

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月15日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500506

研究課題名（和文）高齢者の健康寿命延伸のための身体能力向上効果に着目したマウスガードの試作研究

研究課題名（英文）Experimental trial of a mouth-guard with effect on progress of physical performance for extending healthy life of the elderly

研究代表者

鈴木聡一郎（Suzuki Soichiro）

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：30250541

研究成果の概要（和文）：マウスガードの身体能力を向上する効果として、等尺性筋活動における背筋力、ならびに等張性筋活動におけるベンチプレス、レッグプレスの運動速度を向上する効果が有意に認められた。これらの主導筋と顎二腹筋の活動に強い相関が認められたため、マウスガードによる下顎骨の固定が、筋活動を向上することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：It was significantly demonstrated that a mouth-guard had effect on progress of physical performance in isometric and isotonic muscle action. Since Strong correlation between digastrics muscle action and each agonist action appeared in back strength measuring, bench press and leg press motion, a mouth-guard can evidently improve the muscle action by fixation of mandible bone.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：健康・福祉工学、マウスガード

## 1. 研究開始当初の背景

歯学における顎口腔領域では、補綴・咬合が健康状態や身体能力に影響を及ぼすという臨床的報告はなされているものの、その効果発生メカニズムは明らかにされていない。咬合改善が可能なマウスガードの装着目的は、一般的には顎顔面口腔領域の外傷予防と脳震盪の予防などが挙げられる。身体能力向上については、とくに背筋力や握力などの等尺性筋力の向上効果や重心動揺の減少など一部の臨床的報告がなされている。

## 2. 研究の目的

マウスガードが身体能力向上に及ぼす影響を定量化し、メカニズムを工学的に解析することで、高齢者の身体能力向上を図り健康寿命の伸長を目指す。歯科医師会との地域共同プロジェクトとして新しい発想によるマウスガードを開発するため、研究メンバーがこれまでに構築してきた工学的手法を応用して身体能力向上メカニズムを解明するとともに高齢者に有用な設計について検討する。

### 3. 研究の方法

マウスガードの身体能力向上効果の定量化については、等尺性筋力と等張性筋力に的を絞り検討する。はじめに、被験者がマウスガードを装着することにより、どの程度咬合が改善されるのか、基準を設ける必要がある。そこで、咬合改善度指数を定義し、筋力向上との関係について調べる。背筋力とベンチプレス、レッグプレスの運動速度に着目し、マウスガードの有無により、統計的に有意な差が認められるか検証する。

身体能力向上のメカニズムについては、筋収縮による筋張力の力学的連鎖が能力向上に関与していると考えられる。そこで、咀嚼筋群ならびに顎二腹筋と、それぞれの主導筋の筋活動との相関を調べ、メカニズムを明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 背筋力の向上効果

マウスガード装着による咬合改善度合いは個人によって咬合改善を定量的に評価する「咬合改善度指数」を定義する。この咬合改善度指数を用いて被験者の分類を行い、マウスガードが及ぼす影響を検討する。

被験者は23～24歳の男子学生3名で咬合接触検査装置 T-スキャンⅢを使用し、マウスガード非装着時、装着時の咬合状態を記録する。その結果から咬合改善度指数を求める指標として咬合接触面積の変化率 **A**、咬合接触点における荷重の標準偏差の変化率 **B** を求め、これらの平均値として咬合改善度指数 **C** を式(1)のように導く。

$$C = \frac{A+B}{2} \quad (1)$$

**C** の改善度指数は0が変化なしを示し、最も咬合状態が悪化したときは-1、最も改善したことは+1となる。**a<sub>0</sub>**をマウスガード非装着状態の咬合接触面積、**a<sub>1</sub>**を装着状態の咬合接触面積とし、マウスガード装着時の咬合接触面積が増加している場合は式(2)で、減少している場合は式(3)で定義する。

$$A = \frac{a_1 - a_0}{a_1} \quad (a_1 \geq a_0) \quad (2)$$

$$A = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \quad (a_1 < a_0) \quad (3)$$

