原著論文

シートに付与した溝が成形後マウスガードの厚さに与える影響 —シートの製造方法による違い—

高橋 睦, 小出 馨, 水橋 史

Thickness of Mouthguard Sheet after Formation in Relation to Ditched Mouthguard Sheet —Influence of Mouthguard Sheet on Manufacturing Process—

Mutsumi Takahashi, DDS, PhD, Kaoru Koide DDS, PhD, and Fumi Mizuhashi DDS, PhD

抄 録

目的：マウスガードの製作に使用される熱可塑性シートは、押出成形あるいは射出成形により製造されている。本研究では、シートに付与した溝の吸引成形後マウスガードの厚さについて、シートの製造方法による影響とともに検討を行った。

方法：マウスガードシートは、押出成形により製造されたシートおよび射出成形により製造されたシートを使用した。成形には吸引型成型器を用い、シートが基底面から 15 mm 降下した時点で吸引圧接した。厚さの測定にはメジャーリングデバイスを用い、計測点は前歯部（唇面、切縁）および臼歯部（頬側面、中心溝、頬側咬頭、舌側咬頭）とした。シートの形状は、通常のものとしてシート前方から 3 cm の部位に溝を付与したものの 2 種類とした。各製造方法のシートにおいて、シートに付与した溝が成形後マウスガードの厚さに与える影響について、二元配置分散分析後、Tukey 法を用いて多重比較法による検定を行った。

結果：成形後マウスガードの厚さは、押出成形のシートにおいて溝を付与したシートのほうが、前歯部唇面、切縁および臼歯部頬側面、中心溝、舌側咬頭で有意に厚さの減少率が小さかった。射出成形のシートにおいてシートの形状による厚さに有意な差があるとは言えなかった。

結論：吸引成形後のマウスガードは、本研究に用いた材料において、押出成形のシートに溝を付与することにより、前歯部と臼歯部の厚さを確保できることが明らかとなった。

和文キーワード

マウスガード, 厚さ, 溝を付与したシート, 押出成形, 射出成形

I. 緒 言

近年、スポーツ競技の多様化によりスポーツ時の顎顔面領域の外傷予防や軽減、パフォーマンスの向上を目的としてマウスガードが普及してきており¹⁻⁵⁾、その効果や安全性はマウスガードに付与される厚さや材質に大きく依存することが報告されている⁶⁻¹⁴⁾。マウスガードの材質は、エチレン酢酸ビニル樹脂、オレフィン系熱可塑性エラストマー、およびスチレン系熱可塑性エラストマーに大別され、軟化温度や加工性などの物性やカラー

バリエーションは、材質により特徴がある。マウスガード材として最も広く使用されているエチレン酢酸ビニル樹脂は、衝撃力の十分な減衰効果を得るためには前歯唇面、臼歯頬側面および咬合面で約 4 mm の厚さが必要であるとされており、材質により衝撃吸収能力には違いが認められる¹⁵⁻¹⁸⁾。

現在市販されている熱可塑性シートは、押出成形あるいは射出成形により製造されている。押出成形のシートは、シート製造時に材料樹脂の分子鎖が一定方向に配列する分子配向による歪みが残留し、シートが加熱され可塑性領域に入ると残留応力が緩和され、元の形に戻ろう

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科補綴学第 1 講座

Department of Removable Prosthodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

受付：2011 年 6 月 14 日／受理：2011 年 12 月 19 日

Received on June 14, 2011/Accepted on December 19, 2011

として配向方向に縮む性質をもつ。このときシートは大きく変形し熱収縮を生じるため、マウスガード製作の際には熱収縮の生じる方向と作業用模型の設置方向が成形後の厚さに影響する^{19, 20)}。一方、射出成形のシートは製造時に歪みが生じないため¹⁹⁾、加熱時にシート内部で起こる変化が押出成形のシートとは異なり、シートの製造方法により成形後マウスガードの厚さには違いが生じる。

