

原 著

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

桑原茂久¹⁾ 杉本勘太²⁾ 飯沼光生³⁾ 田村康夫³⁾

Fitness and Effectiveness of Mouth Guard Reinforced
with Shape-Memory Plastic

SHIGEHISA KUWABARA, KANTA SUGIMOTO, MITSUO INUMA and YASUO TAMURA

形状記憶プラスチックをマウスガード (MG) の一部に応用して MG を作製し、その適合性と耐久性および衝撃吸収能について検討した。MG には、コントロールとしての MG なし、形状記憶プラスチックを用いた SMP-MG、ラミネート 3 重の MG3、通常の 1 層の MG1 の 3 種類の MG を使用した。

MG 装着時の維持力を測定した結果、SMP-MG は平均 3.5kgf であったのに対して MG3 は平均 2.5kgf であり、SMP-MG、MG3、MG1 の順に、維持力は有意に小さくなっていった ($p < 0.001$)。また MG3 は回を重ねる毎に維持力が有意に低下するのに対して、SMP-MG の維持力低下は認められなかった ($p < 0.001$)。

復元性について変形量と変動係数で評価した結果、犬歯間と臼歯間の距離の変形量は SMP-MG が有意に小さく ($p < 0.001$)、また変動係数も SMP-MG が有意に小さい変動値を示した ($p < 0.001$)。この結果から、同じ 3 層の MG でも形状記憶プラスチックを介した方が安定し、復元性も高いことが明らかとなった。

歯槽骨のひずみは、MG なし、MG3、SMP-MG の順で小さくなっていった。また SMP-MG は MG3 と比較してほとんどの計測部位で衝撃が有意に低下していた ($p < 0.001$)。この結果から形状記憶プラスチックを用いた MG の方が、衝撃吸収能が高いことが明らかとなった。

以上のことから、形状記憶プラスチックを応用した MG は、従来のラミネートタイプ MG と比較すると、適合性がよく維持力に優れ、また高い衝撃吸収効果が得られ、長期間の使用に対しても変形がしにくいことが明らかになり、臨床応用への有効性が認められた。

キーワード：形状記憶プラスチック、マウスガード、適合性、衝撃吸収能、有効性

The purpose of the study was to apply the shape memory plastic to a part of mouth guard (MG) to reinforce function of MG, and to examine the adaptability, durability and shock absorptivity characteristics of the shape memory plastic MG. Three types of MG were used in the experiment. Experimental groups consisted of a single laminate type 'MG1', three laminate type 'MG3' and MG with shape-memory plastic 'SMP-MG' which was applied a layer of shape-memory plastic between two laminates just on the frontal teeth and a control without MG. Following results were obtained.

Retentive strength was significantly high in SMP-MG, and followed by MG3 and MG1 ($p < 0.001$). When examined the relationship between the numbers of times of put on-off MG and the change of retentive strength, the retentive strength of MG3 gradually decreased due to repetitive times of put on-off and the fitness was getting looser by repetitive usage, whereas SMP-MG was keeping the retentive strength ($p < 0.001$).

As results of having evaluated reconstruction or deformation characteristics by measuring between bilateral canine and molar distances, the deformation of SMP-MG was significantly smaller than MG3 ($p < 0.001$). As for the coefficient variation of those distances, SMP-MG showed an average of 1.39 and 0.76% and a signifi-

¹⁾医療法人くわばら歯科医院
京都府宇治市木幡御蔵山39-690

²⁾杉本こども歯科クリニック
京都市西京区桂春日微67-1 グランレブリー桂II

³⁾朝日大学歯学部口腔構造機能発育学講座 小児歯科学分野
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851

¹⁾Kuwabara Dental Clinic

²⁾Sugimoto Dental Clinic for Children

³⁾Department of Pediatric Dentistry, Division of Oral Structure,
Function and Development, Asahi University School of Dentistry
Hozumi 1851, Mizuho, Gifu 501-0296, Japan
(平成25年11月21日受理)

cantly small change level whereas MG3 was an average of 2.65 and 2.37%, respectively ($p < 0.001$).

The distortion of the alveolar bone was significantly decreased in order of 'without MG', MG3 and SMP-MG. The distortion for SMP-MG was significantly lower in all measurement sites ($p < 0.001$).

In conclusion, SMP-MG was found to be superior in retentive strength, deformation and shock absorbing effects. These advantages could make feasible clinical application of the shape memory plastic in dental traumatology and children.

Key words: shape memory plastic, mouth guard, adaptability, shock absorptivity, effectiveness

緒 言

顎口腔領域へのスポーツ外傷の割合は比較的高く、また歯や顎顔面への外傷が、歯の破折や軟組織裂傷のみならず顎骨骨折や脳震盪を引き起こすことも広く知られている。この予防のためにマウスガード装着が推奨されている¹⁻¹³。Ishigamiら⁸、住吉ら^{9,10}はマウスガードを装着することにより未装着と比較し、スポーツ外傷が減少したことを報告し、小児においても柿原ら¹¹、田村⁷はマウスガードの必要性を指摘している。さらに石上ら^{11,12}は実験的に頭蓋模型を用いてマウスガード装着と未装着の衝撃によるひずみ量を測定し、装着時はひずみが減少したことからマウスガードの重要性を報告した。近年、ボクシングやアメリカンフットボールではマウスガードの装着が義務づけられ、空手、ラグビーフットボール、アイスホッケー等の顎口腔領域への外傷の割合の高いスポーツでも、装着が一部義務づけられるなど、義務化される競技は増加する傾向にある¹³。

そこで、杉本ら⁶は、歯へ衝撃が加わった時の顎骨や顎頭部への衝撃と衝撃の伝播や大きさ、衝撃部位による骨のひずみについて明らかにし、さらに歯槽骨内での衝撃伝播、衝撃吸収能について、2重および3重のラミネートタイプのマウスガードを用いて、その衝撃伝播について検討し、その結果、2重と比較して3重ラミネートはほとんどの計測部位で衝撃が減少する傾向がみられたことを報告している。

しかし、マウスガードは厚みを増すことにより装着感は悪化し、またさらに着脱を繰り返すことで適合性が悪くなり、発音や唾液嚥下の困難性などの欠点も指摘されている^{1,2}。また、小児においては、歯、歯列および顎の成長も考慮し、マウスガードの作製の際は歯の萌出のためのブロックアウトや、装着してからも頻繁な調整が必要とされている^{3,7}。

そこで本研究は、これらの欠点を改善する目的で、マウスガードの一部に形状記憶プラスチックを応用して作製し、マウスガードの適合性、復元性および衝撃吸収能について検討したものである。

対象および方法

本研究のマウスガード(以下MG)には、コントロールとしての「MGなし」と、形状記憶プラスチックを用いたMG(SMP-MG)、ラミネート3重のMG(MG3)、通常の1層MG(MG1)の3種類のMGを使用した。

