

〔原著〕 松本歯学 48：1～13, 2022

key words：マウスガード，スポーツ歯科，小児歯科，成長発育，顎口腔外傷

成長発育に伴って生じる歯列状態の変化が マウスガードの維持力に及ぼす影響

土田 実¹，正村 正仁^{2,3}，洞澤 功子⁴，黒岩 昭弘⁴，富田 美穂子⁵，
鷹股 哲也⁶，武田 友孝⁷，中島 一憲⁷，森山 敬太²，大須賀 直人^{2,3}

¹土田歯科医院

²松本歯科大学 小児歯科学講座

³松本歯科大学 大学院歯学独立研究科 健康増進口腔科学講座

⁴松本歯科大学 理工学講座

⁵日本体育大学 医療専門学校

⁶松本歯科大学病院 総合口腔診療部

⁷東京歯科大学 口腔健康科学講座 スポーツ歯学研究室

Effects of the developmental changes in dentition on the
retention of mouthguards

MINORU TSUCHIDA¹, MASAHITO SHOUMURA^{2,3}, NORIKO HORASAWA⁴,

AKIHIRO KUROIWA⁴, MIHOKO TOMIDA⁵, TETSUYA TAKAMATA⁶,

TOMOTAKA TAKEDA⁷, KAZUNORI NAKAJIMA⁷,

KEITA MORIYAMA² and NAOTO OSUGA^{2,3}

¹*Tsuchida Dental Clinic*

²*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry,
Matsumoto Dental University*

³*Department of Oral Health Promotion, Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University*

⁴*Department of Dental Materials, School of Dentistry,
Matsumoto Dental University*

⁵*Academy of Medical Vocational School, Nippon Sport Science University*

⁶*Department of Comprehensive Oral Care, Matsumoto Dental University Hospital*

⁷*Department of Oral Health and Clinical Science, Division of Sports Dentistry,
Tokyo Dental College*

Summary

The use of mouthguards is one of the main strategies that are considered effective in preventing sports-related trauma. Although mouthguards are recommended for use in children during sports activities, little is known as to how growth and developmental changes in the oral cavity, jaw, and dentition affect the retention of mouthguards. In the present study, we designed mouthguards for primary, mixed (4 types), and permanent dentition stages and performed tensile testing to determine the effects of dental growth and development on their retention.

We also designed mouthguards for the left maxillary second milk molar, left maxillary second premolar, and left maxillary first molar to determine how the shape of the teeth affects their retention.

Data was analyzed statistically, and the following results were obtained:

1. Mouthguards for permanent dentition stage had a significantly higher level of retention than those for primary and mixed dentition stages.
2. Mouthguards for primary dentition stage had a significantly lower level of retention than those for mixed and permanent dentition stages.
3. The retention of mixed dentition stage mouthguards became poorer with the number of teeth requiring relief.
4. Differences in the shape of the teeth (left maxillary second milk molar, left maxillary second premolar, left maxillary first molar) had no significant effect on the retention of mouthguards.

These findings indicate that the level of mouthguard retention is lower in children at primary and mixed dentition stages than in adults and children with complete eruption of central incisor to second molar. This difference may be attributed to the differences in the coverage areas of mouthguards.

緒 言

現在, 高齢化社会を迎えた我が国では, 健康寿命延伸のための一手段として, 積極的にスポーツに取り組むことが推奨されている¹⁾. しかしながら, スポーツ活動に際しては, 不慮の事故が発生することが珍しくなく, それは顎口腔領域においても例外ではない. スポーツに起因する外傷は, 「健康の維持・増進」という, それ本来の目的とは相反する結果を招くものであるため, その予防対策が必要となる. 各種スポーツに適した防具の開発やルールの変更などは, そのような取り組みの代表的なものである. そして, 顎口腔外傷の予防・軽症化には, マウスガードの使用が効果があるとされ²⁻⁶⁾, その根拠となるマウスガードの衝撃吸収能に関する研究結果も, 国内外において多

数示されており⁷⁻²³⁾, 成人²¹⁻³⁰⁾・小児³¹⁻³³⁾を問わずスポーツ活動の際には装着することが推奨されている.

小児期は心身ともに成長・発育の途上にあるため, 時間の経過とともに, そのいずれにも様々な変化が生じることとなる³⁴⁾. そして当然, 顎口腔領域もその例外ではない³⁵⁾. しかし, 小児期においてもスポーツ活動の際のマウスガード装着が推奨されているにもかかわらず, 成長・発育に伴って生じる歯列状態の変化が, その維持力に対してどのような影響を及ぼすのかについて, 現在まで詳細な報告がなされているとは言い難い.

装着時における維持力は, マウスガードが具備すべき条件の中でも重要性が高く, これが不十分である場合, マウスガードは本来の使用目的を果たすことができない³⁶⁾. そこで, 本研究では, 小

児期の成長・発育に伴って生じる歯列状態の変化が、マウスガードの維持力に対して影響を及ぼすのか、影響を及ぼすのであればそれは何を原因とするものであるのかについて詳細な検討を行い報告することとした。

実験材料及び方法

1. 実験1

実験1として、小児期の成長・発育に伴って生じる歯列状態の変化が、マウスガードの維持力に対して及ぼす影響についての検討を行うこととした。

1) 試料の作製

試料の作製に供する目的で、乳歯列期模型 D5D-407C (ニッシン社製, 京都), 混合歯列期模型 D7D-407H (ニッシン社製, 京都), 永久歯列期模型 E50-500AU (ニッシン社製, 京都) を用意した。混合歯列期模型の歯列状態は