マウスガードシートを軟化・圧接して成形を行う際には、成形時に部分的に引き延ばされて厚さが変化する。特にマウスガード前歯部の厚さの減少は顕著であり、作業用模型の形態、シートの厚さや材質、加熱状態による影響を大きく受ける²¹⁻²⁴⁾。このため、マウスガード前歯部の厚さを確保するための成形方法が研究されており、竹内ら²⁵⁾はシート圧接直前に模型の位置を移動させて厚さをコントロールする方法 (MTP テクニック、模型位置移送成形技法) を、水橋ら²⁶⁾は成型器のランプにシートが保持される領域を調整しシートの伸びを抑える方法を考案した。また、ジーシー社製インパクトガード® (IM) はシートにステップ部が付与された形状であり、加熱成形時にはステップ部が伸び、全体の厚さの減少を抑制できる^{27, 28)}。このことから、通常のシートに薄い部分をつくることにより IM と同様の効果が期待された。

そこで本研究では、シートに付与した溝による吸引成形後のマウスガードの厚さについて、シートの製造方法の影響を調べるとともに検討を行った。

II. 研究方法

材料は、押出成形により製造されたマウスガードシート (スポーツマウスガード®, 127×127×4.0 mm, クリア, Keystone, NJ, USA) (以下, EVA), および射出成形により製造されたマウスガードシート (MG 21®, 129×129×4.0 mm, クリア, レギュラー, シージーケー, 広島, 日本) (以下, OL), 試作マウスガードシート (129×129×4.0 mm, クリア, ジーシー, 東京, 日本) (以下, OS) を使用した。シートの形状は、通常のもの (n) とシート前方から 3 cm の部位に超音波カッター (ラボソニックカッター®, ナカニシ, 栃木, 日本) を用いて V 字溝 (幅・深さ, 約 3.0 mm) を付与したもの (v) の 2 種類とした (図 1a, b)。作業用模型は、上顎中切歯切縁で 20 mm, 上顎第一大臼歯近心頬側咬頭で 15 mm の高さにトリミングしたものを使用した^{21, 26, 29)}。

シートの成形は、吸引型成型器 (ウルトラフォー

図 1 Mouthguard sheet
a: Ordinary sheet, b: Ditched sheet.
マウスガードシート
a: 通常のシート, b: 溝を付与したシート。

マー®, Ultradent, Utah, USA) を用いて行った^{26, 29, 30)}。成形時の模型の位置は、模型の前歯部が吸引面の中央となるよう設置した。成型器へのシートの設置は、EVA においては模型正中線に対してシートの配向方向を平行に設置したもの (EVA-1) および垂直に設置したもの (EVA-2) の 2 条件とし、通常のシートを EVA-1-n, EVA-2-n, 溝を付与したシートを EVA-1-v, EVA-2-v とした。OL および OS においてはシートの設置方向は規定しなかった。成形は、安井ら³¹⁾, Takahashi ら^{21, 22)}の方法に準じて、シート中央部が基底面から 15 mm 降下した時点で吸引圧接して行った。シートの降下距離は、三次元座標測定器 (No. 192-201, Mitutoyo, 神奈川, 日本) にレーザーポインターを固定して測定した。圧接は 2 分間とし、放冷は空調のきいた室温 (約 24.5 °C) にて 3 時間以上とした。試料は各条件 6 個ずつ製作した。

マウスガードシートの厚さの測定は、Takahashi ら^{21, 22)}, 水橋ら²⁹⁾の方法に準じて、メジャーリングデ

バイス® (21-111, YDM, 東京, 日本) を用いて行った。前歯部の計測点は、中切歯唇面の近心側 1/3, 遠心側 1/3 をそれぞれ歯頸部から切縁までを 5 等分した 5 カ所ずつ計 10 カ所 (唇面), および切縁を近心側から遠心側に 5 等分した 5 カ所 (切縁) とした。臼歯部の計測点は、第一大臼歯頬側面の近心側 1/3, 遠心側 1/3 をそれぞれ歯頸部から咬頭頂までを 5 等分した 5 カ所ずつ計 10 カ所 (頬側面), 中心溝の近心側から遠心側に 5 等分した 5 カ所 (中心溝), 近心および遠心頬側咬頭頂 1 カ所ずつ計 2 カ所 (頬側咬頭), 近心および遠心舌側咬頭頂 1 カ所ずつ計 2 カ所 (舌側咬頭) とした。いずれも、左右側の平均値を分析に用いた。