1. マウスガードの作製

実験に用いた形状記憶プラスチック(Shape Memory Plastic, SMP)は、形状記憶ポリマー、ダイアリーTM(ディアプレックス社製)を使用した。本製品は160℃以上の熱を加えて変形させると、永久変形を起こさせることができ、その後常温、もしくは160℃以内の熱を加えると簡単に変形させることができ、再び60℃程度の湯に浸すと永久変形後の形態に戻る性質を持つ。

3重ラミネートタイプ(エチレン酢酸ビニル樹脂、名南貿易社製)のMG(以下MG3)は、1層目(1mm)は前歯部唇側全面および口蓋側切端のみとし、2層目(1mm)の前歯部は唇側歯頸部から1mm上、口蓋側歯頸部より3mm下、臼歯部の頬側は歯冠部中央の高さ、口蓋側歯頸部より3mm下とした。3層目(2mm)は頬側、口蓋側共に歯頸部から2mm上とした。

SMP-MGは、MG3の1層目の形を形状記憶プラスチックに置き換え、それをさらに2枚のラミネートシートではさみ込むように作製した。

形状記憶プラスチックは0.8mmの厚さで、加圧吸引成形器デュアルフォーマー(大榮歯科産業社製)を用いて、160℃まで過熱して形成し、余剰な部分を削合調整した(図1)。

2. MG適合性の検討

1) 維持力

MGは、長期間使用することで適合性が不良になることが考えられるが、適合性劣化によるその維持力の変化を検討した報告はあまりない。そこで本研究では、MGの構造による維持力の違いを歯列模型上で検討した。実験にはSMP-MG、MG3、1層ラミネートシート(3.8mm, MG1)で作製した3種類のMGを

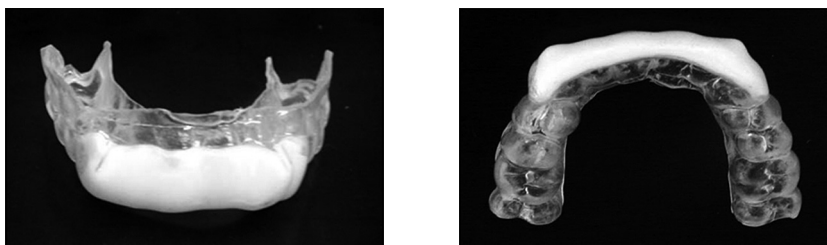


図1 形状記憶プラスチックを用いたマウスガード
左, 前方より 右, 咬合面より

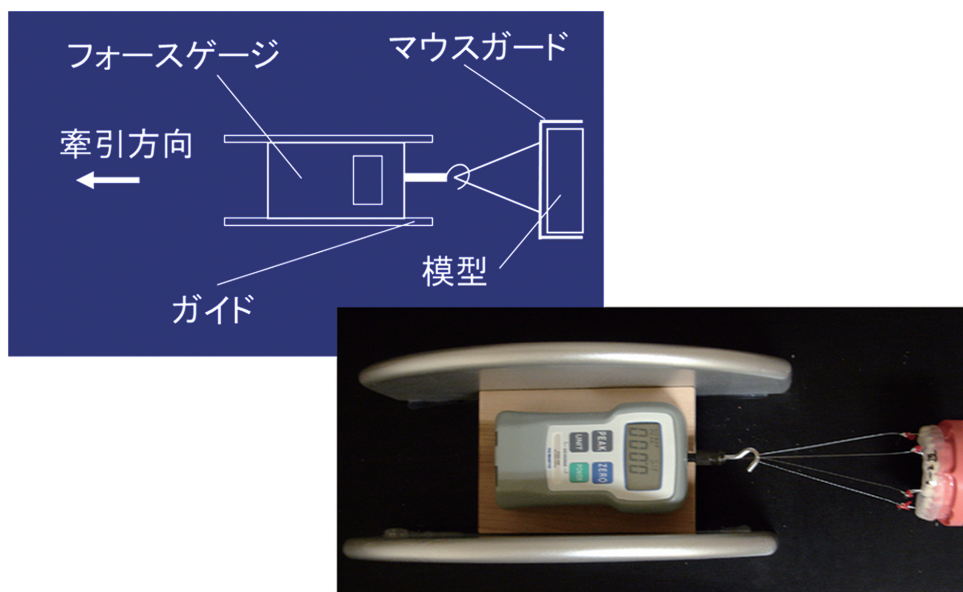


図2 適合計測の概要

使用した。また、3種類のMGは、それぞれ3個ずつ作製し、各々20回ずつ計測した。

MGの維持力計測は、両側側切歯の切端中央および両側第一大臼歯咬合面中央の4点にフックを付け、5kgまで耐えられるナイロン糸を両側の側切歯と第一大臼歯間に付与した。歯列模型を咬合平面と垂直になるように土台となる板にネジ留め固定した。牽引実験はデジタルフォースゲージ (FCG-5B, SHIMPO 社製) を用い、土台上を咬合平面に対して垂直に一定方向にスライドするように滑車およびガイドを付与し、牽引した際MGが模型から脱離した瞬間の牽引力 (kgf) を、維持力とした (図2)。

MGの脱着の回数と適合性の関係については、脱着50回毎に連続した計20回の牽引力の平均を求め、総計320回までの脱着を行い計測した。

2) 復元性

形状記憶プラスチックは変形に対しての復元性をもっている。また、MGの使用時に、外力によりMGが変形することが予想される。そこで、SMP-MGとMG3を用いてそれぞれのMGの耐久性と復元性を検

討した。

すなわち、MGの犬歯部の外側を左右から臼歯の内側が接するまで変形させた状態で鉗子にて2分間固定し変形させ、その後60℃の湯に30秒間浸漬した後に常温まで下がるのを待ち、左右犬歯間と第一大臼歯間の幅径を1/100mmデジタルノギス (Fowler NSK 社製) にて測定した。計測はマウスガード内面の左右犬歯および第一大臼歯の口蓋歯頸部中央部の間の距離を求め、元の状態の距離との差を検討した (図3)。2か所の部位の計測を10回繰り返し、その平均値と標準偏差を求めた。また変動係数でも評価した。

3. 衝撃による骨伝播とひずみ量の測定

従来のMG1とMG3およびSMP-MGを用いて、衝撃伝播について比較検討を行った。

衝撃の測定は、杉本ら⁶⁾の方法に従い、骨および歯に欠損の認められないヒト乾燥頭蓋を実験に用いた。また歯と歯槽窩の間には歯根膜を想定して、歯科用シリコーン印象材 (デュプリコーン, 松風社製) を用いて歯を固定した。乾燥頭蓋を14×30×9cmのスポンジに固定し、歯への衝撃はプラスチック製のレールを