6 E D C 2 1 | 1 2 C D E 6 であるが、歯 (レジン歯) の着脱が可能であるため、これに加えて

6 E C 2 1 | 1 2 C E 6,
6 E 2 1 | 1 2 E 6,
6 2 1 | 1 2 6 の計 4 種混合歯列状態を、今回の実験において再現することとした (図1)。

そして、各模型について、シリコーン印象材エ

クザファインパテタイプ (GC 社製, 東京), フュージョンIIヘビーボディタイプ (GC 社製, 東京), エクザハイフレックスインジェクションタイプ (GC 社製, 東京) を用いて連合印象採得を行った。この際、印象用トレーにはユーデント網トレーレギュラー (ユーデント社製, 千葉) を使用し、乳歯列期模型には C サイズ, 混合歯列期模型には B サイズ, 永久歯列期模型には A サイズを適用した。これにより得られた陰型には、歯科用超硬石膏クリンロック (下村石膏株式会社製, 埼玉) を填入し、十分な硬化を確認の上で取り出して、これを試料とした。

2) 実験用マウスガードの作製

マウスガードの作製にあたり、エチレン酢酸・ビニール重合体を主成分とするマウスガード S.M.G (Keystone Industries 社製, USA) を、マウスガード材として用意した。これを、吸引成型器ウルトラバックバキュームフォーマー (ULTRADENT PRODUCTS 社製, USA) にて、前記の方法で作製した試料に対して圧接を行った。圧接に際して混合歯列期用試料では、乳歯レジジン歯欠損部 (欠損部近心歯遠心面~欠損部遠心歯近心面まで) を欠損部近心歯切縁および欠損部遠心歯咬頭頂の高さまで、前記したシリコーン印象材、エクザファインパテタイプにてリリースした。先行乳歯脱落后、その後続永久歯が未萌出となっている部位や、萌出途上となっている部位



図1: 試料作製に供した歯列模型 (すべてニッシン社製)

は、マウスガードシートの圧接前に、その部位をリリースすることが推奨されている^{32,33,37)}。よって本実験もそれに倣い、混合歯列期用マウスガードの作製を行った。マウスガードシート圧接後は、通法に従って替刃メス、カーボランダムポイント、シリコンポイント等を用いて形態修正を行い、これを各試料に対するマウスガードとして、1試料につき30個を作製した(図2)。なお、以後はこのような作製した乳歯列期模型用マウスガードをMil-MG、混合歯列期模型用マウスガードで

歯式：6 E D C 2 1 | 1 2 C D E 6
用のものを Mix-MG-R0、

歯式：6 E C 2 1 | 1 2 C E 6
用のものを Mix-MG-R1、

歯式：6 E 2 1 | 1 2 E 6
用のものを Mix-MG-R2、

歯式：6 2 1 | 1 2 6
用のものを Mix-MG-R3、永久歯列期模型用マウスガードを Per-MG と記載する。

次に、これらのマウスガードに対して、引っ張り試験に供することができるように、30号(φ0.910mm)のナイロン糸(ユタカメイク社製、

大阪)の装着を行った。その際、ナイロン糸の装着部位は、Mil-MGでは、上顎乳中切歯間切縁正中中部、上顎右側第二乳臼歯咬合面中央小窩、上顎左側第二乳臼歯咬合面中央小窩の3点とした。また、Mix-MGでは、上顎中切歯間切縁正中中部、上顎右側第一大臼歯咬合面中央小窩、上顎左側第一大臼歯咬合面中央小窩の3点を、Per-MGにおいては、上顎中切歯間切縁正中中部、上顎右側第二大臼歯咬合面中央小窩、上顎左側第二大臼歯咬合面中央小窩の3点をナイロン糸の装着部位とした(図3)。ナイロン糸の装着にあたっては、オーソフレーム(JM Ortho社製、東京)にてその先端を加熱し軟化した上で所定の接着点に圧接し、最後にシアノアクリレート系瞬間接着剤のアロンアルファ(東亜合成株式会社製、東京)を用いて接着した。そして、このナイロン糸の装着をもって、実験用マウスガードの完成とした。

3) 実験方法

まず初めに、実験用マウスガードを装着した各試料を、引っ張り試験器SV-301N型引張圧縮試験機(今田製作所製、愛知)の固定台に固定した。続いて、実験用マウスガードに装着された3本すべてのナイロン糸にたるみが生じない状態

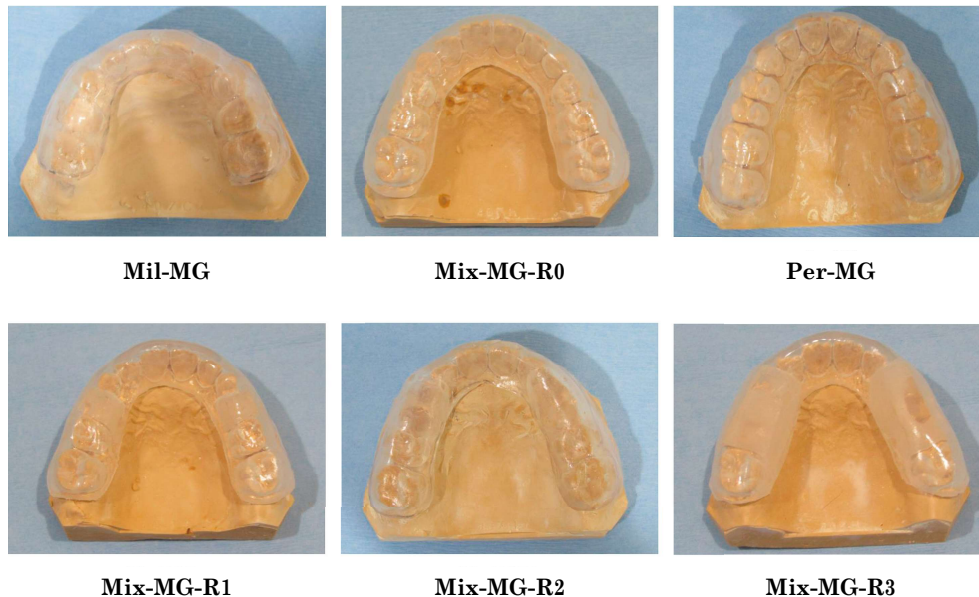


図2: 各実験用マウスガード(歯列模型用)