統計処理には、統計用解析ソフト (SPSS 17.0, SPSS JAPAN, 東京, 日本) を使用した。各計測点において、シートに付与した溝が成形後マウスガードの厚さに与える影響について、Shapiro-Wilk 検定にて正規性を確認した後、Levene 検定により等分散性が示されたため、二元配置分散分析後、Tukey 法を用いて多重比較法による検定を行った。いずれの検定方法も有意水準 5% で行った。

III. 結 果

図 2a に、前歯部における各シートの厚さの変化率の比較を示す。押出成形のシートにおいて、唇面では EVA-1-n と EVA-1-v の間、EVA-1-n と EVA-2-v の間、切縁では EVA-1-n と EVA-1-v の間、EVA-2-n と EVA-2-v の間、EVA-1-n と EVA-2-v の間、EVA-2-n と EVA-1-v の間で有意差が認められ、溝を付与したシートのほうが厚さの減少率は小さかった。また、切縁では EVA-1-n と EVA-2-n の間で有意差が認められ、模型正中線に対してシートの配向方向を垂直に設置したほうが、厚さの減少率は小さかった。射出成形のシート (OL, OS) は、いずれの計測点においてもシートに付与した溝による厚さの減少率に有意な差があるとは言えなかった。

図 2b に、臼歯部における各シートの厚さの変化率の比較を示す。押出成形のシートにおいて、頬側面では EVA-2-n と EVA-2-v の間、中心溝では EVA-1-n と EVA-1-v の間、EVA-2-n と EVA-2-v の間、EVA-1-n と EVA-2-v の間、EVA-2-n と EVA-1-v の間、舌側咬頭では EVA-1-n と EVA-1-v の間、EVA-2-n と EVA-2-v の間、EVA-1-n と EVA-2-v の間、EVA-2-n と EVA-1-v の間で有意差が認められ、溝を付与したシートのほうが厚さの減少率は小さかった。頬側咬頭ではシートに付与した溝による厚さの減少率に有意な差があるとは言えなかった。射出成形のシート (OL, OS) は、いずれ

の計測点においてもシートに付与した溝による厚さの減少率に有意な差があるとは言えなかった。

IV. 考 察

熱可塑性シートによりマウスガードを製作する際、シートを加熱すると自重により全体の厚さが減少し、次いで模型に圧接される際に部分的に引き延ばされて厚さが減少し、成形後の咬合調整によりさらに厚さが減少する。マウスガードの厚さを確保することは衝撃吸収、外傷予防において重要な課題となり、成形後の厚さやデザインを考慮して作業用模型の形態やシート材を選択するため、その判断基準として加熱成形時のシートの形状変化を把握することは重要と考える。特にマウスガード前歯部は厚さの減少が大きく、適切な効果を発揮するための厚さの確保が困難である。マウスガード前歯部の厚さを確保するため、さまざまな方法が考案されており²⁵⁻²⁷⁾、本研究では通常の器材で成形ができ、製作者の技術を伴わずに前歯部の厚さの確保が容易に行える方法として、IM の形状を参考にシートに溝を付与した場合の厚さへの影響について検討を行った。

