

咬合挙上の運動効果に関する研究 (4)

— 効果発現因子の検討 —

福 味 廣 員*・吉 村 喜 信*・山 北 賀 英**

The study of the effects by bite-raising for sports ability(4)

— The factors of improving effect —

Hirokazu Fukumi, Yoshinobu Yoshimura and Yoshihide Yamakita

The factors which improved the whole body reaction time, caused by bite-raising stimulus with mouthpiece, were studied. It was suggested that the best suited bite-raising could not be removed from the factors achieving the time-shortening effect.

1. 緒論

運動をはじめ各種身体機能の改善に及ぼす噛み合わせの効果についての関心が近年高まっている^{1), 2)}。運動の場では噛み合わせ強化の手段として、その外傷予防効果も含めてマウスピース (以下 MP と略す) を用いることが注目され、各種運動機能の向上効果について研究されてきた。即ち、向上効果を表わすものとして、三角筋の等尺性筋力の向上³⁾、腕立て伏せ回数や近距離走のタイム向上⁴⁾、長距離走脚力と持久力の向上やリラクゼーションの増進⁵⁾、利き腕筋力の向上⁶⁾、重心動揺度の減少⁷⁾ などが報告されている。一方、否定的な報告としては、MP の使用はプラセボ効果に過ぎない⁸⁾ とするものや、等速性全身運動では筋力向上は認めなかった⁹⁾ とするものなどがある。このような状況下で我々も MP を用いる咬合挙上により脚部の跳躍を伴う全身反応時間の短縮や大脳活動性の向上効果^{10), 11)} を認め報告すると共にこれらの効果の発現と消失挙動¹²⁾ について報告してきた。

本研究では、脚部跳躍を伴う全身反応時間の短縮を指標として MP による該時間短縮効果の発現因子を解明しようとした。

2. 目的

本研究の全体目的は咬合挙上が全身運動機能の向上に及ぼす効果とそのメカニズムを明らかにし、更なる応用

* 環境・生命未来工学科 ** 応用理化学専攻大学院生

効果を開拓することにある。今回は上記した如く、MPの光および音刺激による脚部跳躍を伴う全身反応時間の短縮効果を発現する因子として、咬合挙上量、上下歯間の接触面積、同じく総咬合力等について検討し該効果発現因子としての役割を明らかにしようとした。

3. 実験方法

3. 1 被験者の選定

被験者は自覚的、他覚的に以上を認めない健常な本学学生6名(22歳 5名、24歳 1名)である。各被験者には研究目的、同内容等を十分に説明し自発的な同意を得た。

3. 2 使用MP

上記の被験者の5名には市販品(シリコンゴム製半硬質、挙上量5.4mm、上下歯全体で噛み合せ)を、1名にはカスタムメイド品(PMMA製硬質、挙上量5.0mm、左右奥歯上下8本で噛み合せ)を使用した。

3. 3 MPへの馴化

各被験者には1日目から3日目までは1日当り2時間、4日目から6日目までは1日当り4時間日常生活の中でMPを装着させ、馴化させた。装着開始後1時間毎にその状態を検査し装着状態を確認した。最終確認時に呼吸、運動等の活動動作時に実質的に違和感が無いことを確認した。

3. 4 全身反応時間の測定

本学に設置されている全身反応速度計(ヤガミ社製)を使用した。この装置は光刺激(赤、青、黄色光)および音刺激(100Hz, 500Hz, 1kHz)に跳躍動作で応答する時間を測定するものである。被験者は食後室温22度の室内で1時間の安静時間を取り、体温と脈拍の測定、問診で異常が無いことを確認した後に同室内で測定を行った。測定は1刺激に対し10回の繰り返し反応時間を取りその平均値をその刺激に対する該当時間とした。

3. 5 上下歯間の接触面積と総咬合力の測定と単位面積当りの咬合力

本学に設置されている微小咬合圧測定装置Occluzer FDP-705(富士フイルム社製)とこれと組合わせて使用するDental prescale 50H(富士フイルム社製)を用いて所定の方法に従い上下歯間の接触面積と総咬合力を測定した。接触面積と総咬合力はMPを装着しこれを最大努力で噛み締めた時のほか、比較対照としてその間に何も噛まずに最大努力で上下歯を噛み締めたケースと厚さ約0.3mmのPVC製フィルムを噛み締めた時の3ケースについて測定した。MPと薄層フィルムを噛み締めた時にはDental prescaleはそれらと下歯の間に挿入して使用した。噛み締めたDental prescaleをOccluzerに読ませて接触面積と総咬合力を算出させた。またこれらの値から単位面積当りの咬合力を計算した。

