

## 論文審査の結果の要旨

氏名：本吉 美保

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Development and Shock Absorption and Dispersion Capability of a Novel Mouthguard Sheet Material  
Consisting of Two Types of Five-layer Structures

(2種5層構造からなる新規マウスガードシート材の開発と衝撃吸収・分散能)

審査委員：(主査) 教授 谷本 安浩

(副査) 教授 小見山 道

教授 野本 たかと

近年、年齢を問わずスポーツが盛んになり、スポーツに起因する歯科領域の外傷が増加している。そのため、歯の破折や脱臼および口腔軟組織の裂傷など、歯やその周囲組織の外傷を予防し、スポーツを安心、安全に楽しく行うための有効な対策として、マウスガード(MG)の装着が推奨されている。このMGの重要な機能のひとつに衝撃力の軽減が挙げられる。現在、必要な部分の厚みを増加したり、異なる性質の材料や空隙等を挿入することで耐衝撃性向上への対応が行われている。しかしながら、衝撃エネルギーを吸収する柔軟な性質と、応力の集中を分散することができる性質を有する材料があればMGの性能は格段に向上すると考えられる。そこで、硬さの異なるエチレン酢酸ビニル共重合樹脂(EVA)と特殊ポリオレフィン(PO)を積層し、この2種類の材料を5層に構成した新規MGシート材(Newly developed sheet material, ND)を開発した。本論文は、新規MGシート材の有用性を解明する目的で、実験1としてNDの材料物性を検討した。実験2ではNDの衝撃吸収・分散能を検討した。

実験1に用いたNDはPOを外層、内側にEVAを配置した2種3層構造のチューブを使用し、さらに平面金型でチューブを板状にすることで、2種5層構造となるシート材を作製した。物性試験にはNDに加え、EVAシート(Proform®, Dental Resources Inc, Delano, MN, USA)とPOシート(MG21® Regular, CGK株式会社, 広島, 日本)を対照として使用した。これら試験材料の物性試験は日本産業規格(Japanese Industrial Standards, JIS)の手順に従って行った。なお、硬さ試験、引張り試験、伸び試験、引裂き試験、吸水試験、耐摩耗試験にはMG製作において基本的な厚みの3mmのシート材を使用し、試験ごとに5つの試験片を作製し実験に供した。3種類のシートに関する各々の物性評価は一元配置分散分析を行い、多重比較としてBonferroni法を用いて解析した。いずれも有意水準は5%とした。

実験2では衝撃吸収能と分散能を調べる目的で衝撃加速度試験と衝撃吸収試験の2つの試験を実施した。衝撃加速度試験は鉄球落下試験を実施し、試料はND, EVA, POで、厚さは3, 4mmとした。試験片は直径50mmの円盤状とし、デュポン衝撃試験機(IM-201, Tester Sangyo, 埼玉, 日本)を用い、各試験片の600mm上方から鉄球を自由落下させて加撃した。この際の荷重変化を圧力センサで測定し、荷重量を算出した。また、衝撃吸収試験はJIS硬質プラスチック耐衝撃試験法に則り、試料は衝撃加速度試験と同様とし、シート材に4.4m/secのスピードでストライカが落下接触した瞬間におけるシートを1mm変位させるのに必要な衝撃力(kN, 最大衝撃力/最大衝撃力時変位)、最大衝撃力が半分低下した際のシートの変位(mm, パンクチャー変位)、シートを1mm変位させるのに必要なパンクチャーエネルギー(J, パンクチャーエネルギー/パンクチャー変位)を計測した。計測は3回行い平均値を算出した。統計は一元配置分散分析を行い、多重比較としてBonferroni法を用いた。いずれも有意水準は5%とした。

実験1の結果、NDにおける硬さ試験はショアA硬度92( $p < 0.001$ ), 引張り強さは $19.3 \pm 0.7$  MPa ( $p = 0.045$ ),

引裂き強さは  $58.9 \pm 0.6$  KN/m ( $p < 0.001$ )を示し、ND が他に比較し有意に大きい値を示した。また、伸び率は  $693.3 \pm 5.8$  % ( $p = 0.003$ )、吸水率は  $0.03 \pm 0.01$  % ( $p < 0.001$ )、磨耗質量は  $0.01$  g ( $p < 0.001$ )を示し、ND は他に比較し有意に小さい値を示した。

実験 2 における衝撃加速度試験の結果、対照片を介在させないコントロールの荷重量は、 $660.1 \pm 3.9$  N であった。これに比較し厚さ 3mm のシートにおける荷重量は ND が  $461.9 \pm 6.3$  N、EVA は  $426.3 \pm 11.5$  N、PO は  $389.7 \pm 6.0$  N であった。全てのシートがコントロールに比較し有意に小さい値を示し、3 試料間内では有意に PO が小さい値を示し、ND が最も大きい値を示した( $p < 0.001$ )。厚さ 4mm のシートにおける荷重量は ND が  $455.0 \pm 1.9$  N、EVA は  $363.0 \pm 6.3$  N、PO は  $377.9 \pm 4.0$  N であった( $p < 0.001$ )。全てのシートがコントロールに比較し有意に小さい値を示し、3 試料間内では有意に EVA が小さい値を示し、ND が最も大きい値を示した( $p < 0.001$ )。

衝撃吸収試験の結果、厚さ 3mm のシートにおける最大衝撃力/最大衝撃力時変位は ND では  $0.044 \pm 0.002$  kN, EVA は  $0.023 \pm 0.001$  kN, PO は  $0.019 \pm 0.001$  kN であり ND が有意に大きい値を示した( $p < 0.001$ )。パンクチャー変位は ND では  $20.33 \pm 0.58$  mm, EVA は  $23.67 \pm 2.08$  mm, PO は  $36.01 \pm 0.01$  mm であり, ND は EVA や PO より有意に小さい値を示した( $p < 0.001$ )。一方、パンクチャーエネルギー/パンクチャー変位は ND では  $0.338 \pm 0.001$  J, EVA は  $0.312 \pm 0.02$  J, PO は  $0.332 \pm 0.001$  J であり, ND は EVA より有意に大きい値を示した( $p < 0.001$ )。厚さ 4 mm のシートにおける最大衝撃力/最大衝撃力時変位は ND では  $0.044 \pm 0.01$  kN, EVA は  $0.025 \pm 0.01$  kN, PO は  $0.027 \pm 0.001$  kN であり ND が有意に大きい値を示した( $p < 0.001$ )。パンクチャー変位は ND では  $21.33 \pm 0.58$  mm, EVA は  $26.33 \pm 2.52$  mm, PO は  $37.00 \pm 0.01$  mm であり, ND は EVA や PO より有意に小さい値を示した( $p < 0.001$ )。一方、パンクチャーエネルギー/パンクチャー変位は ND では  $0.491 \pm 0.01$  J, EVA は  $0.399 \pm 0.01$  J, PO は  $0.498 \pm 0.001$  J であり, ND は EVA より有意に大きく, PO より有意に小さい値を示した( $p < 0.001$ )。

以上のことより ND は EVA や PO に比べ硬度が高い特性を有し、引張り強さ、伸び率、引裂き強さ、吸水性、摩耗性において同等もしくは優れた特性を示した。また、ND は EVA や PO に比べて高い衝撃吸収能と分散能を持ったシート材であり、歯や歯槽骨の変形を予防し、その構造を保全する能力が高いシート材であると考えられ、MG シート材として有用であることが示唆された。

よって本論文は、博士（歯学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

令和 年 月 日