
開口量 (mm)	若年者	3.7 ± 0.7	3.3 ± 1.0	2.9 ± 1.1	1.7 ± 0.6
	高年者	8.6 ± 4.3	8.7 ± 2.1	7.0 ± 1.9	4.8 ± 2.7
前後移動量 (mm)	若年者	2.6 ± 0.3	2.4 ± 0.7	2.2 ± 0.7	1.5 ± 0.4
	高年者	4.3 ± 1.5	4.5 ± 1.0	4.0 ± 1.2	3.5 ± 2.6
側方移動量 (mm)	若年者	0.5 ± 0.8	0.4 ± 0.9	0.4 ± 0.8	0.3 ± 0.5
	高年者	0.7 ± 1.1	0.8 ± 1.0	0.4 ± 0.8	0.6 ± 1.1
開口速度 (mm/s)	若年者	32.9 ± 13.0	32.6 ± 17.6	34.3 ± 14.0	29.5 ± 9.2
	高年者	75.7 ± 28.9	92.5 ± 24.1	85.6 ± 24.2	89.9 ± 48.2
閉口速度 (mm/s)	若年者	52.0 ± 16.5	49.8 ± 17.3	46.0 ± 17.1	30.8 ± 9.8
	高年者	94.2 ± 29.8	98.2 ± 37.2	93.4 ± 34.4	82.0 ± 42.6

表 2 一定頻度音刺激に対する各パラメータの変動

C.V. 値		0.6/s	1.3/s	2.0/s	4.0/s
周期時間比 (%)	若年者	5.3	5.4	5.9	10.6
	高年者	5.9	8.2	10.5	24.5
時間差比 (%)	若年者	61.8	62.9	61.4	54.7
	高年者	51.2	61.3	61.3	61.5
開口量 (%)	若年者	20.5	16.5	17.8	25.9
	高年者	17.3	13.3	15.9	32.3
前後移動量 (%)	若年者	18.8	16.4	17.6	24.7
	高年者	14.0	11.7	15.0	32.4
側方移動量 (%)	若年者	24.3	10.6	13.0	8.9
	高年者	20.6	14.5	6.1	8.9
開口速度 (%)	若年者	27.3	24.3	21.6	20.2
	高年者	23.6	14.5	15.6	29.4
閉口速度 (%)	若年者	20.2	16.9	18.4	23.5
	高年者	21.2	18.8	18.4	30.5

図 4 一定頻度音刺激に対する開口量

周期時間比を変動係数でみると、若年者では刺激頻度が増加するほど高い値を示した。また、0.6/s から 2.0/s までの刺激頻度では、変動は少ないが (5.3, 5.4%), 4.0/s では 10.6% と上昇する。

高年者では、刺激頻度の増加に従って大きくなり、特に 4.0/s では上昇し、若年者の約 2 倍 (24.5%) であった。

2) 音発生時と咬合接触時の時間差比 ($|MS|/SI \times 100$)

音発生時と咬合接触時の時間差比の結果は表 1, 図 3 に示す通りである。なお、音信号に対する運動の進み、遅れの計測値 (MS) の絶対値 ($|MS|$) を求めた。そし

図 5 一定頻度音刺激に対する前後移動量

図 6 一定頻度音刺激に対する側方移動量

て、各頻度での比較を行うために、時間差比 ($|MS|/SI \times 10$) を算出した。

若年者では刺激頻度の増加に伴い、ズレの度合いも増加するが、2.0/s までの変化は少なく、4.0/s で大きくなった。高年者では若年者よりズレが大きく、刺激頻度の増加に伴ってズレの度合いも大きくなる。4.0/s の場合には実時間で、若年者の約 1.7 倍の値 (56.9 ms) を示した。

変動係数でみると、若年者では 50% を越える高い値を示し、刺激頻度による差は明確ではない。高年者でも

図 7 一定頻度音刺激に対する開口速度

図 8 一定頻度音刺激に対する閉口速度

図 9 一定頻度音刺激に対する各相の変化 若年者 (%)

図 10 一定頻度音刺激に対する各相の変化 高年者 (%)

図 11 一定頻度音刺激に対する各相の変動 (若年者 C.V. 値)

50% を越える高い値を示すが、刺激頻度の増加に従い変動係数がやや上昇した。

3) 開口量 (O-D)