さらに **b<sub>0</sub>** をマウスガード非装着状態における荷重の標準偏差、**b<sub>1</sub>** を装着状態での荷重の標準偏差とし、増加している場合は式(4)、減少している場合には式(5)で定義する。

$$B = \frac{b_0 - b_1}{b_1} \quad (b_1 \geq b_0) \quad (4)$$

$$B = \frac{b_0 - b_1}{b_0} \quad (b_1 < b_0) \quad (5)$$

表1 各被験者の咬合改善度指数

	被験者1	被験者2	被験者3
改善度指数	0.019	0.428	0.476

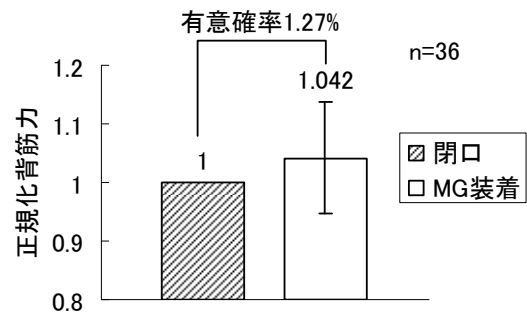


図1 マウスガード装着時の背筋力

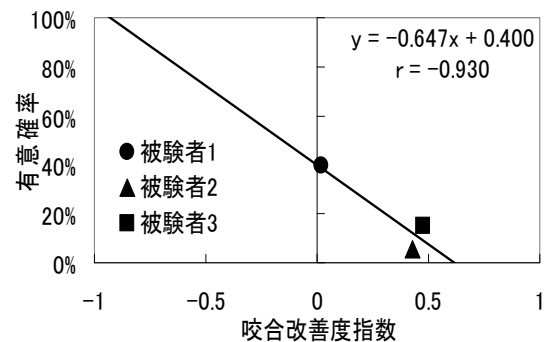


図2 咬合改善度指数と背筋力の有意確率

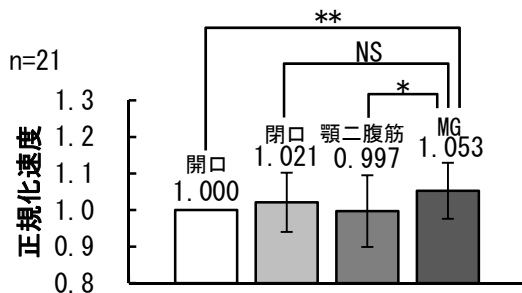
式(1)から式(5)で求めた被験者3名の咬合改善度指数を表1に示す。被験者1は咬合改善度指数が0に近い値となり、装着前後にほぼ変化がないことが示された。被験者2、3は咬合改善度指数が正の値となったためマウスガード装着により咬合が改善されている。

被験者は23～24歳の男子学生3名でデジタル背筋力計を用い、文部科学省が実施するスポーツテストの実施要項に基づいて測定する。測定は閉口状態、ならびにマウスガード装着状態の2種類の咬合状態で6回ずつ行い、その結果から閉口状態の背筋力で正規化した値についてt検定する。さらに、各被験者の有意確率と咬合改善度指数の関係を検討する。検定の結果、図1に示すように閉口状態とマウスガード装着状態の背筋力は有意水準5%で差があることが分かる。また、図2の縦軸に各被験者の背筋力の有意確率を示し、横軸に咬合改善度指数を示して両者の関係を検討する。相関係数が  $r = -0.930$  であることから咬合の改善が筋力向上に効果があるといえる。以上の結果、マウスガードの装着は背筋力向上に効果があるといえる。