4. 実験結果

4. 1 市販MPの全身反応時間短縮効果の確認検討

まず市販MPの該時間短縮効果について検討した。被験者A, B, C, D, EのMP装着前後における該時間とそれらの差に対するStudentのt値および各々の接触面積、総咬合力、単位当たり咬合力は次のようであった。また、これらと対比させたPMMA製MPを用いた被験者Fのそれらの値も下記のようにであった。

表－１ 市販MPの全身反応時間、接触面積(*1;mm²)、総咬合力(*2;N)、単位面積咬合力(*3;N/mm²)

被験者	全身反応時間(秒)		接触面積* ¹		総咬合力* ²		単位面積咬合力* ³		備考
	MP装着前	MP装着時	MP装着前	MP装着時	MP装着前	MP装着時	MP装着前	MP装着時	
A	0.346	0.326	11.6	5.52	477.4	212.1	41.2	38.4	市販MP
B	0.306	0.28	10.2	4.73	408.5	188.2	40	39.8	同上
C	0.286	0.269	—	—	—	—	—	—	同上
D	0.312	0.299	12.5	6.5	507	228.2	40.6	35.1	同上
E	0.282	0.255	11.8	6.2	480.3	210	40.7	33.9	同上
F	0.367	0.327	3.31	3.32	129.2	113.4	39	35.2	カスタムメイドMP

全身反応時間差のStudentのt値：A 1×10^{-7} B 1×10^{-12} C 1×10^{-2} D 1.3×10^{-2} E 1.7×10^{-2} F 1×10^{-11}

4. 2 咬合挙上量、接触面積、総咬合力の該効果発現に対する影響度合いの検討

各被験者は、何も噛まずに最大努力で上下歯を噛締めた時（以下の各表では無バイトと表示）、MPを装着し最大努力で噛締めた時（同MP装着）、噛合せに力を加えず開口状態を保った時（同開口状態）、薄層フィルムを最大努力で噛締めた時（同フィルム）の順で2回その逆順で2回の合計4回、該反応時間を測定し、各状態間の時間差（平均値）に対するt値を算出した。また各状態における接触面積、総咬合力、単位面積当たり咬合力を算出した。これらの結果を各被験者別に記す。該時間はいずれも4回の測定の平均値で記載するが、各々の回の一つの値は実験方法の項に記した如く赤、青、黄色三種の光刺激で各々10回、100、500、1kHzの音刺激各々10回の測定結果の4回の平均となる（一つの平均値は60×4個の測定値に基くことになる）。

表－２ 各状態での被験者別平均反応時間（秒）とSD

被験者	数値種	各状態の平均全身反応時間(秒)とSD			
		MP装着	フィルム	無バイト	開口状態
A	平均値	0.325	0.361	0.366	0.359
	SD	0.026	0.019	0.003	0.014
B	平均値	0.28	0.329	0.332	0.332
	SD	0.008	0.004	0.005	0.004
C	平均値	0.265	0.285	0.284	0.265
	SD	0.008	0.003	0.003	0.008
D	平均値	0.292	0.311	0.31	0.307
	SD	0.004	0.004	0.005	0.008
E	平均値	0.255	0.28	0.282	0.282
	SD	0.014	0.007	0.006	0.007
F	平均値	0.327	0.359	0.358	0.348
	SD	0.009	0.006	0.009	0.006

表-3 各状態の組合せと組合せ間における反応時間差に対する t-値 (被験者別)

各状態の組合せ	組合せ状態間の反応時間差に対する被験者別t-値					
	A	B	C	D	E	F
MP装着-フィルム	2×10^{-5}	0.01	0.012	0.005	0.024	0.02
MP装着-無バイト	1×10^{-6}	0.004	0.009	0.004	0.018	0.02
MP装着-開口状態	1×10^{-5}	0.005	0.006	0.031	0.017	0.009
フィルム-無バイト	0.35	0.09	0.52	0.65	0.082	0.81
フィルム-開口状態	0.64	0.28	0.35	0.12	0.43	0.06
無バイト-開口状態	0.6	0.09	0.76	0.65	0.84	0.06
備考	市販MP					カスタムメイドMP