開口量は若年者より高年者が大きく、ともに刺激頻度が高くなるに従って減少する。若年者では、0.6/s の時 3.7 mm に対して、4.0/s の時には 1.7 mm、高年者では 0.6/s の時 8.6 mm に対して、4.0/s の時 4.8 mm に減少する (図 4)。変動係数は 4.0/s 時、高年者で 32.3% を示した。

4) 前後移動量 (AP-D)

前後移動量は若年者よりも高年者が大きい、両群ともに頻度の増加に従って減少する (図 5)。変動係数は、

図 12 一定頻度音刺激に対する各相の変動
(高年者 C.V. 値)

図 13 不定頻度音刺激に対する周期時間比の変化 (若年者)

1.3/s の時に、若年者 (16.4%), 高年者 (11.7%) とともに各頻度中で最も低い。

5) 側方移動量 (L-D)

側方移動がみられた被験者は、若年者で 20 名中 8 名、高年者では 10 名中 3 名であった (図 6)。両群ともに 1 mm 以下の小さな値を示した。

6) 開口速度 (OS)

開口速度は、刺激頻度によらず若年者 (1.3/s で 32.6 mm/s) より高年者 (92.5 mm/s) の方が有意に速かった (t 検定, $p < 0.01$)。変動係数をみると高年者で 1.3/s の時が 14.5% で最も低い (図 7)。

図 14 不定頻度音刺激に対する周期時間比の変化 (高年者)

図 15 不定頻度音刺激に対する時間差の変化 (若年者)

図 16 不定頻度音刺激に対する時間差の変化 (高年者)

7) 閉口速度 (CS)

閉口速度は開口速度と同様に、若年者より高年者の方が有意に速かった (t 検定, $p < 0.01$)。また各頻度において、両群ともに開口速度よりも閉口速度の方が速かった (図 8)。

8) 咬合相時間 (I 相), 開口相時間 (II 相), 閉口相時

図 17 不定頻度音刺激に対する開口量の変化 (若年者)

図 18 不定頻度音刺激に対する開口量の変化 (高齢者)

図 19 不定頻度音刺激に対する開口速度の偏差変化

間 (Ⅲ相) および各相の変動係数

図 9, 10 に各刺激頻度における周期時間中で、各相が占める割合を示したが、両群ともに頻度の増加に従って咬合相の割合が減少した。また開口相は、0.6/s に比較して、1.3, 2.0, 4.0/s では増加する。

変動係数は、若年者では各頻度とも 25% 以下で安定

図 20 不定頻度音刺激に対する閉口速度の偏差変化

しているが、高齢者では変動が大きい (図 11, 12)。

2. 不定頻度音刺激の結果 (図 13～22)

運動制御の様相をみるために、低頻度から高頻度へと頻度を変更した際の、各パラメータの変化の状態に注目した。そこで低頻度で 10 回の音刺激をあたえ、10 回目の音発生後、ただちに高頻度の音刺激に発生間隔を変化させた。図 13～18 は、頻度変更前の 10 回目から変更後の 5 回目までをプロットし、3 種類の変更についてまとめて示してある。図中で点線で示した中間のゾーンは、頻度を変更する直前までの 5 回と、変更後の後半の 5 回目から 10 回目までのそれぞれの標準偏差を結んで帯状に示した。

1) 周期時間比 ($T/SI \times 100$)

周期時間比の変化をみると、若年者、高齢者ともに、頻度の変更直後に音発生間隔よりも長い運動周期時間を示し、3 回目まで低下し、その後、徐々に後半の運動状態に移行する。

しかし、2.0/s から 4.0/s の変化では、高齢者で運動が欠落する例もあり (10 名中 5 名)、変動が大きかった。

2) 音発生時と咬合接触時の時間差比 ($|MS|/SI \times 100$)

音発生時と咬合接触の時間差比の変化をみると、若年者では頻度変更直後に音と大きくずれて咬合接触するが、その後、時間差比は減少して音に対応ようになる。高齢者では比較的大きい時間差比を示しながら、後半に移行する。また、頻度変更後の 1 回目から 4 回目までに時間差を修正する程度が、両群で異なっている。すなわち、若年者の方が高齢者に比べて、短い期間により大きい短縮時間を示した。たとえば、0.6/s から 1.3/s へ変更した場合、若年者は 4 回のタッピングで 232.2 ms 短縮するのに対して、高齢者では 199.6 ms である。