Mil-MG: 乳歯列期模型用マウスガード (E D C B A | A B C D E 用)
 Mix-MG-R0: 混合歯列期模型用マウスガード (6 E D C 2 1 | 1 2 C D E 6 用)
 Mix-MG-R1: 混合歯列期模型用マウスガード (6 E C 2 1 | 1 2 C E 6 用)
 Mix-MG-R2: 混合歯列期模型用マウスガード (6 E 2 1 | 1 2 E 6 用)
 Mix-MG-R3: 混合歯列期模型用マウスガード (6 2 1 | 1 2 6 用)
 Per-MG: 永久歯列期模型用マウスガード (7 6 5 4 3 2 1 | 1 2 3 4 5 6 7 用)

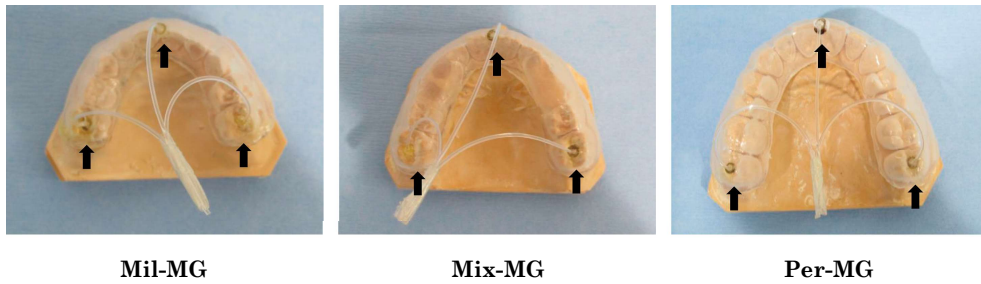


図3：ナイロン糸の装着部位（↑部，歯列模型用マウスガード）

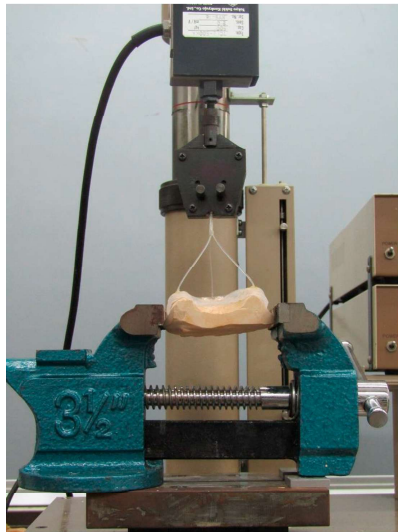


図4：SV-301N型引張圧縮試験機（今田製作所製）に対する試料の装着

で，牽引用治具に対してナイロン糸の挿入を行った（図4）。

そして，この状態にて各試料についての引っ張り試験（室温：23.0℃，クロスヘッドスピード：0.1mm/min）を行い，実験用マウスガードが試料から脱離した瞬間の牽引力（N）を，そのマウスガードの維持力として記録した。

最後に，統計学的検討として，前記方法で得ら

れたデータに対して，Kruskal-Wallis 検定と，Dunnnett T3を用いた多重比較を実施した。

2. 実験2

実験2として，乳歯と永久歯での歯の形態の違いが，マウスガードの維持力に対して及ぼす影響についての検討を行うこととした。

1) 試料の作製

試料の作製に供する目的で，上顎左側第二乳白歯，上顎左側第二小白歯，上顎左側第一大白歯のレジン歯（すべてニッシン社製，東京，図5）を用意した。

そして，印象用トレーには回転トレー・一歯用（小山田製作所社製，新潟）を使用し，その他については実験1と同様の材料と方法で印象採得および陰型に対する石膏填入を行い，それぞれのレジン歯についての石膏模型を作製して，これを試料とした。

2) 実験用マウスガードの作製

実験1と同様のマウスガード材，方法で，上顎左側第二乳白歯用，上顎左側第二小白歯用，上顎左側第一大白歯用のマウスガードをそれぞれ15個作製した（図6）。



上顎左側第二乳白歯

上顎左側第二小白歯

上顎左側第一大白歯

図5：試料作製に供したレジン歯（すべてニッシン社製）

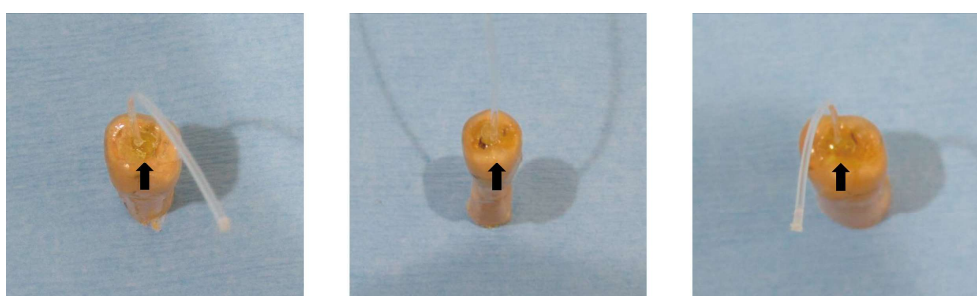


ULE-MG

UL5-MG

UL6-MG

図6: 各実験用マウスガード (レジン歯用)
 ULE-MG: 上顎左側第二乳臼歯用マウスガード
 UL5-MG: 上顎左側第二小白歯用マウスガード
 UL6-MG: 上顎左側第一大臼歯用マウスガード



ULE-MG

UL5-MG

UL6-MG

図7: ナイロン糸の装着部位 (↑部, レジン歯用マウスガード)

そして、引っ張り試験に供する事ができるように、30号 ($\phi 0.910\text{mm}$) のナイロン糸 (ユタカメイク社製, 大阪) を、やはり実験1と同様の方法ですべてのマウスガードに装着し、これを実験2における実験用マウスガードとした。

また、ナイロン糸の装着部位は、上顎左側第二乳臼歯用マウスガード (以後 ULE-MG) では咬合面中央小窩、上顎左側第二小白歯用マウスガード (以後 UL5-MG) では咬合面中央溝中心部、上顎左側第一大臼歯用マウスガード (以後 UL6-MG) では上顎左側第二乳臼歯用マウスガードと同じく咬合面中央小窩とした (図7)。