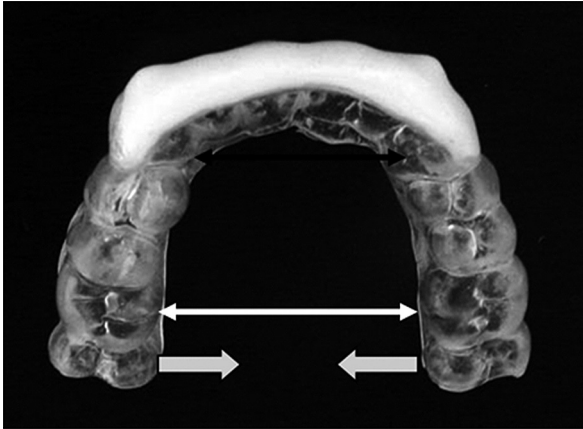


図3 MGの復元性計測

太い矢印は実験の変形方向を示し、細い矢印は計測距離を示す。

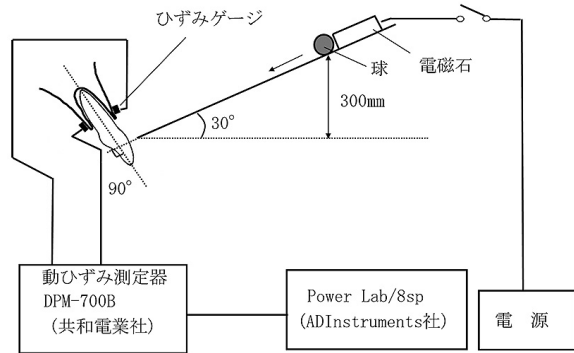


図4 衝撃実験のブロックダイアグラム
衝撃は左側中切歯唇面中央とした。

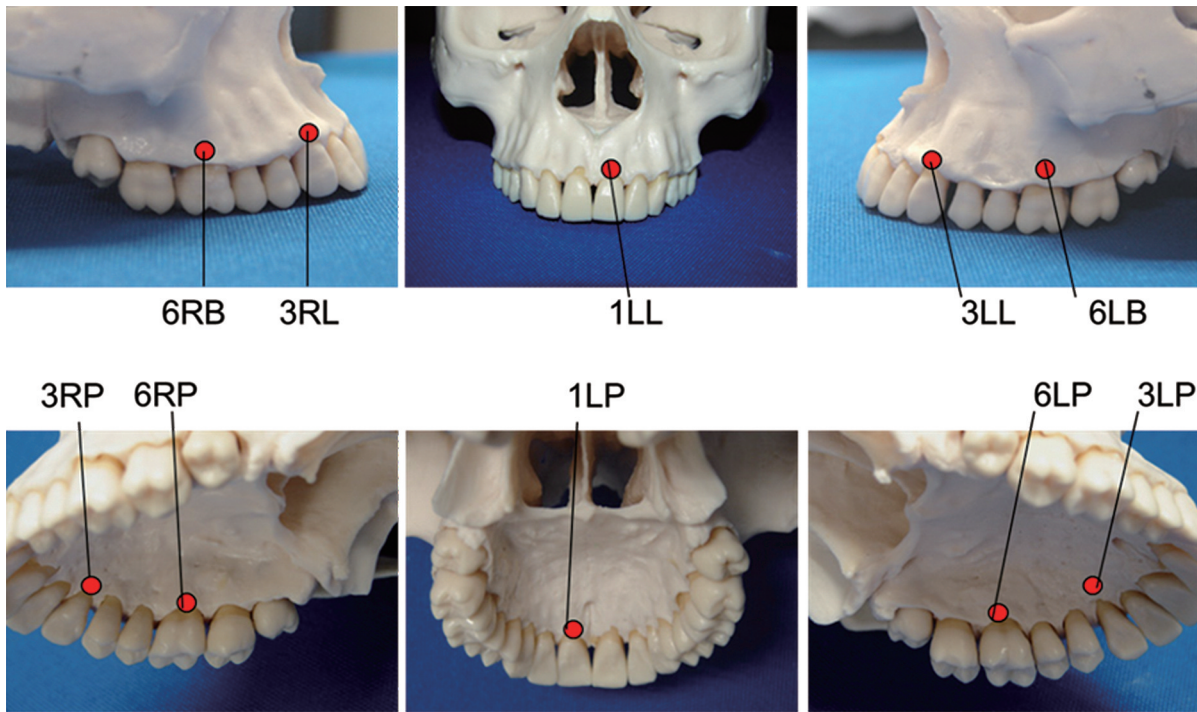


図5 測定部位

用いて、長さ60cm、角度30°の位置から直径11mm、重さ5.47gの鉄球を滑走させ衝突による衝撃を加えた(図4)。衝撃部位は、左側中切歯唇面の近遠心的ならびに上下の中央部とし、唇面に対し垂直的になるようレールを位置させ、鉄球を落下させた。このときの衝撃の大きさは0.23Nであった。球の落下方法は、球を電磁石に接着させ、電磁石の電源を切断することにより滑走開始のタイミングを一定にした。

衝撃の測定部位は、図5に示すように、上顎歯槽骨上の頬(唇)口蓋面の10か所にひずみゲージ(共和電業社製)を接着し、衝撃波として導出・記録した。つ

まり、①上顎左側中切歯唇側歯槽骨頂相当部(1LL)、②口蓋側歯槽骨頂部(1LP)、③④左右犬歯頬側歯槽骨頂部(3LL, 3RL)、⑤⑥口蓋側歯槽骨頂部(3LP, 3RP)、⑦⑧左右第一大臼歯頬側歯槽骨頂部(6LB, 6RB)、⑨⑩口蓋側歯槽骨頂部(6LP, 6RP)である。

ひずみゲージの接着は通法に従って接着部位を清掃し、strain gage cement(共和電業社製)にて接着後、コーティング材(AK-22, 共和電業社製)を用いて防湿処理を行った。