図 21 不定頻度音刺激に対する高年者の各相の変化

3) 開口量 (O-D)

開口量は、若年者で頻度の変更直後、一時的に減少する場合もあるが速やかに変更後の頻度に対応した量に移行する。高年者の 1.3/s から 2.0/s 以降の変更後では、若年者と同様、頻度の上昇とともに減少し、変更前の平均値が 8.2 mm であるのに対して、変更後では 7.2 mm であった。また標準偏差をみると、2.0/s から 4.0/s の変更後では、高年者で 1.5、若年者で 0.4 と、特に高頻度に移行するに従ってばらつきが大きかった。

4) 前後移動量 (AP-D)

前後移動量は、若年者では頻度の増加に従って減少する。3 mm から 1 mm 程度の値を示した。それに対して高年者では、4.5 mm から 2 mm の移動量だった。

5) 側方移動量 (L-D)

0.6/s から 1.3/s の変更では、高年者群で 10 名中 3 名、

若年者群では 20 名中 8 名に移動が認められたが、その移動量は両群ともに 1 mm 以下の値である。

6) 開口速度 (OS) および閉口速度 (CS)

頻度変更後の、刺激頻度に即した速度に移行する調整状態を比較するために、一定頻度で求めた速度の平均値に対する、変更後の各ストロークでの速度の偏差を、第 1 ストロークから第 5 ストロークまでプロットした (図 19, 20)。開口速度は、若年者では頻度変更後の各ストローク毎に徐々に速度を調整し、後半の一定頻度状態に移行するが、高年者ではストローク毎の変動が大きい。閉口速度でも同様に、若年者では速やかに速度が減少するが、高年者では特に変更後の変動が大きく調整の乱れがみられる。たとえば、1.3/s から 2.0/s の変更では、絶対平均偏差が若年者は 4.32 mm/s、高年者は 12.70 mm/s と、高年者が大きい。

図 22 不定頻度音刺激に対する若年者の各相の変化

7) 咬合相時間 (I 相), 開口相時間 (II 相), 閉口相時間 (III 相)

各頻度変更後には, 両群ともに咬合相の占める割合が減少したが, 若年者の方が高年者に比較して咬合相時間が長かった。

IV. 考 察

1. 研究方法について

従来から運動能力の加齢変化を知るために反応時間の測定⁸⁾が行われているが, 単一刺激に対して, 一定の動作により応答する場合を単純反応時間 (Simple Reaction Time : SRT), 複数の反応様式で応答する場合を選択反応時間 (Choice Reaction Time), あるいは弁別反応

時間 (Discriminative Reaction Time) と呼び, 単純反応時間も, 触刺激, 音刺激に対しては光刺激に対するよりも短く, 味覚刺激や嗅覚刺激ではさらに長いという差異がみられる⁹⁾。

このような反応時間の計測によって下顎運動の制御, 調節能力を評価しようという研究も行われてきた。長澤¹⁰⁾は, イヤホンによる音信号とフラッシュランプによる光信号に対する下顎の反応時間を測定し, 若年者, 高年者ともに音信号に対する反応時間の方が短いことを報告している。また, くり返し刺激に同調して応答する場合, 感覚入力系による反応時間の差があり, 音刺激に対する応答が速いという報告¹¹⁾もある。刺激頻度に関しては, 1 分間に 72, 96, 132 回⁷⁾, 30, 60, 90, 120, 150, 180 回¹²⁾の負荷を行った実験が報告されている。

本研究ではこれらを考慮し、さらに信号負荷に対する被験者の異和感を少なくするためにスピーカーを介して音信号を与えた。

刺激頻度に関して Frisheisen-Köhler¹³⁾ はメトロノームを使った実験によって、最適なテンポは 0.55~0.83 s (1.2~1.8 Hz) としている。また吉岡¹¹⁾ は、聴覚・視覚へのくり返し刺激に対する反応時間の測定から、650 ms (約 1.5 Hz) のリズムが聴覚・視覚に同調しやすい速度であるとしている。

また、咀嚼リズムの標準頻度については、Ahlgren¹⁴⁾ は 76 回/min (約 1.27 Hz)、長澤¹⁵⁾ は 72 回/min (約 1.2 Hz) と報告している。一方、山辺¹⁶⁾ は無拘束タッピングの標準周期を約 1.3 Hz であると述べている。