表-4 表3に対応する接触面積(mm²)、総咬合力(N)、単位当たり咬合力(N/mm²)

被験者	各状態	接触面積	総咬合力	単位咬合力
A(市販MP)	MP装着	6	205.2	33.6
	無バイト	11.6	477.4	41.2
	フィルム	4.6	198.6	41.8
B(同)	MP装着	5.4	213.1	40.7
	無バイト	9.4	334.5	34.2
	フィルム	2.7	76.1	29.4
C(同)	MP装着	-	-	-
	無バイト	-	-	-
	フィルム	-	-	-
D(同)	MP装着	6.8	230	33.8
	無バイト	12.8	508	39.7
	フィルム	5.1	206.3	40.5
E(同)	MP装着	6.2	212.3	33.8
	無バイト	11.8	470	39.8
	フィルム	5.2	200.3	38.5
F(cmMP)	MP装着	3.1	129.3	43.8
	無バイト	4.4	109.7	39.9
	フィルム	2.3	91.8	41.3

ref. cmMP:カスタムメイド MP

5. 考察

5. 1 市販 MP の該効果の有無の検討結果について

従来、我々は咬合挙上量 3, 5, 7 mm の PMMA 製改良型 MP を被験者にカスタムメイドし該効果および大脳活動性の改善効果などについて研究してきた。改良型 MP は左右それぞれ上下 2 本 (計 8 本) の奥歯で噛締めるもので、噛締め部の間は合金製のリンガルバーで連結されていて呼吸性を始め装着違和感を大きく改善したものである。これらの結果から最適挙上量である 5 mm 高の PMMA 製カスタムメイド MP を用いて諸検討を行ってきたが、今回はまず市販 MP について該効果の有無を調べた。市販の MP はシリコンゴム製半硬質のもので、前歯等への衝撃損傷防止も兼ねて上下歯全体を保護被覆する構造であり挙上量は使用前は 5.4 mm、使用中は噛締めに伴い大略 5 mm 強になると考えられる。この MP を被験者 5 名に使用させた。検討結果は表-1 に纏めたが、

被験者全員で MP を装着することによる該効果の発現を認めた。そして MP 装着前と装着時の短縮時間差について Student の t-検定を行った結果、全被験者で $p < 0.05$ でありこの範囲で有意であることが示唆された。比較対照として従来からの挙上高 5 mm の PMMA 製硬質 MP をカスタムメイドしその効果も検討したが、これも $p < 0.05$ の範囲で有意な効果があることが示唆された。短縮される時間は各人各々異なるがこれは以前の研究結果からも個人差によると考えられる。続いて、構造的な違いもありながら同じように該効果を発揮するこれら二種の MP について、上下歯間の接触面積、総咬合力、単位当たり咬合力について検討した。それらの結果は表－１に記載されているように、上下歯全体を覆う形の市販 MP は奥歯 8 本で噛み合わせる改良型カスタムメイド MP に比し接触面積、総咬合力ともに大きい単位面積当りの咬合力では大きな差は見られなかった。接触面積、総咬合力で両 MP 間に大きな違いがありながら共に該効果を発現すること、硬質のカスタムメイド MP で装着時とその前で単位当たり咬合力にそれ程の違いが無いことなどから該効果の発現には接触面積、総咬合力ともに関係しな可能性が推測された。同時に接触面積と総咬合力には個人差がありこれらの値の大小と該効果の発現、その大きさは直接関しないと推測された。市販 MP の接触面積と総咬合力の値に装着時とその前とに大きな差が出るのは測定方法の項にも記した如き方法によることから、Dental prescale の MP に接する面に噛締め痕跡が発生しないという技術上の事柄によるもので本検討の結果に影響するものではないと考えられる。単位当たり咬合力では両者間に大きな差は出ていないこともある。これらの経緯を踏まえて該効果発現因子の検討を試みることにした。