ひずみゲージは動ひずみ測定器(DPM-700B, 共和電業社製)に接続し、球の上顎左側中切歯に対する衝

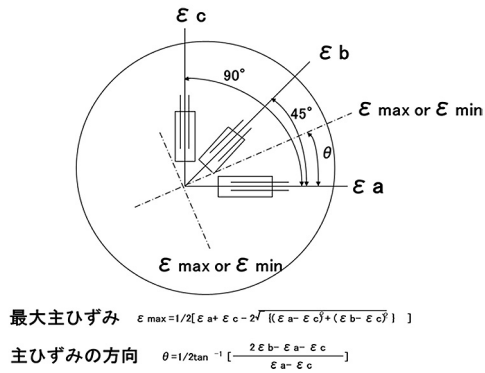


図6 三軸方向ひずみゲージの基本構造

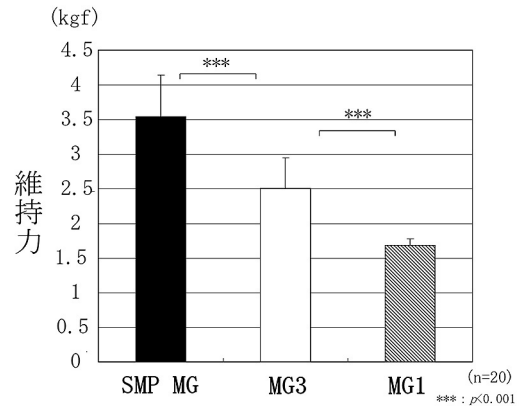


図7 各MGの維持力

撃による顎骨および頭蓋骨のひずみを測定すると共に、測定結果をPower Lab/8SP (ADInstruments社, Australia)にて分析した。

計測は10回行ってその平均値をひずみとし、検定には分散分析およびSheffeの多重比較検定を用いた。

なお使用した三軸方向ひずみゲージは、加えられた力に応じて発生する機械的な微小変化であるひずみを電気信号として検出するものである。三軸それぞれに信号を受け、計算式よりその部位での表面的な最大主ひずみと主ひずみ方向を計測することができる特性を有している(図6)。表示される計測結果において、ひずみのプラスの値は引っ張りの力を、マイナスの値は圧縮の力を示す⁶⁾。

結果

1 MGの適合性

1) MGの維持力

維持力を測定した結果、図7に示すようにSMP-MGは平均3.5kgfであったのに対して、MG3は平均2.5kgfであり、SMP-MG、MG3、MG1の順であった($p < 0.001$)。

またMG3は着脱の回数を重ねる毎に有意に($p < 0.001$)維持力が低下するのに対して、SMP-MGは維持力の低下は認められなかった(図8)。

2) MGの復元性

復元性について犬歯部と臼歯部の変形量で検討した。その結果、図9に示すように、犬歯間の変形量は、SMP-MGが平均 3×10^{-2} mmに対してMG3が平均 6×10^{-2} mmと2倍の差があり、臼歯間ではSMP-MGが平均 2×10^{-2} mmに対してMG3が平均 10×10^{-2} mmと有意にSMP-MGが小さい値を示した($p < 0.001$)。また変動係数で評価した結果、犬歯間と臼歯間の距離の変動係数は、MG3がそれぞれ平均2.65%と2.37%だったのに対し、SMP-MGはそれぞれ平均

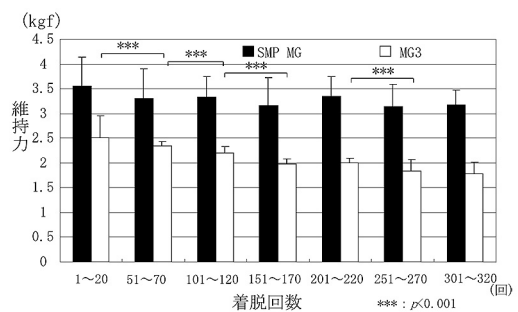


図8 着脱回数による維持力の変化

1.39%と0.76%と、いずれもSMP-MGが有意に小さい変動値を示した($p < 0.001$)。この結果から、形状記憶プラスチックを介したMGの方が安定しており、また復元性も高いことが分かった。

2. 衝撃による骨伝播とひずみ量の結果

歯槽骨のひずみは、MG無しがどの計測点も最も大きく、次いでMG3であり、SMP-MGが最も小さいひずみ量を示した(表1)。

図10に各計測部位におけるひずみ量を示す。左側中切歯唇面に加えられた衝撃は、MG1でみると1LPが最も大きく、次いで1LLと3LLがほぼ同じ大きさの衝撃であり、3LP、3RL、3RPより後方は、衝撃は減弱するが同様の大きさ衝撃であった。また衝撃部位から遠ざかると、ひずみは減少する傾向がみられた。MG1、MG3、SMP-MGの間では有意な差が認められ、SMP-MGはMG3と比較して、すべての計測部位でひずみが低下していた。

そして、衝撃部位から最も離れた右側第一大臼歯の口蓋側(6RP)においては、ひずみはほとんど認められなかった。この結果からSMP-MGが衝撃吸収能も高いことが明らかとなった(図11~図13)。

犬歯間

臼歯間

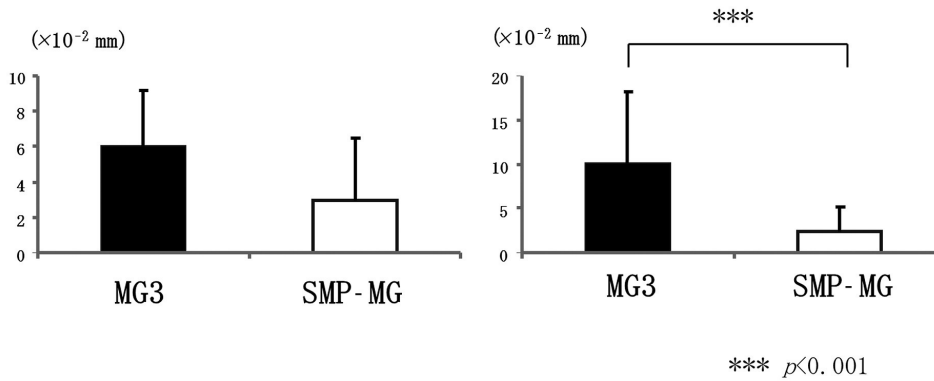
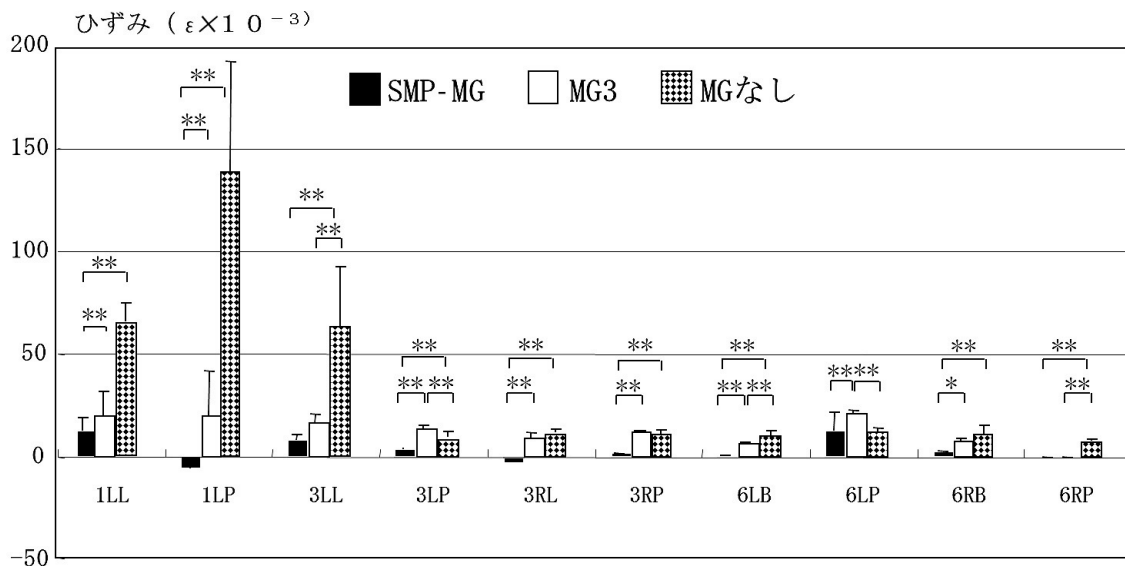