本研究では予備実験として被験者に任意にタッピングを 60 回行わせた結果から、1.3/s (1.3 Hz) を標準頻度とした。すなわち、本研究の目的が高年者や義歯装着者が音信号に同期するようにタッピングを行ったときの顎運動の巧緻性を検討することであるため、リズムカルに同期できない頻度、すなわち刺激頻度が速すぎるための運動の欠落や、間隔が長すぎて単反射的なタッピングが生じるものは運動特性を判定するのに不適當である。そこで、Widmalm¹⁷⁾ や、長澤¹⁸⁾ らの報告している若年者の最大頻度のタッピング周期よりも短い 4.0/s を最大頻度とし、大澤¹²⁾ や野口¹⁹⁾ の研究よりも長い 0.6/s を最低頻度とした。また、タッピング回数は、筋の疲労が起こらない範囲を想定し、一定頻度では 60 回とした。

不定頻度音刺激では、頻度の変更に伴う応答性を検索することが目的であり、そのため変更後のリズムへの順応性を観察するが、野口²⁰⁾ の報告によればランダム音信号では、リズムの習得は困難である。そこで、刺激頻度の変更は、順応可能と思われる 0.6~1.3/s、1.3~2.0/s、2.0~4.0/s の 3 種類とした。しかし結果的には、高年者では 2.0/s から 4.0/s の頻度変更時にリズム習得までに運動の欠落が認められるものもみられた。

なお、Watt⁶⁾ は 0.8 秒間隔でフラッシュにより規制したタッピング運動を 30 回行ったところ、15 回以降は学習効果による順応が生じたと述べている。本研究では、変更後のタッピング回数を 10 回とし、変更前後の 20 回を計測対象としたが、これにより、学習効果を排除しリズム変更前後の順応性を検索できると思われる。

2. 被験者について

高年群の被験者は全部床義歯装着者としたが、義歯装着年数など義歯の状態については検討していない。その

ため本研究の結果には、加齢による末梢感覚器の機能低下と義歯の維持・安定の良否などの 2 つの異なる要素の影響が混在し、無歯顎者におけるタッピング運動の総合的な巧緻性を示していると考えられる。

3. 計測結果について

1) 周期時間比 (T/SI×100) について

一定頻度刺激に対する周期時間比は、両群ともに各頻度でほぼ 100% であるのにもかかわらず、変動係数をみると、頻度の上昇とともに増加している。つまり、音と同期して行う運動としては正確であるが、バラツキが大きい。

不定頻度刺激では、周期時間比は両群とも各頻度変更直後に大きくズレるが、徐々に 100% に収束する。しかし、標準偏差の幅は高年者の方が各頻度で大きく、バラツキが大きいと思われる。

2) 音発生時と咬合接触時の時間差比 (IMS/SI×100) について

一定頻度刺激に対する時間差比は、各頻度で高年者の方が若年者より高かった。これは、高年者では音に同期しようという運動能力の低下を示している。すなわち、音発生時とタッピング時、すなわち咬合接触時との時間差が大きく、この誤差を認識、修正し、リズムを習得するまでに時間を要するものと考えられる。

また不定頻度では、音発生時と咬合接触時の時間差は、頻度変更後の 1 回目から 4 回目までに若年者の方がより大きい変化によって音と同期している。このように、時間差を修正する程度が両群間で異なり、高年者は音刺激に対する追従性と俊敏性が劣るものと解釈される。

3) 開口量 (O-D) について

本研究では、開口量は規制せず、各被験者に任意にタッピングを行わせたが、頻度の上昇に応じて、両群ともに開口量は減少する。これは、顎移動距離を減少させて、リズムに同調させようとする順応によるものと考えられる。

4) 前後移動量 (AP-D) について

前後移動量も、各頻度で高年者の方が大きい。開口量が各頻度で若年者よりも高年者が大きかったことによるものと考えられる。

5) 開口速度 (OS) 閉口速度 (CS) について

本研究結果では、一定頻度刺激においては、最大開口速度、最大閉口速度ともに、桑原²¹⁾、三浦²²⁾ らの報告よりも遅かった。また、長澤¹⁸⁾ は、開口量を 5 mm 程度に規制してタッピング運動を計測し、本研究よりも速い開