3) 実験方法

実験1と同様の方法で、作製したすべての実験用マウスガードについて引っ張り試験を行った。しかし、試験中にいくつかのマウスガードにおいて、装着されているナイロン糸の剥離が生じたため、引っ張り試験が完遂され維持力の記録に成功した回数は、ULE-MG および UL5-MG が11回、UL6-MG が13回であった。

また、得られたデータに対する統計学的検討として、Kruskal-Wallis 検定を実施した。

なお、本実験研究に関して開示すべき利益相反はない。

結 果

1. 実験1

図8に、実験1における各実験用マウスガードの維持力の成績を示した。なお、この図は、各実験用マウスガード30個の試験成績について総合して表したものである。その最小値は、Mil-MGが1N, Mix-MG-R0が2N, Mix-MG-R1が2N, Mix-MG-R2が1N, Mix-MG-R3が1N, Per-MGが4Nであった。同様に、その最大値は、Mil-MGが3N, Mix-MG-R0が5N, Mix-MG-R1が4N, Mix-MG-R2が4N, Mix-MG-R3が4N, Per-MGが10Nであった。また、中央値については、Mil-MGが2N, Mix-MG-R0が3N, Mix-MG-R1が3N, Mix-MG-R2が3N, Mix-

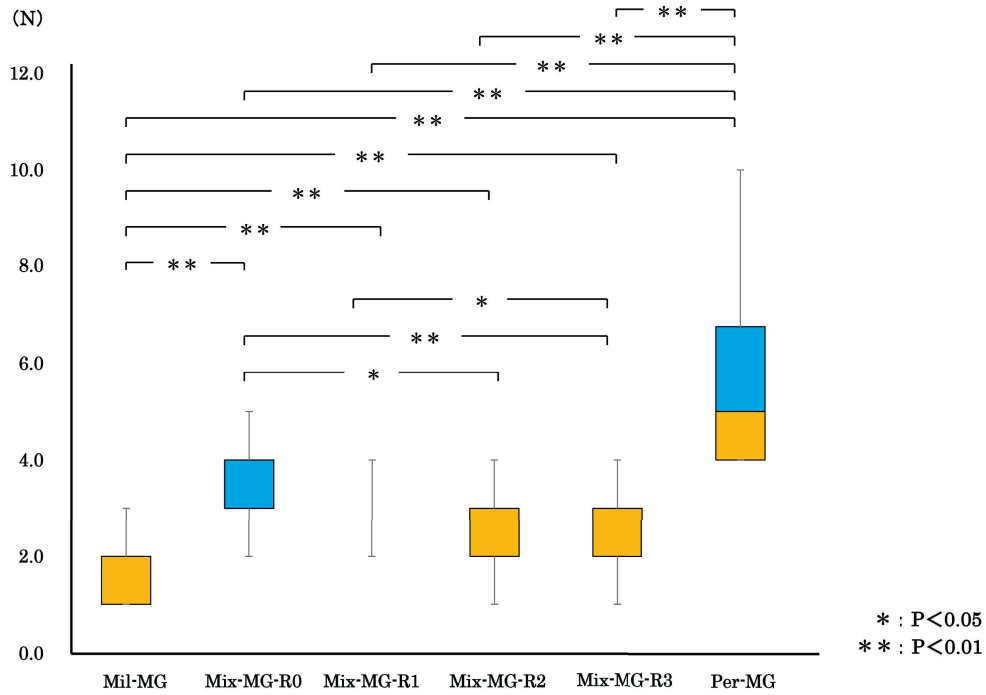


図8：各菌列模型用マウスガードの維持力

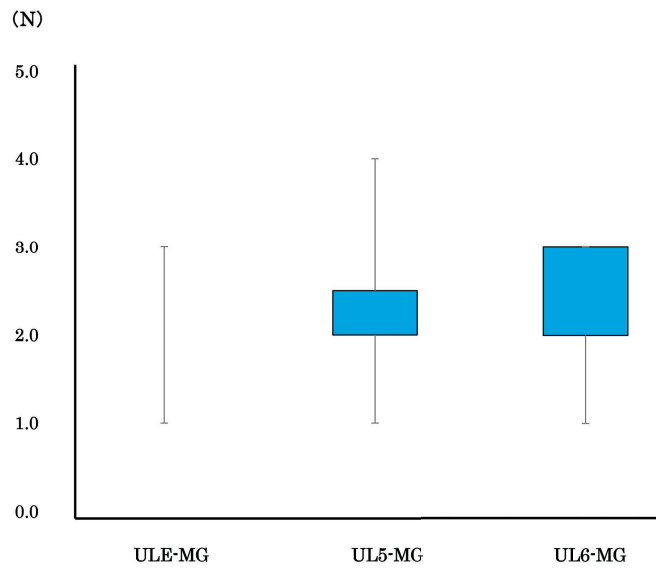


図9：各レジジン菌用マウスガードの維持力

MG-R3が3N, Per-MGが5Nとなった。

また、統計学的検討の結果から、Per-MGは他のすべての実験用マウスガードよりも有意に維持力が高いことが明らかとなった。逆に、Mil-MGは、他のすべての実験用マウスガードよりも有意に維持力が低い結果であった。混合菌列期実験用マウスガードでは、Mix-MG-R0は、Mix-MG-R1以外の混合菌列期実験用マウスガードよりも有意に維持力が高く、Mix-MG-R1では、

Mix-MG-R3よりも有意に維持力が高い結果であった。また、Mix-MG-R2とMix-MG-R3において、他の混合菌列期実験用マウスガードよりも有意に維持力が高くなる結果は生じなかった。

2. 実験2

図9に、実験2における各実験用マウスガードの維持力の試験成績を示した。この図も、各実験用マウスガードの成績について総合して表したも

のであり (ULE-MG: 11個, UL5-MG: 11個, UL6-MG: 13個), その最小値は, ULE-MG, UL5-MG, UL6-MG のいずれにおいても1Nであった。最大値については, ULE-MG が3N, UL5-MG が4N, UL6-MG が3Nであった。また, 中央値については, ULE-MG, UL5-MG, UL6-MG のいずれにおいても2Nであった。