図9 計測部位における変形量

表1 各計測点における最大主ひずみ量

マウスガード	計測部位	1LL	1LP	3LL	3LP	3RL	3RP	6LB	6LP	6RB	6RP
SMP MG	Mean	12.6	-5.2	8.0	3.3	-2.4	1.8	0.5	13.2	2.7	0.0
	SD	6.7	4.3	2.8	0.9	0.5	0.1	0.8	8.5	0.4	0.0
MG3	Mean	20.0	20.1	16.5	13.3	9.4	11.4	6.4	21.0	7.2	0.0
	SD	11.4	21.9	4.1	2.1	2.2	1.6	1.0	1.6	2.2	0.0
MGなし	Mean	64.9	138.1	63.2	8.5	10.5	10.9	9.6	12.0	10.6	7.4
	SD	8.8	54.3	28.3	2.6	2.5	1.4	3.3	1.5	4.9	1.0
ANOVA		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** : $p < 0.01$



* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (n=10)

図10 各計測部位におけるひずみの比較

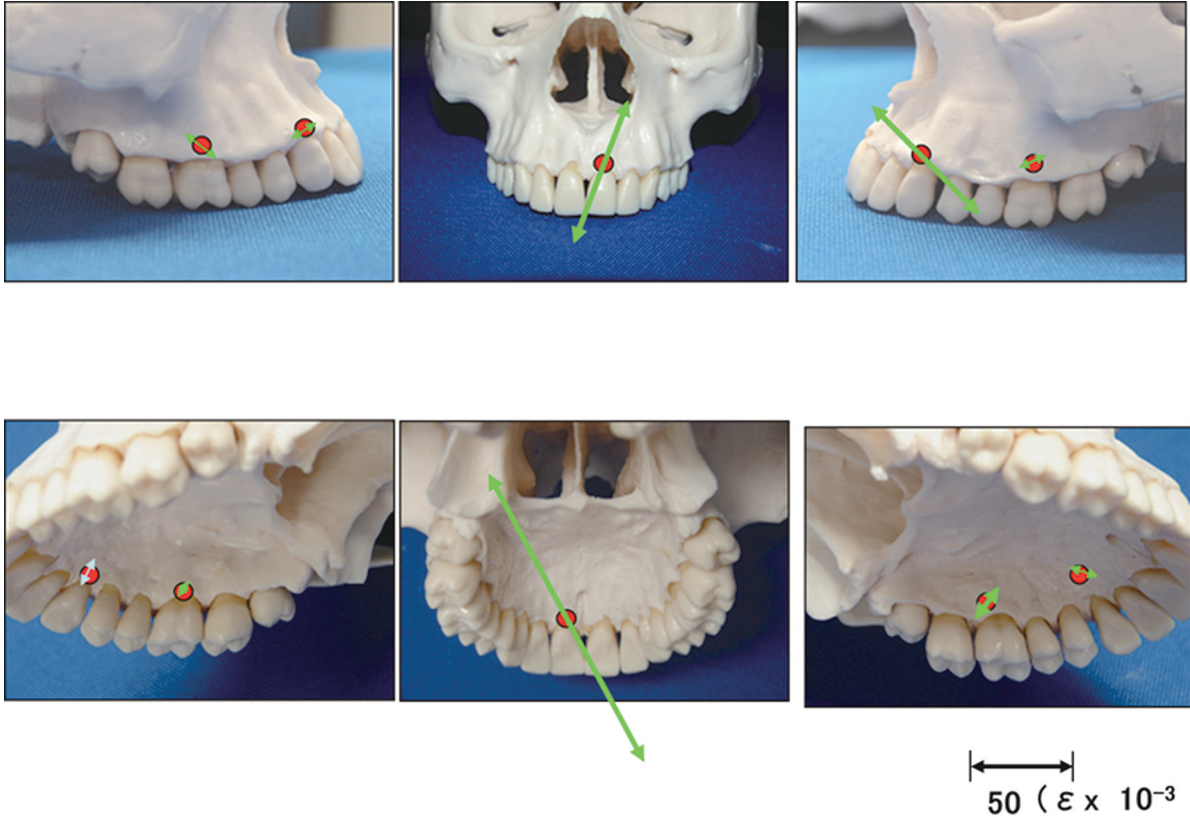


図11 MGなしのひずみベクトル