５．２ 該効果発現因子の検討結果について

該効果発現因子を検討するために、最大努力で MP を噛締めること（MP 装着）に対比させて新たに三つのケースを設定し各々の場での反応時間を測定し、それらの時間差に対して t-値を求め有意性を評価すると同時に各ケースでの接触面積、総咬合力、単位当たり咬合力を測定算出した。新たに設定した三つのケースとは、実験方法の項に記した如くフィルム（噛締め材として PVC 製薄層フィルムを最大努力で上下歯で噛締めるケース）、無バイト（何も噛まず最大努力で上下歯を噛締めるケース）、開口状態（噛締める力を加えずに軽く口を開いた状態）である。各ケースに含まれる主たる技術因子と言う見方をすると、MP 装着のケースでは最適咬合挙上（A）、最大努力の噛締め力（B）、噛締め材（バイト）の存在（C）であり、フィルムのケースでは B、C、無バイトでは B のみ、開口状態では A、B、C 全てが存在しないということになる。そこで（１）MP 装着－フィルム、（２）同一無バイト、（３）同一開口状態、（４）フィルム－無バイト、（５）フィルム－開口状態、（６）無バイト－開口状態、の 6 通りの組合せを作り該効果に対するこれらの技術因子の影響について検討した。（１）、（２）、（３）は A、B、C が揃った結果に対して各因子が与える影響を評価したもので、（４）、（５）、（６）は A を除外した B、C の与える結果に対して各構成因子間の影響を評価して置こうとしたものである。即ち、（１）は A、B、C が揃って効果を発揮している結果との対比で A が抜ける影響を、（２）は同じ結果に対して A、C が抜けた影響を、（３）は三つの因子がある場合とない場合の比較を行ったものである。（４）は B と最適挙上をしない C の組合せで得られる結果に対して C の抜ける影響を、（５）は B と C との組合せの影響を、（６）は B の影響のみを評価したものである。各ケースの全身反応時間の測定結果は表－２に記した。この結果を基に上記の六通りの組合せ間で生じる時間差、即ち正に生じた場合は反応時間が短縮されることになるが、この時間差に

対して t -値を求め、その結果を表-3に纏めた。同時に各ケースにおいて接触面積、総咬合力を測定し、単位当り咬合力を算定してこの結果は表-4に記した。これらの検討に使用した MP は上下全歯で嚙締めるシリコンゴム製半硬質市販品と対照とした上下奥歯8本で嚙締める PMMA 製硬質カスタムメイド MP である。両者は材質のみならず形状も大きく異なる。

検討結果であるが、表-2に記したように、全身反応時間は各人個人差があることは従来からの結果と同じである (*10, 11, 12)。この個人差は MP の形状、材質には拠らない。

続いて表-3の結果をみると、上記 (1)、(2)、(3) の組合せで、即ち表-3の上段三段において $p < 0.05$ の値を示し (4)、(5)、(6) の組合せでは $p > 0.05$ で検討因子間の有意な相関性の存在は示唆されず、最適挙上量の MP を最大努力で嚙締めた条件下で上記の範囲内での有意性があることを示唆する結果であった。そしてこの示唆は対照とした改良型 MP においても同じであるので、MP の種類には拠らないと考えられ、同時に (4)、(5)、(6) の組合せで有意性が消失することを示唆していることは、マクロ的には奥歯を使う咬合挙上そのものが MP の形状、材質等に関らずこの効果を発現していることを示唆していると考えられる。