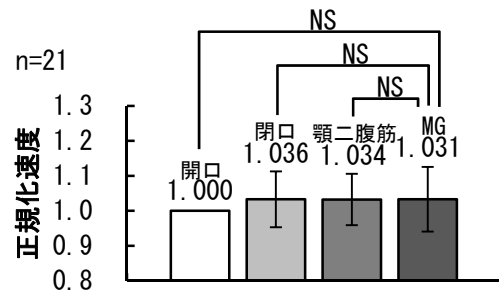
(2) 運動速度の向上効果

咬合の状態を開口、閉口、顎二腹筋の緊張、マウスガード装着の4種類に設定し、運動速度の測定を行う。なお、マウスガード装着状態は動作開始前においては上顎と下顎を接触させた状態、動作開始後は被験者の自由な状態とし、可能な限り大きな速度で運動することを意識させた。上半身の骨格筋としては、大胸筋と三角筋を主動筋とするベンチプレス運動における腕の伸展時の等張性筋活動を対象とする。また、下半身の骨格筋としては、大腿四頭筋を主動筋とするレッグプレス運動における脚の伸展時の等張性筋活動を対象とする。運動速度は、ベンチプレスマシン、レッグプレスマシンの荷重プレートを高速度カメラで撮影し、プレートの移動距離から算出した。このときの速度分解能は30m/sとした。このとき、それぞれの運動において、開始直後が最大加速区間となり、終了直前が等速度運動区間となること示された。そこで、これらの区間別に運動速度に差が認められるか検討する。ベンチプレスの計測結果について、最大加速区間のt検定結果を図3(a)、等速区間の結果を図3(b)に示す。nはデータ数、グラフ上の値は正規化された運動速度を表す。また、有意差が認められなかった組をNS、有意水準5%で有意差が認められた組を\*、有意水準1%で有意差が認められた組を\*\*と表記する。最大加速区間ではマウスガード装着状態は開口状態、ならびに顎二腹筋の緊張状態と比べて運動速度が有意に向上していた。等速区間では3組の全ての咬合状態間で有意差が認められなかった。このことから、マウスガードの装着は最大加速区間の運動速度を向上する効果があることが示された。右足の最大加速区間の検定の結果を図4(a)、等速区間での結果を図4(b)に示す。最大加速区間ではマウスガード装着状態の運動速度が、その他の状態に対して有意に向上しており、等速区間ではマウスガード装着状態が開口状態、ならびに顎二腹筋の緊張状態と比べて運動速度が有意に向上した。このことから、マウスガードの装着は最大加速区間、ならびに等速区間の運動速度を向上する効果があるといえる。

NS : 非有意 \* : p<0.05 \*\* : p<0.01

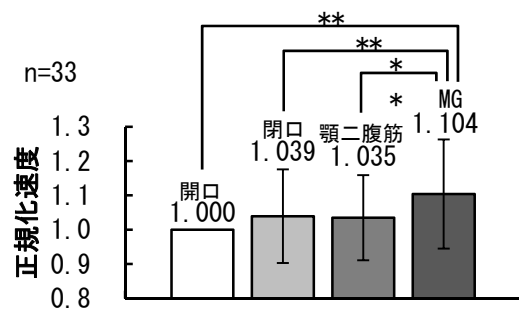


(a)最大加速区間

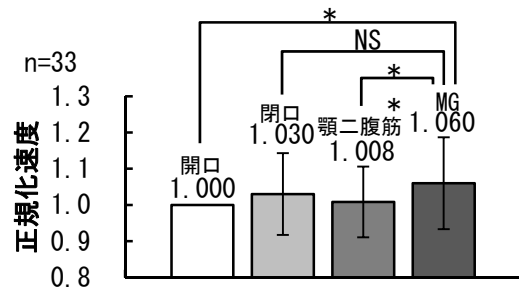


(b)等速区間

図3 ベンチプレスの運動速度の比較



(a)最大加速区間 (右足)



(b)等速区間 (右足)

図4 レッグプレスの運動速度の比較

(3) 筋力向上のメカニズム

マウスガードを装着することによる背筋力の向上効果に着目し、表面筋電図、ならびに咬合圧分布測定装置を用いて背筋力と咬合状態の変化を計測し、筋力向上のメカニズムについて検討する。筋電図は、咀嚼筋群の中から咬筋と顎二腹筋を選択し、背筋力の主動筋として僧帽筋上部、さらに頸部の胸鎖乳突筋について計測する。電極のリード線からノイズが混入するため、S/N比の向上を目的としてハイパスフィルタを20[Hz]に設定する。筋電図の解析は500[ms]間のRMS値の最大値を筋活動の評価値とする。また、動作の妨