次に, これらについての統計学的検討を行ったところ, ULE-MG, UL5-MG, UL6-MG のいずれの間にも有意差は認められなかった。

考 察

マウスガードは, 特に近年になり, 顎口腔外傷の予防・軽症化を主な目的として, 多くのスポーツで用いられるようになってきており, ボクシング, キックボクシング, アメリカンフットボールといった競技においては, その装着が既に義務化されている³⁸⁾。また, 他の競技においても装着することが推奨されたり, 今後の義務化が検討されたりしているため, ますますその普及は進むものと予測される。このことは, ジュニア世代の選手達においても同様と考えられ, 実際, 多くの専門家が, 小児期においてもスポーツ活動の際にはマウスガードを装着するよう推奨している³¹⁻³³⁾。

選手達が, マウスガードの装着を受け入れる条件としては, いくつかの点が考えられ, 外傷予防効果, 呼吸や発音に対する影響, 耐久性, 価格, デザインなどがその例であるが, 維持力もその中に含まれ³⁶⁾, これが備わっていないマウスガードは, 装着感の低下や, それに起因するスポーツパフォーマンスの低下をも惹起する恐れがある。また, その影響は, マウスガードの使用が初めてであることが多い小児で, 特に大きいものとなるであろう。さらに, 低年齢の小児においては, 誤飲につながる可能性も考えられ³⁹⁾, これは, それ本来の使用目的とは, まったく相反するものである。

以上より, 維持力が, マウスガードが具備すべき必須の条件であることは言うまでもなく, 小児がそれを使用する際には, さらにその重要性が高まるものと考えらるべきであろう。ところが, 小児に対してもマウスガードの使用が推奨されているにもかかわらず, その必須条件である維持力と, 小児期に限り特徴的に認められる, 成長・発育に

伴う歯列状態の変化とについて, その両者の関連性は現在まで明確になっていない。

そこで, 本研究は, 成長・発育に伴う歯列状態の変化がマウスガードの維持力に及ぼす影響を, できる限り明らかにすることを目的とした。まず初めに, 実験1として, 乳歯列期→混合歯列期→永久歯列期と進む歯列状態の変化が, マウスガードの維持力に対して及ぼす影響について検討を行うこととした。次に, 実験2として, 乳歯と永久歯での歯の形態の違いが, マウスガードの維持力に対して及ぼす影響についても検討することとした。

1. 実験1について

実験1においては, まずPer-MGが他のすべての実験用マウスガードよりも有意に維持力が高い結果となった。このことから, マウスガードを装着した際に, 成人や中切歯～第二大臼歯までが完全萌出している小児に比べると, 乳歯列期の小児および混合歯列期の小児において, その維持力が低くなることが示唆された。すでに記した通り, 維持力の不十分なマウスガードは, 装着感の低下, スポーツパフォーマンスの低下, 誤飲などの原因になると考えられる。また, これらが誘因となって, マウスガード自体の不使用といった結果もたらされることもあるであろう³⁶⁾。よって, マウスガードの不使用による顎口腔外傷の発生や誤飲などといったスポーツ時における事故を防止するために, 乳歯列期の小児や混合歯列期の小児に対してマウスガードを作製する際には, 維持力向上のための配慮が必要になると言える。具体的には, 正確な印象採得および石膏模型からの気泡の除去, マウスガードの設計時に外形を大きくする, 加圧型成型器によるマウスガード材の圧接, 吸引型成型器にて作製する場合には石膏模型口蓋部を削除する, 同様に吸引型成型器にて作製する場合, マウスガードシートの加熱時に途中でシートを反転させる, 最終仕上げの際にシリコンシートを用いてマウスガード辺縁を圧接する, などがその方法としてあげられる。これらはすべてマウスガードの維持力を高める効果があるが, 「マウスガードの設計時に外形を大きくする」については, 外形を大きくする程, 装着感は低下することが考えられるため⁴⁰⁾, 小児期におけるマウ

スガードの適切なデザインについては、維持力以外の観点からの検討も必要であろう。また、この実験結果から、乳歯列期の小児や混合歯列期の小児がマウスガードを使用する際、歯科医師による頻回な適合状態のチェックがいかに大切なものであるかについて、その重要性があらためて示されたと言える。歯科医師のチェックにより、必要な維持力を有していないと判断されたマウスガードについては、スポーツ中の事故を招来する前に、適切な調整がなされるべきであろう。そして、調整による必要な維持力の確保が困難なものは、再作製の対象であると言える。よって、乳歯列期の小児および混合歯列期の小児にマウスガードを提供する際には、小児本人と保護者に対して、作製したマウスガードの長期間の使用は困難であること、一定期間使用の後に再印象や再作製が必要となることなどについて、事前に十分に説明をすべきである。

次に、Mix-MGにおける維持力を比較すると、図8に示すマウスガード間において有意差が生じ、リリースの歯数が多くなるに従い、その維持力は低くなる傾向が認められた。混合歯列期の小児にマウスガードを作製する際は、交換期の乳歯、先行乳歯脱落后、その後続永久歯が未萌出となっている部位や萌出途上となっている部位に関しては、マウスガードシートの圧接前に、その部位をリリースすることが推奨されており^{32,33,37}、本実験もそれに倣ってマウスガードの作製を行った。その結果、このリリースの歯数が多くなる程、マウスガードの維持力は低下する傾向があるため、リリースの歯数および範囲は必要最小限にすることが重要と言える。ただし、リリースの歯数および範囲を少なくするほど、歯の交換による不適合部は生じやすくなることから、どうしてもマウスガードの使用可能期間は短くなってしまふ。この観点からも、やはり混合歯列期の小児にマウスガードを提供する際は、長期使用が困難な旨を十分に説明することがいかに大切であるかが分かる。また、歯の交換には個人差や性差があることから³⁵、不必要なリリースを避けるためには、マウスガード作製の前にパノラマエックス線写真撮影を実施し、それぞれの乳歯について交換時期の評価を行った上で、リリース部位を決定するといった方法も有効であると考えられる。