マウスガードシートは、押出成形あるいは射出成形により製造されている。押出成形のシートは製造時に材料樹脂が配向方向に引き延ばされる際に歪みが残留し、加熱時にこの歪みが解放されることにより元の形に戻ろうとして配向方向に熱収縮を生じる¹⁹⁾。マウスガード製作時には、シートの加熱により熱収縮が生じ、この状態のシートが模型に圧接されることによってさらに厚さが減少する。そこでわれわれは、作業用模型の設置方向とシートの配向方向による吸引成形後マウスガードの伸びと厚さを比較し、模型正中線に対してシートの配向方向を垂直に設置したほうが前歯部では横方向に、臼歯部では縦方向に伸び、厚さの減少が抑制されることを明らかにした²⁰⁾。射出成形のシートは製造時に歪みが残留しないため、加熱時にシート内部で起こる変化は押出成形のシートと射出成形のシートでは異なることが示されており^{19, 32)}、成形後の厚さに違いが生じることが予測される。本研究においてシートに付与した溝の吸引成形後のマウスガードの厚さについて、シートの製造方法による影響とともに検討を行った。

押出成形により製造されたシートは主にエチレン酢酸ビニル樹脂からなるスポーツマウスガード® (keystone 社製)、バイオプラスチック® (Scheu Dental 社製)、エルコフレックス® (Erkodent 社製)、ドゥルフォソフト® (Drewe 社製)、キャプチャーシート® (松風社製) などがあり、射出成形により製造されたシートはオレフィン

図 2 The ratio of change of thickness after formation on each mouthguard sheet
 a: Anterior teeth, b: Posterior teeth.
 各シートの吸引成形後の厚さの変化率
 a: 前歯部, b: 臼歯部.

系熱可塑性エラストマーからなる MG21[®] (シーケー社製), スチレン系熱可塑性エラストマーからなるインパクトガード[®] (ジーシー社製) が市販されている^{19, 33)}. シート表面には製造時に生じた配向像やゲート痕が観察されるため, シートの製造方法を確認することができる¹⁹⁾. マウスガードシートの材質, 厚さ, 形態は成形後の厚さに影響するため^{23, 28, 34)}, これらの条件が揃い製造方法の異なるシートを比較できることが望ましいが, 現時点では同質材料で異なる製造方法のシー

トは市販されていない. したがって本研究に用いるシートは, 形態・厚さ・色を同一とするため, 押出成形により製造されたシートとしてスポーツマウスガード[®]を, 射出成形により製造されたシートとして MG21[®], インパクトガード[®]と同質材料の試作シートを選択し, いずれのシートも形態は方形, 厚さは 4.0 mm とした. カラーマウスガードシートに添加される着色剤は, シートの軟化点や寸法安定性に影響を与えるため³⁵⁻³⁷⁾, 着色剤の添加が結果に影響しないよう, いずれも透明のシー

トを選択した。また、押出成形のシートにおいて本研究では以前の研究とは使用したシートの色と厚さ、成型器への作業用模型の位置付けが異なるため、模型正中線とシートの配向方向の位置付けとシートに付与した溝の影響について同様に検討を行った。射出成形のシートでは材料樹脂が流し込まれたゲート痕が観察され、このゲート痕を模型正中線に対して側方あるいは前方に設置して成形後の厚さを比較ところ、シートのゲート痕と模型の設置位置による違いは認められなかった。したがって、本研究において射出成形のシートの設置方向は規定しなかった。

成型器によりシートを加熱すると、軟化に伴いシートは自重により中央から下垂し、引き延ばされて厚さが減少する。シート中央部の軟化は速く、材料が集まり周辺よりも厚くなるため^{38, 39)}、模型圧接前の段階でシートの形状変化は部位によって異なり、押出成形のシートでは熱収縮の影響によりさらに不均一な厚さであることが予測される。そして、吸引圧接時には部位により幅や高さの異なる形態の模型に引き延ばされて厚さが減少する。したがって、シートの加熱から模型圧接前の段階、また模型圧接時の段階で厚さの減少を抑制することにより、成形後の厚さをより確保できると考えた。