げにならないようにTスキャンはヘルメットに固定し、咬合接触面積、咬合荷重分布、咬合圧分布を計測する。持ち上げる負荷は、被験者の最大可搬荷重である 100[kgf]まで10[kgf]刻みで変化させた。マウスガードは厚さを1[mm]、3[mm]、6[mm]の3種類に設定し、背筋力の関係を検討する。測定は背筋力計を用い、マウスガードを装着していない閉口状態を含めた4つの咬合状態で5回ずつ計測する。データの解析は各咬合状態ごとに平均値を求め、さらに式(6)に示す閉口状態との効果量を算出し、平均値の差を比較する。式(1)に示すように、効果量は標準偏差を単位として平均値の差の大きさを表す。表2に効果量の大きさの基準を示す。

表3に各咬合状態の背筋力の測定値を示し、図5にその平均値の比較を示す。被験者が厚さ6[mm]のマウスガードを装着した時の背筋力が、閉口状態と比較して7.3[kgf]向上しており、その効果量も1.04と大きな違いがあることを示している。その他の1[mm]、3[mm]のマウスガードを装着した時の背筋力は閉口状態の背筋力より低く、また効果量が0.22、0.12と小さいため、1[mm]、3[mm]のマウスガード装着の効果は小さいと判断した。次に、背筋力の向上に大きな効果が認められた厚さ6[mm]のマウスガードを装着した時と非装着時で咀嚼筋の活動と咬合状態の関係を明らかにし、マウスガードの装着による効果を検証する。マウスガードの非装着時の負荷と僧帽筋上部の筋活動との関係を図6に示す。相関係数が0.893となり、高荷重域においても僧帽筋上部の筋活動は負荷と線形の関係にあることが示された。また、マウスガード装着時の負荷と僧帽筋上部の筋電位の関係を図7に示す。図6および図7の結果では相関係数と僧帽筋上部の筋電位がほぼ同じ値を示し、マウスガードの装着が、直接、主動筋の活動に影響していないことがわかる。

$$Effect\ size = \frac{\mu_A - \mu_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}{2}}} \quad (6)$$

- $\mu_A$  閉口状態の平均値
- $\sigma_A$  閉口状態の標準偏差
- $\mu_B$  マウスガード装着状態の平均値
- $\sigma_B$  マウスガード装着状態の標準偏差

表2 効果量の基準

Small	Medium	Large
-------	--------	-------

Effect size 0.20 0.50 0.80

表3 各咬合状態での最大背筋力の測定値

	閉口	1mm	3mm	6mm
平均	93.0	91.8	92.4	100.3
標準偏差	4.14	6.47	5.84	9.04
効果量		0.22	0.12	1.04