(1) では、ともにバイトを噛み最大努力の嚙締め力も加わっていて異なるのは最適挙上量の存否であるが、その時間差の比較で上記の範囲の有意性の存在が示唆された。(2) では最大努力の嚙締め力は共に加わっているが、バイトを噛んでいないケースとの比較で同じ有意性が示唆されている。(3) では、最適挙上 MP と最大努力の嚙締め力を比較したがここでも同じ範囲の有意性の存在が示唆された。(4) では最大努力の嚙締め力の加わった状態でバイトが存在していても咬合挙上が実質的になれば両者に違いがあるものではないことを、(5) では最大努力で嚙締められても最適挙上でないバイトでは開口状態と差が無いことを、(6) では嚙締め力を加えてもこれだけでは開口状態と差が無いことを示唆している。表-4の接触面積、総咬合力には若干数値上に変動がみられるが、これらと該効果には相関があるような傾向はみられない。とくに単位面積当り咬合力で各ケースを比べてみると両 MP ともに該効果が発現する MP 装着の場合とそうでない無バイトや開口状態において数値上の違いがあるようには思われない。これらのことから該効果の発現は最大努力の嚙締めを伴って咬合挙上が最適に行われることによることが示唆されたと考えられる。このことは前報(*12)の結果、即ち該効果は MP 装着後速やかに発現しその取外し後速やかに消失すると言う事実ともよく一致する。同時に咬合挙上の運動効果は嚙締めや歯列調整等の効果とは異なるものがあるのかも判らない。なお、嚙締め力や接触面積の大小がヒトの他の運動機能にどのような影響を与えるかと言うことは本研究の対象とする所ではない。最後に、最適咬合挙上によって発現される該効果には個人差もあるが、一般的には時間的に 0.020~0.040 秒の範囲のもので時には数十ミリ秒を越す場合も観察される。一方、水着素材などでは競技タイムで 100 分の 1 秒以上の時間差が生じればスウィミングウェア開発の対象になると言われていることや陸上短距離走のタイム差などを勘案すると該効果は運動機能上はそれ程小さいものとは思われない。介護・福祉分野も含めてその有効な活用は興味深いものと考えられる。

6. まとめ

咬合挙上による、脚部跳躍を伴う全身反応時間の短縮効果発現因子の検討を行い、それは最大努力での嚙締めと最適咬合挙上とが揃うことで、最大努力の嚙締めが行われても挙上量が不適当な場合や嚙締めのみでは該効果

は発現されないことが示唆された。この効果は材質、形状が異なる市販 MP でもカスタムメイド MP でも同じように発現された。

謝辞 本研究を遂行するにあたりご指導頂きました 福井県立大学大学院福祉看護学研究科長 糸川嘉則先生、同科故藤本和先生、およびご懇篤なご支援を賜りました (財)長寿科学研究財団顧問・前理事長大谷藤郎先生、前国立健康栄養研究所長(現和洋女子大学教授)小林修平先生に厚くお礼を申し上げます。また、本研究の開始時にこれを推進した工学修士・歯科医師 前田剛司氏に厚くお礼を申し上げる次第です。

参考文献

- 1 厚生労働科学研究補助金 医療技術評価総合研究事業「口腔保健と全身的な健康状態の関係について」主任研究者小林修平
平成 15 年 3 月
- 2 臨床スポーツ医学 特集スポーツ歯学－最近の動向、16, 1369-1421, 1999
- 3 Smith, S. D. : Muscular Strength Correlated to Jaw Posture and Temporomandibular Joint. N.Y.State Dent. J., 44,
278-285, 1978
- 4 Schwartz, et. al. : The athlete' s mouthpiece. Am. J. Sports Med. 8, 357-359, 1980
- 5 Garabee, W. F. Jr. : Craniomandibular Orthopedics and Athletic Performance in the Long Distance Runner: A Thre Year
Study Basal Facts, 4: 77-81, 1981
- 6 Williams, et. al., : The effect of mandibular position on appendage muscle strength. J. Prosthet. Dent., 49, 560-569,
1981
- 7 佐藤武司: 鰐口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 垂直的顎間関係の挙上が姿勢、とくに重心動揺および抗重力筋
に及ぼす影響、補綴誌, 35, 574-587, 1991
- 8 Greenberg, et. al., : Mandibular position and upper body strength; a controlled clinical trial. JADA, 103, 576-578,
1981
- 9 Yates, et. al., : Effect of a mandibular orthopedic repositioning appliance on muscular strength. JADA, 108, 331-333
1984
- 10 前田剛司, 福味廣員: 咬合挙上が全身反応時間および大脳活動性に及ぼす影響に関する研究, 第 12 回 日本スポーツ歯科医
学会学術大会抄録集, 36 頁, 2001
- 11 前田剛司, 福味廣員: 咬合挙上の運動効果に関する研究(2) 咬合挙上と大脳活動の関係についての研究, 福井工業大学研究
紀要, 33, 261-266, 2003
- 12 山北賀英他: 咬合挙上の運動効果に関する研究(3) 咬合挙上による全身反応時間の短縮効果について, 同上誌, 34, 225
-232, 2004

(平成 16 年 12 月 1 日受理)