最後に、Mil-MGについてであるが、これに関しては、他のすべての実験用マウスガードよりも有意に維持力が低い結果となった。乳歯列期用マウスガードを使用する小児は5～6歳以下が想定されるため、誤飲に対する配慮が特に必要であると考えられる²⁴。本実験の結果とマウスガード使用者の年齢を考慮すると、誤飲防止のための方策としては、保護者やスポーツ指導者など周囲の大人達によるマウスガード装着状態のチェックが何よりも重要になると言える。適切なポジションに装着されていない乳歯列期用マウスガードは、非常に脱離しやすいと考えられることを、マウスガード提供時に保護者もしくはスポーツ指導者に十分に説明を行い、周囲の大人達による装着状態のチェックを促すべきであろう。また、当然ながら、使用により適合不良部が生じた乳歯列期用マウスガードは、早期に新調すべきである。そして、今後は、本実験結果と乳歯列期小児におけるスポーツ外傷（特に顎口腔外傷）の発生頻度や発生状況について総合的な分析がなされ、推奨されるマウスガードの使用開始年齢についての提言がなされると非常に有意義であり、本報告がその一助となるのであれば幸いである。

2. 実験2について

実験2においては、ULE-MG, UL5-MG, UL6-MGのいずれの間にも有意差は認められなかった。上顎乳歯と上顎永久歯の歯冠外形を比較した場合、上顎乳前歯の歯冠外形はその後続永久歯に類似している。同じく、上顎第一乳臼歯の歯冠外形も、その後続永久歯である上顎第一小臼歯に比較的類似している⁴¹。唯一、大きく異なるのは、上顎第二乳臼歯であり、これは後続永久歯の上顎第二小臼歯ではなく、加生歯である上顎第一大臼歯に類似している。つまり、上顎歯列における歯の交換が進む中で、最も歯冠外形の変化が生じる部位が上顎第二乳臼歯部ということになる。本実験では、この部位における比較、つまりULE-MGとUL5-MGの比較で有意差が認められなかったため、乳歯と永久歯での外形の違いによりマウスガードの維持力に差が生じることはないであろうと考えられた。

また、歯冠外形が類似している乳歯と永久歯でも、当然ながらその大きさは異なる。本実験で

は、この歯冠外形は類似しているが大きさは異なるという条件、つまり ULE-MG と UL6-MG についても比較を行った。その結果、この両者の間にも有意差は認められなかったため、歯冠外形が類似している乳歯と永久歯においては、大きさの違いからマウスガードの維持力に差が生じることはないであろうと推察された。

以上より、乳歯列期→混合歯列期→永久歯列期と歯列状態の変化が進む過程において、歯の交換により生じる、乳歯と永久歯の外形の違いからマウスガードの維持力に差は生じないであろうこと、同様に乳歯と永久歯の大きさの違いからもマウスガードの維持力に差は生じないであろうことから、歯の交換という要素がマウスガードの維持力に与える影響はないものと考えられる。よって、実験1において認められた有意差は、マウスガードによる被覆歯数の違いとリリースの有無が、その大きな要因になっているものと思われる。より端的に表現するならば、マウスガードによる被覆面積の違いということになるであろう。よって、この実験2の結果からも、すでに実験1についての考察で述べた、「マウスガードの設計時に外形を大きくする」と「リリースの歯数および範囲を必要最小限にする」が、マウスガードの維持力向上に有効であることが分かる。また、当然ながら、ULE-MG、UL5-MG、UL6-MGの間にもそれぞれ被覆面積の違いは生じるが、1歯のみに対して作製した、実験1のものよりもはるかに小さいマウスガードであることから、その影響により有意差が認められるには至らないのであろうと推察される。今後は、本実験結果を踏まえた上で、歯列模型以外の方法による維持力の計測、小児が実際にマウスガードを装着した際に不快感を誘発する因子などについての追加検討を行い、現在まで明確な根拠をもって示されていない乳歯列期小児と混合歯列期小児における適切なマウスガードのデザイン⁴²⁾の提言に繋げていきたいと考えている。

また、全く同様の実験条件ではないため単純比較はできないものの、同じく牽引実験にてマウスガードの維持力を計測した研究として、桑原ら⁴³⁾の報告がある。これはマウスガード材の違いや、作製時のラミネートの有無が、永久歯列期用マウ

スガードの維持力に与える影響について検討したものである。その中で桑原らは、形状記憶プラスチックを用いて作製したマウスガードの維持力が有意に高くなり、その維持力は3.5kgf程度としている。また、ラミネートの有無に関しては、3重ラミネートタイプのマウスガードが、通常の1層構造のマウスガードよりも有意に維持力が高くなるとしている。そして、その維持力は3重ラミネートタイプのマウスガードで2.5kgf程度、1層構造のマウスガードで1.7kgf程度と報告されている。これらの結果と本実験（実験に使用したマウスガードはすべて1層構造）の結果を比較すると、本実験における Per-MG の中央値は5N、最大値でも10Nであり（1kgf=9.80665N）、桑原らの報告よりも低い値となっている。この違いの最大の要因は、本実験が吸引型成型器にてマウスガードを作製したのに対し、桑原らは加圧吸引型成型器を用いていることにあるものと考えられる。桑原らが使用した加圧吸引型成型器は、最大6気圧での圧接が可能であり、これは本実験に用いた吸引型成型器の約6倍の圧接力である³⁷⁾。このことから、マウスガードの維持力を向上させる手段として「加圧型成型器によるマウスガード材の圧接」が有効な方法であることが分かる。さらに、桑原らの結果から、ラミネートを行うとマウスガードの維持力は向上することになるが、その反面、装着感は低下するものと考えられ⁴⁰⁾、特に3重ラミネートタイプのマウスガードを小児が容易に受け入れられるのかについては、十分な検討が必要であろう。さらに、Mix-MG、Mil-MGとも比較すると、Mix-MGの中央値はいずれも3N、最大値は4~5Nであり、Mil-MGでは中央値が2N、最大値が3Nであることから、桑原らが作製した通常の1層構造マウスガードと比べ、これらは約1/8~1/5程度の維持力ということになる。マウスガードにどの程度の維持力が必要とされるのかについては、現在のところ明確な根拠をもっては示されていない。しかし、本実験において作製した Mix-MG、Mil-MG の維持力が、桑原らが作製した通常の1層構造マウスガードよりもこれほど大きく維持力が低下していることを考慮すると、やはり乳歯列期の小児や混合歯列期の小児に対してマウスガードを提供する際には、それを向上させるための工夫が重要になると言える