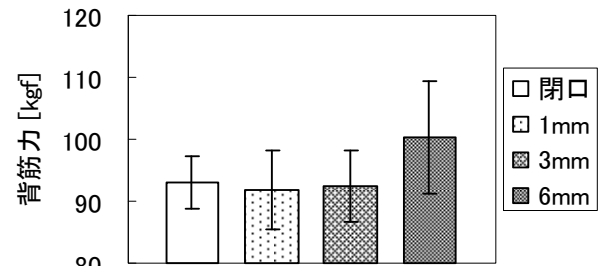


図5 咬合状態による背筋力の平均値の比較

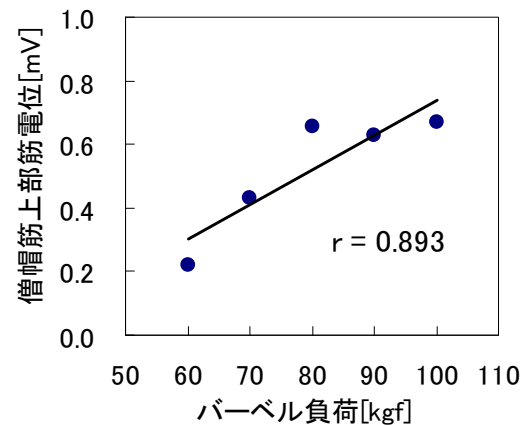


図6 非装着時の負荷と僧帽筋筋電位の関係

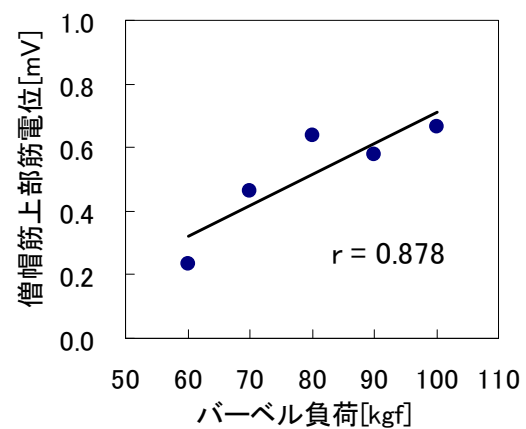
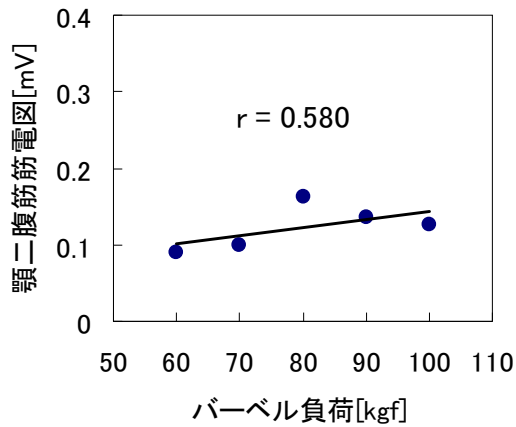
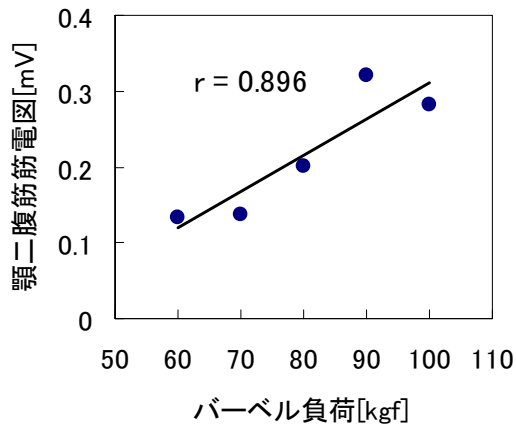


図7 装着時の負荷と僧帽筋筋電位の関係

さらに、図 8(a)、(b)に、それぞれマウスガードの非装着時、および装着時の負荷と顎二



(a) マウスガード非装着時



(b) マウスガード装着時

図 8 負荷と顎二腹筋筋電位の関係

腹筋の筋活動の関係を示す。これらの結果を比較すると、マウスガードを装着することにより非装着時よりも強い相関が示された。図 9 にマウスガードの装着時の負荷と咬合接触面積の関係、図 10 に装着時の負荷と咬合荷重との関係を示す。いずれの関係も相関係数が 0.9 以上となり、強い相関を示している。その一方で図 11 に示すように装着時の負荷と咬合圧の変化をみると、相関係数が -0.140 と低く、負荷が変化しても咬合圧はほぼ一定である。よってマウスガードを装着しても噛みしめ動作は行われておらず、負荷に対応した顎位が存在していると考えられる。このことはマウスガードの効果で咬合圧が一定となり、安定した顎位の固定を可能としていると予想できる。この安定な顎位の固定が背筋力の向上に強く関与している可能性が高いといえる。咬合圧を一定にするマウスガードの厚さは、装着者により変化することも考えられるため、マウスガードの素材の粘弾性特