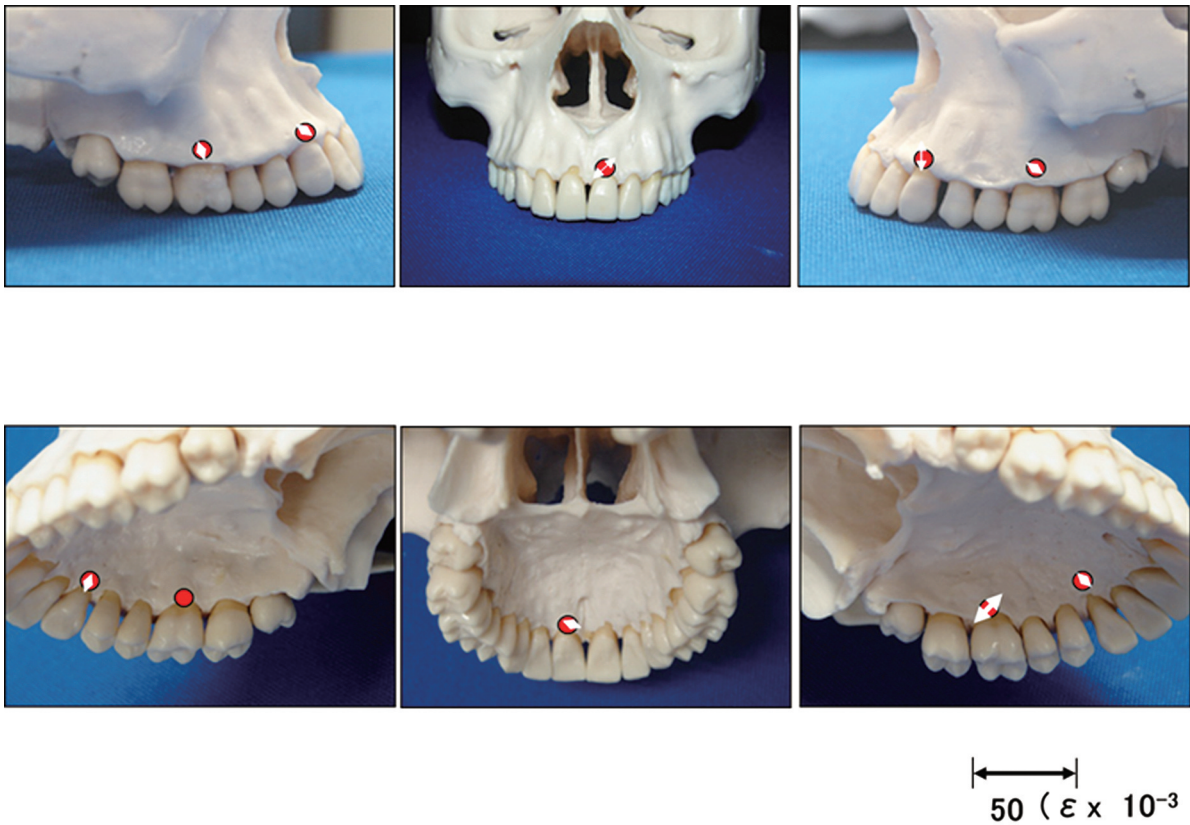


図12 SMP-MGのひずみベクトル

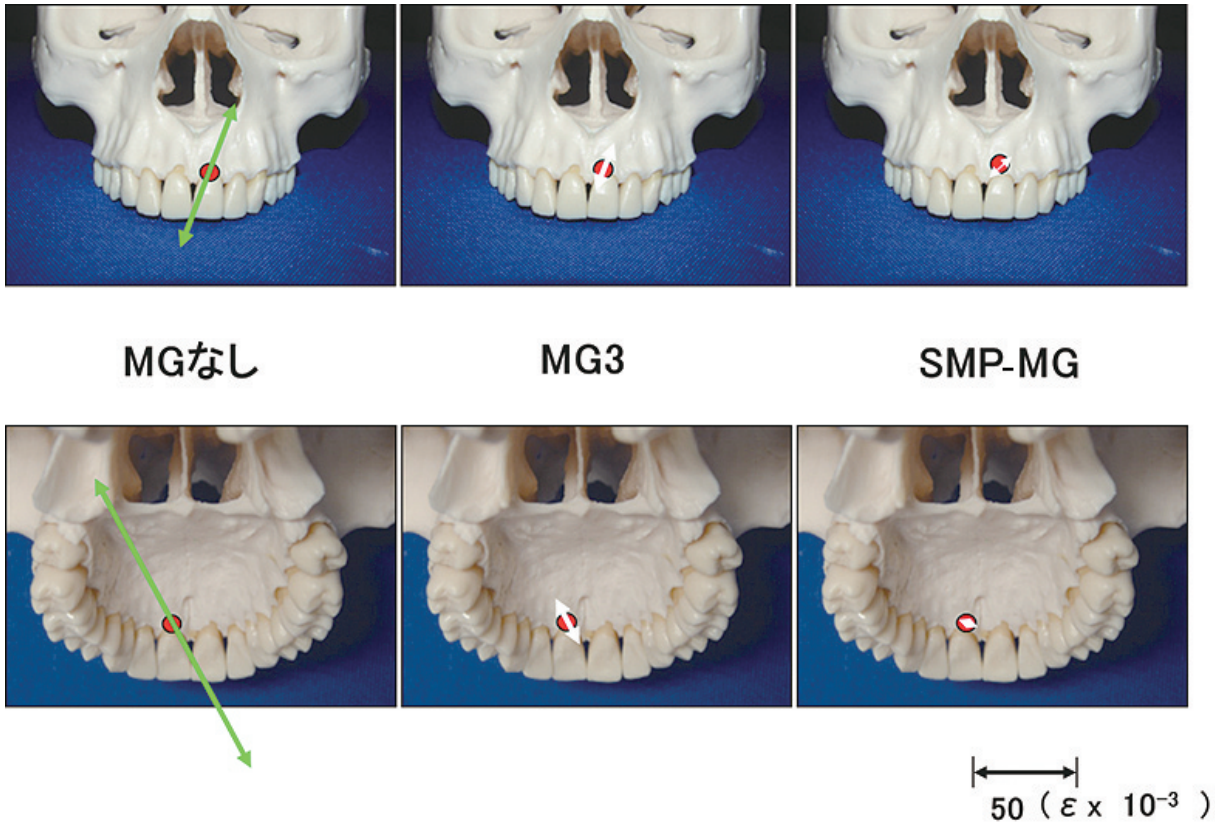


図13 左側中切歯部におけるひずみベクトルの比較

考 察

石上ら^{11,12)}はMG装着と未装着の衝撃によるひずみ量を測定し装着時はひずみが減少することからMG装着の重要性を報告したが、その計測点は少なく、また頭蓋プラスチック模型を用いているため実際の骨とは差があると考えられる。その点を考慮し、ヒト乾燥頭蓋を用いて衝撃による影響を検討した報告が多い^{6,14-21)}。MGは一般的には上顎に装着されるものであり、本研究ではヒト乾燥頭蓋を用いて上顎骨への影響を検討した。また、ひずみの測定部位に関して、杉本ら⁶⁾の報告を参考に、衝撃部位の上顎左側中切歯の唇口蓋骨表面を中心に、衝撃伝導も検討するため、そこから上顎骨の10か所の部位を選択した²²⁻²⁶⁾。一方、衝撃を計測するのに頭蓋骨の固定は重要である。尾上ら¹⁵⁾の頭頂部を固定すると力の伝達経路が変化し拘束条件の影響が大きいという報告があることから、大後頭孔のみで支持させた⁶⁾。しかし、実際のヒトでは頭蓋骨と頸椎は固定されているわけではなく、衝撃を受けると頭蓋骨は可動する。そのため本研究では衝撃を受けた時、可動性を維持するために、杉本ら⁶⁾の方法に従い弾力のあるスポンジで頭蓋底を固定した。