だろう。本実験結果、およびこの桑原らの報告との比較から、今後その重要性が広く認識され、より維持力の高いマウスガードが小児に提供されることが望まれる。

そして、最後に付け加えるべき課題として、本実験が既製の歯列模型やレジン歯を実験材料としている点がある。本実験は、現在まで詳細な報告がなされていない、小児期の成長・発育に伴って生じる歯列状態の変化が、マウスガードの維持力に対して及ぼす影響についての基礎的検討を目的として行った。それにより、得られた結果から、すでに記した通りの考察を加えることで、一定程度の役割を果たせたものと考えている。しかしながら、あくまでもこれは既製の歯列模型やレジン歯を実験材料としての結果に対するものであり、今後は次のステップとして、より実際の生体に近い状態での検討が必要である。小児被験者の協力を仰ぎ、可能であればその口腔内に装着したマウスガードに対して維持力の計測を行うことができれば、より臨床的価値のある考察が加えられるであろう。まずは、その実験方法の立案・構築について、今後も継続して取り組んでいく所存である。

本研究の成果として、スポーツに参加する子供達が、現在より安全で楽しく健康的に、それぞれのスポーツライフやその後の生涯を有意義で充実したものとしてできるように、現在のものよりも維持力に優れ、不快感の少ない、小児にとって受け入れやすいマウスガードのデザインや作製方法が考案され、さらにはそれが普及していくことにつながれば、このような研究に携わったものとして喜ばしい限りである。

結 論

小児期の成長・発育に伴って生じる歯列状態の変化が、マウスガードの維持力に対してどのような影響を及ぼすのかについて検討を行い、以下の結論を得た。

1. Per-MG は、他のすべての歯列模型実験用マウスガードよりも有意に維持力が高い結果となった。
2. Mil-MG は、他のすべての歯列模型実験用マウスガードよりも有意に維持力が低い結果となった。

3. Mix-MG では、リリーフの歯数が多くなるに従い、その維持力は低くなる傾向が認められた。

4. 乳歯と永久歯での歯の形態の違いが、マウスガードの維持力に対して及ぼす影響に関しては、ULE-MG, UL5-MG, UL6-MG のいずれの間にも有意差が認められなかった。

以上の結果から、マウスガードを装着した際に、成人や中切歯～第二大臼歯までが完全萌出している小児に比べると、乳歯列期の小児および混合歯列期の小児では、その維持力が低くなることが示唆された。また、その最も大きな要因は、マウスガードによる被覆面積の違いであると考えられた。

文 献

- 1) 小西正光, 小野ツルコ (2001) 「健康日本21」を指標とした健康調査と保健支援活動, 1 版, 47-58, ライフ・サイエンス・センター, 神奈川.
- 2) 石島 勉, 山口敏樹, 月村雅史, 平井敏博, 武田秀勝 (1991) マウスガードの使用とその外傷予防効果—北海道学生アメリカンフットボール選手における調査—. 東日本歯学雑誌 10:23-32.
- 3) 武田友孝, 石上恵一, 月村直樹, 島田 淳, 太見義寿, 豊嶋建広, 大木一三 (1995) 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究—ボクシングのパンチ力に対するマウスプロテクターの効果—. 臨床スポーツ医学 12:261-70.
- 4) 武田友孝, 月村直樹, 島田 淳, 石上恵一, 太見義寿, 大木一三, 豊嶋建広 (1996) 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究—ボクシングのパンチ力に対するマウスプロテクターの効果 (その2) —. 臨床スポーツ医学 13:1152-60.
- 5) 月村直樹, 武田友孝, 小川 透, 中島一憲, 内藤薫, 黒川勝英, 島田 淳, 石上恵一, 富田貴志, 石上友彦 (2004) マウスガードの衝撃吸収能について. 日大歯学 78:115-20.
- 6) 正村正仁 (2007) マウスガードの歯および歯周組織への効果. 松本歯学 33:255-68.
- 7) 山本鉄雄 (1989) マウスプロテクターの機能に関する研究 第1報 衝撃吸収試験からの考察. 鶴見歯学 15:335-42.
- 8) 石島 勉, 月村雅史, 山口敏樹, 越野 寿, 平井敏博, 平沼謙二 (1992) カスタムメイド・マウスガード材料に関する基礎的研究 第2報 衝撃吸収能について. 補綴誌 36:361-6.
- 9) 前田守隆 (1994) マウスプロテクターに関する研究—ポリオレフィン系材の物性について—. 補綴誌 38:372-82.