通常のシートは加熱により模型圧接前の段階で薄くなるが、IMでは3.0 mm厚さのステップ部の軟化が速く、ステップ部以外の4.0 mm厚さの部分では軟化が進んでも厚さの減少は少ない。シートが15 mm下垂した時点でのステップ部の厚さは約1.0 mm、ステップ部以外の厚さは4.0 mmと変化はなく、この時点で自重による厚さの減少は抑制されている²⁸⁾。したがって、シート下垂時に部分的に引き延ばされる部位をつくることにより模型圧接前の厚さの減少を抑えられると考えた。また、模型圧接時には前歯部の厚さの減少が顕著であるが²¹⁻²⁴⁾、IMはシート前方のステップ部が圧接時に模型方向に引き延ばされることによって前歯部よりも前方のシートが伸び、マウスガード前歯部の厚さの減少が抑制される²⁷⁾。この形状変化を参考に、本研究では簡便に行える方法としてシートに溝を付与し、通常のものと比較を行った。シートを加熱する際、辺縁に比較して中央部の熱伝導が速く軟化が進むため、シートに付与する溝の位置はシート中央部に近く圧接時に模型唇面に影響しない部位である、前方から3 cmの位置とした。また、溝の部分は周囲に比較してシートの厚さが薄いため熱伝導が速く、圧接前の自重による全体の厚さの減少を抑制できると推察したため、溝の幅と深さは可能なかぎり大きく、約3.0 mmとした。

本研究の結果、押出成形のシートにおいて前歯部切縁

ではEVA-1-nに比較してEVA-2-nのほうが厚さの減少率は有意に小さくなった。模型前歯部は最も高さが高く幅の狭い形態であるため、成形時にシートは縦方向に大きく伸び、横方向に縮む傾向が強くみられる²⁰⁻²²⁾。EVA-1-nは配向方向に対して模型前歯部が平行となるため、より前歯部の伸びが大きくなり、厚さの減少率が大きくなったと考えられる。また、溝の付与によりマウスガード前歯部唇面、切縁および臼歯部頬側面、中心溝、舌側咬頭の厚さの減少率は有意に小さくなったが、いずれの部位でもEVA-1-vとEVA-2-vの間に有意差を認めなかった。このことから、押出成形のシートを用いる際にはシート前方に溝を付与することによってマウスガード前歯部と臼歯部の厚さを確保できることが示唆され、模型正中線に対してシートの配向方向を垂直に設置することによってより熱収縮の影響を抑制できることが明らかとなった。一方、射出成形のシートは製造時に歪みが残留することはないため、加熱時に応力緩和による熱収縮は生じないが^{19, 32)}、IMではシート加熱時にステップ部が伸びることによって自重による厚さの減少を抑制できることから、溝を付与することによって同様の効果が得られることを期待したが、OL、OSのいずれの計測点においても差は認められなかった。OLにおいてはすべての計測点においてほぼ同等であったが、OSでは溝を付与したシートのほうが厚さは減少している傾向があった。OSはIMと同質材料のポリオレフィン-ポリスチレン共重合体からなり、高い細部再現性を有するとともに軟化時の延伸が少ない特長があり、歯間部や中心溝においても適合性は良好であるため²⁸⁾、通常のシートでは他の材質のシート(EVA, OL)よりも厚さの減少が少なく、また中心溝が厚くなったと考える。OS-vの溝の部分はこの材質特性により軟化が進んでも厚さの減少が少なく、その結果シート全体の厚さが減少し、OS-nよりも前歯部や臼歯部の厚さが減少したのと考えられる。材質は成形後の厚さに影響するため³⁴⁾、本研究で使用する射出成形により製造されたシートは、現在市販されている2種類の材質のものを選択した。これらのことから、押出成形のシートにおいて溝を付与することにより厚さの減少率が小さくなり、さらに溝を付与したシートにおいてシートの設置方向による厚さの違いが認められなかったのは、模型圧接前の段階で生じるシート全体の熱収縮が遮断された影響であることが推察された。射出成形のシートにおいて本研究で付与した溝の形状では効果はみられなかったが、IMは幅14 mmのステップ部によりシート全体の厚さの減少を抑制できるため、更なるシートの形状の検討により射出成形のシートにおいても厚さの確保は可能であると考えられる。