閉口速度を報告しているが、このような差異は、本研究では開口距離を規制しないことによると思われる。すなわち、1.3/s での開口距離の平均値は、高年者 8.7 mm、若年者 3.3 mm と異なるが、被験者が、一定の音発生間隔に咬合接触を同期させるためには、開口距離が小さいほど速度を遅くする必要がある。したがって、開口距離が大きい高年者では開閉口速度が速いが、若年者では、より無駄のないタッピング運動の調整で音との同期性を維持しているものと推察される。

また、開口速度、閉口速度の偏差変化をみても高年者の偏差の絶対値が大きく、運動のパラツキがみられ、高年者の頻度変更に対する追従性の低下が認められる。

6) 咬合相時間 (I 相), 閉口相時間 (II 相), 閉口相時間 (III 相) について

各相の変化をみると、一定頻度では両群とも頻度の上昇とともに咬合相の占める割合が減少した。変動係数は、高年者において咬合相が高い値である。不定頻度では両群ともに、0.6/s から 1.3/s の変更で、変更直後の 1 回目に咬合相の増加がみられた。周期時間比からも、このストロークでの音発生に対するタッピング運動の遅れが観察された。しかし、これらの結果からどの相がタッピング運動の調節制御に主として関与しているかを特定することはできない。

以上のように、若年者群と高年者群（全部床義歯装着者）の音刺激に同期したタッピング運動では、両群間で調整状態に差が認められた。このことから、本研究での計測方法が加齢および口腔内条件による運動能力の変化を示す、パラメータの 1 つになることが示唆された。

4. 研究結果について

一般に加齢により外来刺激に対する反応の遅延や、動作速度の低下が生じることが知られているが¹⁾、運動スピードの低下は、筋線維の組織構造的変化、すなわち高年者においてはタイプ II 線維の萎縮が著しいことや²³⁾運動神経の興奮伝導速度が遅延する²⁴⁾ことなどに起因するといわれている。本研究における下顎運動制御にも、聴覚系からの信号入力ほかに、下顎の位置および運動に関する自己受容器が関与する²⁵⁾。

本研究では、音刺激に合わせてタッピングを行うように指示した。つまり、特定のリズムパターンを聴覚から負荷し、これに呼応して下顎運動を行わせたが、この際の運動リズムの習得には、運動の誤差を検出する器官と、誤差を調節する奏効器の相互作用が関与する。それによって咬合接触と音信号との時間差を認識し、下顎運

動を制御するためには多くの末梢感覚器（口腔周囲の固有感覚器）からの感覚信号を含む神経筋機構の的確で迅速な作用が必要と考えられる。

V. 結 論

若年者と高年の全部床義歯装着者について、音刺激に対する応答性からみた運動制御能力を比較するために、一定頻度音刺激と不定頻度音刺激の 2 種類の負荷方法に同期するタッピング運動を計測し、以下の結論を得た。

1. 音発生頻度変更に伴う咬合接触の同期調整は、閉口量、開閉口速度と密接に関係している。
2. 一定頻度音刺激では、時間差比は各頻度において高年者群が大きい。また、閉口量、開閉口速度ともに各頻度において高年者のほうが大きかったが、閉口量は頻度の増加に従い減少する傾向がある。
3. 不定頻度音刺激では、時間差は各頻度変更に対して高年者群が大きかった。また、変更後の頻度に同期するための閉口量、開閉口速度の調整に両群間の差が認められ、刺激の変更に対する反応の俊敏性に相違があるものと思われる。

以上のように、若年者群と高年者群（全部床義歯装着者）間に、下顎運動の調整状態に差があることが認められた。したがって、この方法を応用することによって、加齢および口腔内条件による運動能力の変化を評価できるものと思われる。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました山縣健佑教授と又井直也助教授に深甚なる感謝の意を表します。あわせて、本研究にご協力下さいました被験者諸氏ならびに種々のご援助ご協力をいただきました本学第二補綴学教室の諸先生方に謹んで感謝の意を表します。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金奨励研究 (A) 63771647 の補助により行われた。