性や厚さなどの設計についての検討が今後重要となる。

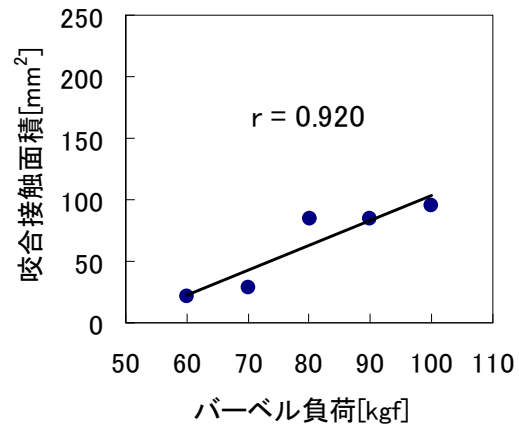


図 9 装着時の負荷と接触面積の関係

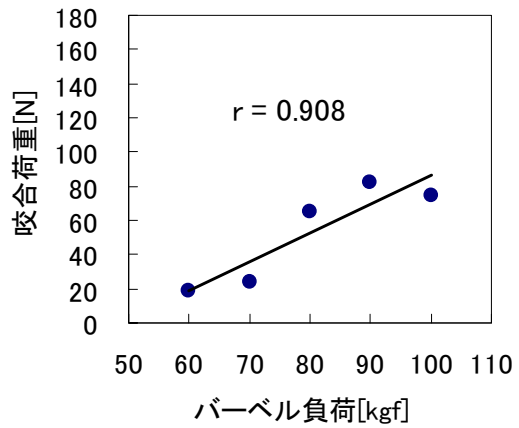


図 10 装着時の負荷と咬合荷重の関係

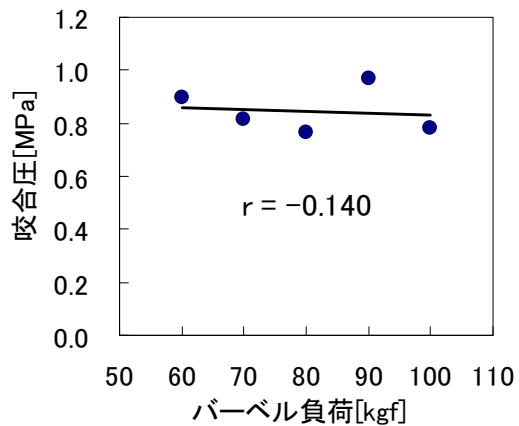


図 11 装着時の負荷と咬合圧の関係

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① A. Kondo, Y. Hayakawa, J Dong, A.Honda,  
Iterative correction applied to streak artifact  
reduction in an X-ray computed tomography  
image of the dento-alveolar Region Oral  
Radiology, Vol.26, No.1, 61-65, 2010
- ② J. Dong, A. Kondo, K. Abe, Y. Hayakawa,  
Successive iterative restoration applied to  
Streak artifact reduction in X-ray CT Image  
of dento-alveolar region, International  
Journal of Computer Assisted Radiology and  
Surgery, 2010

〔学会発表〕（計 6 件）

- ① マウスガードの筋力向上メカニズムに関する実験的検討,興梠匠,鈴木聡一郎,日本機械学会北海道学生会第 4 1 回卒業研究発表講演会(2012-3)
- ② マウスガード装着による運動速度と表面筋電位への影響,田中寛之,小野義人,鈴木聡一郎,第 3 2 回バイオメカニズム学術講演会(2011-11)
- ③ マウスガードの筋力向上効果に関する実験的検討,田中寛之,鈴木聡一郎,日本機械学会北海道学生会第 4 0 回卒業研究発表講演会(2011-3)
- ④ マウスガード装着による咬合状態の変化が身体パフォーマンスに与える影響,小野義人,鈴木聡一郎,第 3 1 回バイオメカニズム学術講演会(2010-11)
- ⑤ 高齢化社会と工学的アプローチ—機械工学からのアプローチ—,鈴木聡一郎,第 1 1 回日本赤十字看護学会学術集会(2010-6)
- ⑥ マウスガード装着が及ぼす身体パフォーマンスへの影響,小野義人,鈴木聡一郎,日本機械学会北海道学生会第 3 9 回卒業研究発表講演会(2010-3)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 聡一郎 (SUZUKI SOICHIRO)  
北見工業大学・機械工学科・教授  
研究者番号：30250541

### (2) 研究分担者

柴野 純一 (SHIBANO JUNICHI)  
北見工業大学・機械工学科・教授  
研究者番号：60206141  
早川 吉彦 (HAYAKAWA YOSHIHIKO)  
北見工業大学・情報システム工学科・  
研究者番号：70164928