以上の結果から、本研究に使用したマウスガードシートにおいて押出成形により製造されたシートを用いる場合には、シート前方に溝を付与することによってマウスガード前歯部唇面、切縁および臼歯部頬側面、中心溝、舌側咬頭の厚さを確保できることが示唆された。今後は、シートに付与する溝の幅や深さ、部位が成形後マウスガードの厚さに与える影響について、射出成形により製造されたシートにおける厚さの確保に有効なシートの形状について、また本研究で使用しなかった押出成形により製造されたシートについても検討を行い、今回の結果と比較を行う予定である。

V. 結 論

シートに付与した溝による吸引成形後マウスガードの厚さの違いについてシートの製造方法による影響とともに検討を行い、本研究に用いた材料において、以下の結論を得た。

1. 押出成形により製造されたシートは、模型正中線に対してシートの配向方向を垂直に設置したほうが、前歯部切縁の厚さの減少率は有意に小さかった。

2. 押出成形により製造されたシートは、溝を付与したシートのほうが前歯部唇面、切縁および臼歯部頬側面、中心溝、舌側咬頭の厚さの減少率は有意に小さかった。

3. 射出成形により製造されたシートは、シートに付与した溝による厚さの減少率に有意な差があるとは言えなかった。

文 献

- Hickey JC, Morris AL, Carlson LD, Seward TE. The relation of mouth protectors to cranial pressure and deformation. *J Am Dent Assoc* 1967; 74: 735-740.
- 石島 勉, 斎藤 実, 朝比奈義明, 金澤 毅, 今村 円, 後藤 洋ほか. 口腔領域のスポーツ外傷とマウスガードに関する調査. *愛院大歯誌* 1989; 27: 673-686.
- McNutt T, Shannon SW, Wright JT, Feinstein RA. Oral trauma in adolescent athletes: a study of mouth protectors. *Pediatr Dent* 1989; 11: 209-213.
- Dennis NR (石上恵一, 前田芳信). *Advance in sports dentistry (アドバンス・スポーツ歯学)*. 東京: 医学情報社; 2001, 31-44.), 2000.
- 前田芳信, 安井利一, 米畑有理. マウスガード製作マニュアル—スポーツ歯学への誘い—. 東京: クインテッセンス出版; 2001, 184-185.
- Johnsen DC, Winters JE. Prevention of intraoral trauma in sports. *Dent Clin North Am* 1991; 35: 657-666.
- Westerman B, Stringfellow PM, Eccleston JA. Forces transmitted through EVA mouthguard materials of different types and thickness. *Aust Dent J* 1995; 40: 389-391.
- Padilla R, Dorney B, Balikov S. Prevention of oral injuries. *J Can Dent Assoc* 1996; 31: 30-36.
- Bemelmans P, Pfeiffer P. Shock absorption capacities of mouthguards in different types and thicknesses. *Int J Sports Med* 2001; 22: 149-153.
- 前田芳信, 山田純子. マウスガード用新素材の応用開発 理想的な構造と材質を求めて. *臨スポーツ医* 2003; 12: 230-238.
- 石島 勉. スポーツ歯科医学の過去・現在・未来 マウスガードの材料と製作法. *日臨スポーツ医会誌* 2003; 11: 230-238.
- 富田貴志, 月村直樹, 大野 繁, 梅川義忠, 澤野宗如, 藤本俊輝ほか. マウスガード材料の衝撃吸収に関する研究—温度条件, ショア硬度が衝撃吸収に及ぼす影響—. *補綴誌* 2006; 50: 200-209.
- 前田芳信, 松田信介. 使ってもらえるマウスガードを作るために 科学的根拠に基づいたマウスガード製作法. *歯界月報* 2007; 667: 28-35.
- Geary JL, Kinirons MJ. Post thermoforming dimensional changes of ethylene vinyl acetate used in custom-made mouthguards for trauma prevention—a pilot study. *Dent Traumatol* 2008; 24: 350-355.
- Westerman B, Stringfellow PM, Eccleston JA. EVA mouthguards: how thick should they be? *Dent Traumatol* 2002; 18: 24-27.
- 月村直樹, 武田友孝, 小川 透, 中島一憲, 内藤 薫, 黒川勝英ほか. マウスガードの衝撃吸収能について. *日大歯学* 2004; 78: 115-120.
- 竹内正敏. マウスガードの製作・調整法. 日本スポーツ歯科医学会編, *スポーツ歯科臨床マニュアル*, 東京: 医学情報社; 2007, 61-63.
- Maeda M, Takeda T, Nakajima K, Shibusawa M, Kurokawa K, Shimada A, et al. In search of necessary mouthguard thickness. Part I: From the view point of shock absorption ability. *J Jpn Prosthodont Soc* 2008; 52: 211-219.
- 竹内正敏, 都賀谷紀宏. 口腔内装置作製のためのサーモフォーミング徹底活用—マウスガード, スプリント, ドラッグデリバリートレー, インプラント用テンプレート, 可撤式矯正装置 etc. —. 東京: 砂書房; 2006, 52-55.
- 高橋 睦, 小出 馨, 水橋 史, 水橋 亮, 近藤敦子, 渡辺秀昭, ほか. マウスガードシートの熱収縮が成形後マウスガードの延びと厚さに及ぼす影響. *日補綴会誌* 2010; 2: 61-69.
- Takahashi F, Koji T, Morita O. Study on mouthguard material: thickness, relationship between the elonga-