衝撃とは、一般に物体に打撃などを加え、きわめて

短時間に著しい速度の変化を生じさせる力のことをいう^{27,28)}。岡²⁰⁾は静的および動的荷重により生ずるヒト下顎骨のひずみの方向は、荷重部位を一定にすれば極めて僅少の相違点を除いて、同一傾向を示すと報告しているが、静的な荷重はそのかけた時間によりひずみの大きさが変化していくため、本研究では動的荷重を用いた。つまりプラスチック製のレールを用いて、鉄球を加衝装置として上顎左側中切歯の歯冠部に追突させた。衝撃力について、半田ら²⁹⁾は、加衝装置の性状によりその大きさと作用時間が異なり、その点鉄球は作用時間が短く、これにより加衝時間に左右されない再現性の高い衝撃によるひずみを測定することができたと考える。

また頭蓋骨は乾燥しているため、大きな衝撃では歯や顎骨が破折してしまう恐れがある。そこで瞬間的な衝撃であり破折しない程度⁶⁾である5.47gの鉄球を滑走させる方法を用いた。乾燥頭蓋では脳などの構成組織や、皮膚、口腔内組織などの軟組織がなく、実際のヒトの外傷とはひずみの様相は異なる。特に歯を支持する歯根膜の存在も大きい要因と考えられるため、歯根膜を想定した小笠原ら¹⁸⁾の研究を参考にして歯科用シリコン印象材を用いて人工歯根膜とした。

MGの維持力について測定した結果、SMP-MG、MG

3. MG 1 の順に、有意に高い維持力が認められた。また MG 3 は回数を重ねる毎に維持力が低下するのに対して、SMP-MG は維持力の低下は認められなかった。これは形状記憶プラスチックが、いわゆる骨組みとして形態維持の働きをしていることが示唆された。MG は口腔内では歯のアンダーカット部に入り込んで口腔内に維持されているため、着脱時には少なからず MG の変形が起こる。実際に MG 3 は着脱回数を重ねる毎に維持力が低下していた。変形に関しては、MG シートは熱可逆性であるため、維持力が低下すれば再度熱を加えて口腔内で MG を圧接すればある程度維持力は回復する。しかし、口腔内で手際よく圧接し成形するのは、困難であることが予想される。本研究では 320 回まで測定した結果、SMP-MG では維持力の低下は認められなかった。320 回の着脱実験は、臨床的には 1 か月に 70~80 回程度の着脱を想定し、また実際の使用時には MG の変形や破損を定期的に検査することも想定した。

一方、MG の復元性について、SMP-MG の復元性が高いことが明らかとなった。MG の実際の使用では、装着時の咬合、脱着の回数、外力、放置時の事故など、変形の方向や、力の強さ、時間など様々である。本研究では左右犬歯間および臼歯間の 2 か所の距離測定で、また実験的変形の方向も左右からの水平的圧迫・固定のみであったが、形状記憶プラスチックを使用した場合の復元性の高さも証明できたと考える。

MG の衝撃減衰能について、熊澤ら¹⁴⁾は、衝撃減衰能は MG の厚みより材料に大きな影響を受け、レジ系よりビニル系材質の方が衝撃減衰能は高かったと報告している。本実験では一般的にカスタムメイド MG として使用されているエチレン酢酸ビニル樹脂製 MG 用シートを用いた。また山本ら³⁰⁾、石島ら³¹⁾は厚さと衝撃吸収率の間に相関関係が認められたと報告しており、本研究では 1 層の MG (3.8mm) と 3 重のラミネートタイプ MG および形状記憶プラスチックを使用した MG を用いて検討した。本結果から MG なし→MG 3→SMP-MG の順でひずみが小さくなり、また SMP-MG は MG 3 と比較してすべての計測部位で衝撃が低下していた。そして、衝撃部位から最も離れた右側の第一大臼歯口蓋側において、ひずみはほとんど認められなかった。これは、形状記憶プラスチックを用いた MG は、ラミネートより強度が高くなり、衝撃の吸収・分散能が高くなった結果と考えられた。ラミネートを用いる最大の利点は衝撃を一番受けやすい前歯部のみを厚みを持たすことができ、それ以外の口腔粘膜や舌に対して異物感が生じにくくすることで、そこで、本研究では 2 層目に形状記憶プラスチック

クを用いることで、異物感を変えず、衝撃吸収能をさらに高くすることができた。

また MG 装着時の咬合高径について、MG 装着時に過度の噛みしめを行うと、関節を固定して柔軟性を減少させ、呼吸リズムを乱して競技スキルを低下させることも指摘され、MG の咬合高径は生理的的最大安静空隙 (3mm) が望ましいと考えられている³²⁾。外傷防護のため前歯部に厚みをもたせるため、より厚いシートを使用すれば効果的であるが、咬合面の厚みも増す。その点、SMP-MG であれば咬合面の厚みもコントロールしやすい。

形状記憶プラスチックを用いる場合の欠点としては、製作手順が複雑であることと、プラスチックは硬く薄いため、ラミネートから飛び出た場合口腔内を傷つける可能性も考えられる。そこで SMP-MG の設計として、3 重構造の 2 重目に形状記憶プラスチックを配置することで、また前歯部のみをカバーすることで MG 表面にプラスチックが露出しないように工夫した。

装着時の話しにくさや、違和感が指摘されている^{1,2)}が、本研究でのラミネートタイプの MG ならその両方を軽減することが期待できる。よってこれからの課題は口腔外傷を予防するためにも、MG 効果は維持したままで、より違和感を減少させ、年齢に関係なくより多くの人にも使いやすいカスタムメイド MG への改善、さらには MG の効果についての情報提供も充実させていくことが重要と考える。

結 論

マウスガードの一部に形状記憶プラスチックを応用し、マウスガードの適合性、復元性および衝撃吸収能について検証した結果、次の結論を得た。

1. MG 装着時の維持力の平均値は、SMP-MG は 3.5 kgf であったのに対して MG 3 は 2.5 kgf であり、SMP-MG, MG3, MG 1 の順に、維持力は有意に小さくなっていった ($p < 0.001$)。また MG 3 は回を重ねる毎に維持力が有意に低下した ($p < 0.001$) のに対して、SMP-MG の維持力低下は認められなかった。
2. 復元性については、変形量と変動係数で評価した結果、犬歯間と臼歯間の距離の変形量は SMP-MG が有意に小さく ($p < 0.001$)、また変動係数も、SMP-MG は有意に小さい変動値を示した ($p < 0.001$)。
3. 歯槽骨のひずみは、MG なし, MG3, SMP-MG の順で小さくなり、SMP-MG はほとんどの計測部位で衝撃が有意に低下していた ($p < 0.001$)。以上のことから、形状記憶プラスチックを用いた

MG は、従来のラミネートタイプMGと比較して、適合性がよく維持力に優れ、また長期間の使用に対しても変形しにくく、高い衝撃吸収効果があり、臨床応用への有効性が高いことが認められた。