文 献

- 1) 名取礼二：加齢と体力、佐々貫之編、成人病診療講座、33～41、金原出版、東京、1975。
- 2) 長澤 亨、湯浅良孝、津賀一弘ほか：下顎運動機能の加齢による変化、補綴誌、33・81 回特別号：144、1989。
- 3) Birren, J.E. and Botwinick, J.: Age differences in finger, jaw and foot reaction time to auditory stimuli, *T Geront*, 10: 429～432, 1955。
- 4) 平場久雄：下顎開閉運動時の側頭筋と咬筋の表面筋電図の

- 研究—とくに単位時間当りの筋活動電位について—, 日大歯学, 57: 429~440, 1983.
- 5) 小松義典, 小林義典: 咀嚼系機能障害の筋電図学的診断に関する研究, 歯学, 72: 313~367, 1984.
 - 6) Watt, D.M.: Gnathosonic diagnosis and occlusal dynamics, 21~38, Preager Publishers, East Sussex, 1981.
 - 7) 長澤 亨, 佐々木元, 棟久信宏ほか: 総義歯装着者のタッピング時の咬筋筋電図における silent period の発現機構に関する研究, 補綴誌, 19: 38~42, 1975.
 - 8) Chocholle, R. (萬代敏三訳): 反応時間, 現代心理学Ⅱ, 86~185, 白水社, 東京, 1963.
 - 9) 大山 正: 反応時間研究の歴史と現状, 人間工学, 21: 57~64, 1985.
 - 10) 長澤 亨, 湯浅良孝, 津賀一弘ほか: 音および光信号による下顎の反応時間の年齢による変化, 補綴誌, 32・80回特別号: 107, 1988.
 - 11) 吉岡博英, 石倉充紀: 聴覚・視覚への繰り返し刺激に対する反応時間の変化について, 音声言語医学, 28: 227~238, 1987.
 - 12) 大澤憲二: 咬筋表面導出筋電図からみた実験的下顎運動の律動性, 日大歯学, 53: 1025~1036, 1979.
 - 13) I. Frischeisen-Köhler: Feststellung des weder langsamen noch schnellen (mittelmäßigen) Tempos, Psychologische Forschung, 18: 291~298, 1933.
 - 14) Ahlgren, J.: The silent period in the EMG of the jaw muscles during mastication and its relation to tooth contact, Acta Odont Scand, 27: 219~227, 1969.
 - 15) 長澤 亨, 棟久信宏, 豊岡博夫ほか: Tapping movement 時に咀嚼筋に発現する Silent period に関する筋電図学的研究, 広歯誌, 6: 13~18, 1971.
 - 16) 山辺芳久, 前崎 正, 吉松 正ほか: 定頻度反復音信号の負荷が下顎 tapping 運動に及ぼす影響, 補綴誌, 33: 505~509, 1989.
 - 17) Widmalm, S.-E.: Tooth tapping ability of young and elderly males and females, J Oral Rehabil, 4: 169~180, 1977.
 - 18) 長澤 亨, 津賀一弘, 湯浅良孝ほか: 若年者と高齢者のタッピングの頻度, 補綴誌, 34: 197~201, 1990.
 - 19) 野口和子, 山辺芳久, 藤井弘之: 種々な頻度の反復音信号に対する下顎 tapping 運動の調節, 補綴誌, 30: 1459, 1986.
 - 20) 野口和子, 山辺芳久, 橋本信行ほか: ランダム音司令信号負荷に対する下顎 tapping 運動の調節, 補綴誌, 32・79回特別号: 76, 1988.
 - 21) 桑原俊也, 吉岡慎郎, 小河弘枝ほか: 顎関節異常が咀嚼に及ぼす影響に関する研究—咀嚼スピードについて—, 補綴誌, 34: 728~738, 1990.
 - 22) 三浦周太郎: タッピング運動時の咬筋活動に関する筋電図学的研究, 補綴誌, 30: 247~260, 1986.
 - 23) Musant, T.L.: Aging of the neuromuscular system, edited by Albert, M.L., Clinical neurology of aging, 402~424, Oxford Univ Press, New York, 1984.
 - 24) Norris, A.H., Shock, N.W. and Wagman, I.H.: Age changes in the maximum conduction velocity of motor fibers of human ulnar nerves, J Appl Physiol, 5: 589~593, 1953.
 - 25) 伊藤文雄: 筋感覚からみた運動制御, 193~197, 名古屋大学出版会, 名古屋, 1989.