- 10) Bishop BM, Davies EH and von Fraunhofer JA (1985) Materials for mouth protectors. *J Prosthet Dent* **53** : 256-61.
- 11) Park JB, Shaull KL, Overton B and Donly KJ (1994) Improving mouth guards. *J Prosthet Dent* **72** : 373-80.
- 12) Going RE, Loehman RE and Ming SC (1974) Mouthguard materials: their physical and mechanical properties. *J Am Dent Assoc* **89** : 132-8.
- 13) Auroy P, Duchatelard P, Zmantar NE and Hennequin M (1996) Hardness and shock absorption of silicone rubber for mouth guards. *J Prosthet Dent* **75** : 463-71.
- 14) Craig RG and Godwin WC (2002) Properties of athletic mouth protectors and materials. *J Oral Rehabil* **29** : 146-50.
- 15) Low D, Sumii T, Swain MV, Ishigami K and Takeda T (2002) Instrumented indentation characterization of mouth-guard materials. *Dent Mater* **18** : 211-5.
- 16) 森井秀男 (1998) マウスプロテクターに関する研究—歯に対する衝撃吸収能について—. *日大歯学* **72** : 331-8.
- 17) Takeda T, Ishigami K, Hoshina S, Ogawa T, Handa J, Nakajima K, Shimada A, Nakajima T and Regner CW (2005) Can mouthguards prevent mandibular bone fractures and concussions? A laboratory study with an artificial skull model. *Dent Traumatol* **21** : 134-40.
- 18) Johnston T and Messer LB (1996) An in vitro study of the efficacy of mouthguard protection for dentoalveolar injuries in deciduous and mixed dentitions. *Endod Dent Traumatol* **12** : 277-85.
- 19) Hickey JC, Morris AL, Carlson LD and Seward TE (1967) The relation of mouth protectors to cranial pressure and deformation. *J Am Dent Assoc* **74** : 735-40.
- 20) Godwin WC and Craig RG (1968) Stress transmitted through mouth protectors. *J Am Dent Assoc* **77** : 1316-20.
- 21) de Wet FA, Heyns M and Pretorius J (1999) Shock absorption potential of different mouth guard materials. *J Prosthet Dent* **82** : 301-6.
- 22) Hoffmann J, Alfter G, Rudolph NK and Goz G (1999) Experimental comparative study of various mouthguards. *Endod Dent Traumatol* **15** : 157-63.
- 23) Bemelmans P and Pfeiffer P (2001) Shock Absorption Capacities of Mouthguards in Different Types and Thickness. *Int J Sports Med* **22** : 149-53.
- 24) 石島 勉, 平井敏博, 市岡典篤 (1992) マウスガードによるスポーツ外傷・スポーツ障害の予防. *歯科ジャーナル* **36** : 517-24.
- 25) 森田正浩, 白土雄司 (1999) アイスホッケー選手における口腔・顎・顔面領域のスポーツ外傷. *スポーツ歯誌* **2** : 41-7.
- 26) 宇野清博, 畑 秀一, 近藤 拓, 与那覇朝路, 川辺貴徳 (2001) 高校ラグビー選手のマウスガードに関する調査. *スポーツ歯誌* **4** : 7-14.
- 27) 石上恵一, 武田友孝 (2003) マウスガードによる歯の防護の科学的根拠. *臨床スポーツ医学* **20** : 1373-7.
- 28) 竹内正敏, 前田芳信, 山田純子 (2004) モトクロス競技へのデンタルサポート. *スポーツ歯誌* **7** : 65-70.
- 29) 武田友孝, 黒川勝英, 内藤 薫, 奈良和彦, 蛭川雅晴, 宮島至郎, 正村正仁, 半田 潤, 川村慎太郎, 小島一郎, 澁澤真美, 小川 透, 中島一憲, 島田 淳, 石上恵一 (2005) 噛みしめ時の歯のひずみに対するマウスガードの効果. *補綴誌* **49** : 608-16.
- 30) 正村正仁, 武田友孝, 中島一憲, 黒川勝英, 川村慎太郎, 宮沢裕夫, 石上恵一 (2006) 高校生サッカー部員に対するマウスガードに関するアンケート調査. *スポーツ歯誌* **9** : 7-12.
- 31) 柿原秀年, 飯沼光生, 広瀬永康, 杉本勘太, 田村康夫 (2002) 空手スポーツ少年団における外傷とマウスガードに関する調査. *小児歯誌* **40** : 475-84.
- 32) 大山喬史, 河野一郎, 安井利一 (2007) スポーツ歯科臨床マニュアル, 1版, 84-9, 医学情報社, 東京.
- 33) 上野俊明, 木本一成, 鈴木浩司, 武田友孝, 前田芳信, 松本 勝, 安井利一 (2020) 要説 スポーツ歯科医学, 2版, 81-3, 医学情報社, 東京.
- 34) 森川昭廣, 内山 聖, 原 寿郎 (2006) 標準小児科学, 6版, 1-12, 医学書院, 東京.
- 35) 高木裕三, 田村康夫, 井上美津子, 白川哲夫 (2011) 小児歯科学, 4版, 84-100, 医歯薬出版, 東京.
- 36) 石島 勉, 平沼謙二 (1990) マウスガードからみたスポーツ歯学に対する考え方. *歯界展望* **75** : 935-51.
- 37) 石上恵一, 武田友孝, 中島一憲 (2014) カスタムメイドタイプ新マウスガードのつくり方, 1版, 141, 医歯薬出版, 東京.
- 38) 前田芳信 (2000) 各種競技におけるマウスガード装着義務. *スポーツ歯誌* **3** : 63-6.
- 39) Ishibashi J and Takeuchi M (2017) Accidental Ingestion of Mouthguards. *Int J Sports Dent* **10** : 12-21.
- 40) 佐藤華子, 米畑有理, 前田芳信, 菅原久留美 (2001) マウスガードのデザインと装着感について

- て. スポーツ歯誌 4: 24-7.
- 41) 前田隆秀, 朝田芳信, 大須賀直人, 尾崎正雄, 清水武彦, 正村正仁, 田中光郎, 福田 理, 宮沢裕夫, 渡部 茂 (2015) 小児の口腔科学, 3版, 81-6, 学建書院, 東京.
- 42) 安藤貴則, 武田友孝, 宮澤 慶, 中禮 宏, 渡邊愛斗, 町 博之, 大野かをる, 高柳 博, 植木公一, 村松仁志 (2015) 2014年度 日本スポーツ歯科医学会が提唱する標準的で適切に製作されたマウスガードのコンセンサスワーキンググループ1: マウスガードの印象, 模型製作, デザイン (外形線, 厚み, スポーツの種類). スポーツ歯誌 18: 72-6.
- 43) 桑原茂久, 杉本勘太, 飯沼光生, 田村康夫 (2014) 形状記憶プラスチックを用いたマウスガードの適合性および有効性. 岐歯学誌 40: 241-51.