本論文の要旨は、第114回朝日大学大学院歯学研究会発表会(2011年2月16日、岐阜)において発表した。

文 献

- 1) 柿原秀年, 飯沼光生, 広瀬永康, 杉本勘太, 田村康夫. 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. 2002;40:475-484.
- 2) 飯沼光生, 柿原秀年, 田村康夫, 山村 理, 藤井輝久. 小児におけるマウスガードが発音に及ぼす影響. 岐阜学誌. 2004;30:190-195.
- 3) 飯沼光生, 塚本計昌, 田村康夫. 混合歯列期のマウスフォームドマウスガードの調整に関する検討. 日外傷歯誌. 2010;6:36-42.
- 4) 足立正孝, 松村康正, 岡田東洋志, 高木幹正, 山内六男, 都尾元宣, 山本宏治, 飯沼光生, 田村康夫, 高井良招. 岐阜県スポーツ・健康づくり歯学協議会会員におけるマウスガード製作の現状. 岐阜学誌. 2009;36:39-42.
- 5) 山内六男, 足立正孝, 松村康正, 岡田東洋志, 広瀬永康, 高木幹正, 飯沼光生, 田村康夫, 都尾元宣, 高井良招. 社団法人岐阜県技工士会会員におけるマウスガード製作の現状. 岐阜学誌. 2011;38:30-33.
- 6) 杉本勘太, 桑原茂久, 本田顕哲, 田村康夫. 上顎切歯への衝撃が上顎骨および頭蓋骨ひずみに及ぼす影響. 岐阜学誌. 2006;33:47-55.
- 7) 田村康夫. ジュニア選手のためのマウスガード, スポーツ歯科臨床マニュアル. 日本スポーツ歯科医学会編. 東京. 医学情報社;2007. 84-89.
- 8) Ishigami K, Takeda T and Ishikawa T. Sports dentistry: For the future. *Dentistry in Japan*. 2002;38:195-202.
- 9) 住吉周平, 南部敏之, 宮島陽一, 堤定美, 本田武司. スポーツ外傷に対するマウスガードの効果, 有限要素法を用いた衝撃解析. 第6回日本スポーツ歯学研究会学術大会講演集. 1996:43-47.
- 10) 住吉周平, 南部敏之, 本田武司, 下田恒久, 宮島陽一, 堤定美. マウスガードのスポーツ外傷予防効果, オトガイ部打撲を想定した有限要素法解析. 日口外誌. 1996;42:1192-1199.
- 11) 石上恵一, 武田友孝, 保科早苗. スポーツ歯学の基礎的アプローチ, マウスガードへの認識と効果. 日歯評論. 2000;689:149-152.
- 12) 石上恵一. スポーツ歯学からみたマウスガードの必要性. デンタルダイヤモンド. 2001;15(増刊号):64-67.
- 13) 山田純子, 前田芳信. マウスガードに関する装着の義務について (2003年度). スポーツ歯学. 2004;7:93-97.
- 14) 熊澤裕子. ヒト乾燥頭蓋における咬合力の減衰に関する研究マウスガードの影響. 神奈川歯学. 1992;26:412-419.
- 15) 尾上祐悦, 前田憲昭, 石川俊明, 本田公亮, 吉岡済, 堤定美. 顔面骨の骨折に関する生体力学的研究, 第1報 静的荷重下の歪分布の計測. 日口外誌. 1987;33:1932-1937.
- 16) 松尾悦郎, 豊田實, 神永美穂子, 西田尚史, 服部慎太郎, 和田力, 木村茂之. 頭蓋に関する動的応力解析の基礎的検討, 第1報 導入の可能性と基礎的検討. 神奈川歯学. 1992;27:247-255.
- 17) 林幸男, 中村一郎, 宗邦雄, 難波夏生, 小林喜平, 石立哲也, 兵藤行志. 実験的に負荷した片側噛みしめ時の咀嚼筋張力と乾燥頭蓋骨に生ずるひずみ分布. 補綴誌. 2000;44:244-253.
- 18) 小笠原嘉一. ヒト乾燥頭蓋における接触点の衝撃減衰能力に関する研究. 神奈川歯学. 1984;18:449-469.
- 19) 前田憲昭, 尾上祐悦, 堤定美, 吉岡済. 顎顔面骨の骨折に関する生体力学的研究, 第2報 マウスガードの開発. 日口外誌. 1988;34:205-213.
- 20) 岡達. 静的および動的荷重による人下顎骨表面の歪について. 口科誌. 1957;6:74-92.
- 21) 佐伯克彦, 嘉藤幹夫, 大東道治. 有限要素法による小児期のスポーツ外傷時の応力解析, 下顎骨損傷へのマウスガード装着の効果について. 小児歯誌. 2002;40:683-692.
- 22) 杉山武央, 村田琢, 乾眞登可, 松村佳彦, 中瀬実, 関田素子, 中川敏幸, 野村城二, 田川俊郎. 三重大学医学部口腔外科における過去9年間の顎顔面骨折に関する臨床統計的検討, 旧来との比較も含めて. 日口診誌. 2001;14:46-51.
- 23) 竹内学, 後藤康之, 小関健司, 林泰仁. 名古屋第二赤十字病院歯科口腔外科における顎顔面骨折入院症例の臨床統計的観察. 北海道歯誌. 1997;18:147-152.
- 24) 高田英記, 片山幸太郎, 雨宮悟志. 自衛隊仙台病院スポーツ歯科外来開設以来4年間の診療実績について. 日口診誌. 2000;13:352-356.
- 25) 山口利浩, 白土雄司, 田代英雄. 顔面骨骨折患者の時代的変遷. 日口外誌. 1994;40:278-283.
- 26) 進藤真希子, 栗田浩, 小林啓一, 倉科憲治, 小谷朗. 顎顔面骨折に関する臨床的検討(2), 他部位の併発外傷の頻度, 特に頭部外傷について. 口科誌. 1999;48:80-82.
- 27) 佐藤武. 身体に作用した衝撃はどこに行くか. バイオメカニズム学会誌. 1990;14:68-72.
- 28) 森井秀男. 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. 1998;72:331-338.
- 29) 半田潤, 川村慎太郎, 小川透, 中島一憲, 保科早苗,

- 深町元秀, 小島一郎, 清川由紀, 澁澤真美, 島田淳, 武田友孝, 石上恵一. スポーツ外傷の発生要因, 第2報 スポーツにおける飛来物の相違が顎顔面頭蓋の衝撃力ならびにマウスガードの効果に与える影響. 歯科学報. 2002;102:555.
- 30) 山本鉄雄. 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. 1989; 15:335-342.
- 31) 石島勉, 月村雅史, 山口敏樹, 越野寿, 平井敏博, 平沼謙二. 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. 1992;36:361-366.
- 32) 竹内正敏. スポーツ歯科の最前線. スポーツ歯学. 2010;13:41-46.
-