- tion and the thickness of mouthguard sheet after vacuum forming process. J Sports Dent 2004; 7: 12-17.
- 22) Takahashi F, Takahashi M, Koji T, Morita O. Study on the elongation and thickness of mouthguard sheets after vacuum forming process: the influence of the height of the working model. J Sports Dent 2008; 11: 64-70.
- 23) 高橋 睦, 高橋 史, 森田修己. 厚さの異なるシートにおける吸引成形後のマウスガードの厚み. 補綴誌 2008; 52: 465-472.
- 24) 高橋 睦, 小出 馨, 水橋 史. 吸引成形後マウスガードシートの厚さに関する研究: 作業模型の形態による影響. スポーツ歯 2011; 14: 47-52.
- 25) 竹内正敏, 都賀谷紀宏. 口腔内装置作製のためのサーモフォーミング徹底活用—マウスガード, スプリント, ドラッグデリバリートレー, インプラント用テンプレート, 可撤式矯正装置 etc. —. 東京: 砂書房; 2006, 67.
- 26) 水橋 史, 小出 馨, 高橋 睦, 水橋 亮. マウスガードシートの延びに関する研究: 前歯部の厚みを確保するためのシートの保持状態および加熱状態の検討. スポーツ歯 2010; 14: 1-8.
- 27) 石上恵一, 武田友孝. ジーシーインパクトガードを用いたマウスガードの作製方法. Products Watching 2008; 10-2.
- 28) 高橋 睦, 小出 馨, 水橋 史, 森田修己. マウスガードシートの形状が成形後マウスガードの厚さに与える影響. 日補綴会誌 2011; 3: 135-143.
- 29) 水橋 亮, 水橋 史, 宇野清博. マウスガード製作時の作業用模型およびシートの準備条件が厚みに及ぼす影響. 日補綴会誌 2010; 2: 233-242.
- 30) 瓦井千穂. カスタムメイドタイプマウスガードの形態の違いによる応力吸収効果に関する研究. スポーツ歯 2004; 7: 36-42.
- 31) 安井利一, 松本 勝. 歯科医師がつくるマウスガード. Dental Products News 2001; 124: 13-15.
- 32) 大成洋平, 竹内正敏. サーモフォーミングによるマウスガード作製時にシートの熱収縮を上手に利用する方法. スポーツ歯 2006; 10: 66.
- 33) Takamata T, Hashii K, Yamaki T, Numao H, Kato Y, Okada Y, et al. Shock absorption characteristics of commercial custom-made ports mouthguard materials. J Sports Dent 2009; 2: 62-71.
- 34) 高橋 睦, 小出 馨, 水橋 史, 森田修己. 吸引成形後マウスガードの厚さに関する研究—シートの材質による違い—. 日補綴会誌 2011, 3, 346-352.
- 35) 前田芳信, 安井利一, 米畑有理. マウスガード製作マニュアル—スポーツ歯学への誘い—. 東京: クインテッセンス出版; 2001, 60.
- 36) 竹内正敏, 都賀谷紀宏. 口腔内装置作製のためのサーモフォーミング徹底活用—マウスガード, スプリント, ドラッグデリバリートレー, インプラント用テンプレート, 可撤式矯正装置 etc. —. 東京: 砂書房; 2006, 19, 51.
- 37) Del Rossi G, Lisman P, Signorile J. Fabricating a better mouthguard. Part II: the effect of color on adaptation and fit. Dent Traumatol 2008; 24: 197-200.
- 38) 前田芳信, 松田信介. マウスガードだけじゃない! 成形器利用マニュアル—マウスガードからインプラント治療用ガイド・ホワイトニング用トレー・顎関節症用スプリント・矯正用装置まで—. 東京: クインテッセンス出版; 2006, 21-23.
- 39) 大谷隆一郎, 苦瓜明彦, 上松信助, 澤田季子, 有住和浩, 都尾元宣. 新素材マウスガードシートの基礎的, 臨床的研究. 岐阜学誌 2007; 34: 55-63.

著者連絡先: 高橋 睦

〒951-8580 新潟県新潟市中央区浜浦町 1-8

Tel: 025-267-1500 (内線 301)

Fax: 025-265-5846

E-mail: mutsumit@ngt.ndu.ac.jp

Thickness of Mouthguard Sheet after Formation in Relation to Ditched Mouthguard Sheet —Influence of Mouthguard Sheet on Manufacturing Process—

Mutsumi Takahashi, DDS, PhD, Kaoru Koide DDS, PhD, and Fumi Mizuhashi DDS, PhD

Ann Jpn Prosthodont Soc 4: 286-293, 2012

ABSTRACT

Purpose: The manufacturing process of mouthguard sheets is either by extrusion or injection molding. The aim of this study was to investigate the thickness of mouthguard sheets after formation in relation to the ditched mouthguard sheet and the manufacturing process of the mouthguard sheet material.

Methods: Two manufacturing processes of mouthguard sheets were compared: extrusion molding or injection molding. The sheets were formed by vacuum former being heated until they sagged 15 mm from the baseline. Thickness was measured by a measuring device at the parts fitted to the anterior teeth (labial surface and incisal edge) and the posterior teeth (buccal surface, central groove, buccal cusp, and lingual cusp). Two shapes of the sheet were compared: ordinary sheet and ditched sheet. The difference in the ratio of change of thickness, depending on the manufacturing process, and the shapes of the sheet were analyzed by two-factor ANOVA and Tukey's test.

Results: The part of the sheet fitted to the anterior teeth (labial surface and incisal edge) and to the posterior teeth (buccal surface, central groove, and lingual cusp) of the ditched sheet on the extrusion molding was thicker than that of an ordinary sheet. It was not significant differences in the thickness by the sheet's shape on injection molding.

Conclusion: The present study suggests that the thickness of the mouthguard sheet in this study used after vacuum forming was affected by the shape of the sheet. Further, the ditched sheet could secure thickness in the parts of the anterior teeth and posterior teeth of the mouthguard sheet on the extrusion molding.

Key words

mouthguard, thickness, ditched sheet, extrusion molding, injection molding