

(松永 淳子) 論文内容の要旨

主 論 文

Joining characteristics of titanium-based orthodontic wires connected by laser and electrical welding methods

レーザーおよび電氣的溶接法によるチタン合金矯正用ワイヤーの接合評価

松永淳子、渡邊郁哉、中尾紀子、渡邊悦子、Waleed Elshahawy、吉田教明

(Journal of Materials Science:Materials in Medicine • In press)

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻
(主任指導教員：吉田 教明 教授)

緒 言

矯正治療にはステンレス、コバルトクロム合金、チタン合金ワイヤーなどが使用される。ステンレス、コバルトクロム合金ワイヤーは銀鑢を使用した鑢着や電氣的溶接が可能で応用されているが、チタン合金ワイヤーは、高温で酸化されやすいために鑢着や溶接が困難であり、臨床応用に制限があった。チタン合金ワイヤーが他の合金系ワイヤーと溶接が可能であれば、コンビネーションワイヤーを作製することで様々な治療オプションの増加が期待できる。

本研究では、チタン合金ワイヤーとステンレスおよびコバルトクロム合金ワイヤーの新たな接合方法として、金鑢を使用した電氣的溶接法とレーザー溶接法を比較し、接合強度の評価を行った。

対象と方法

ニッケル・チタン (Ni-Ti)、ベータ・チタン (β -Ti)、ステンレス・スチール (S-S)、コバルト・クロム (Co-Cr)、4種類の矯正用角ワイヤー (0.017×0.025inch) を使用した。これらのワイヤーを15 mmに切断したものを溶接試験片とし、30 mmに切断したものをコントロールとした。同種での接合はNi-Ti/Ni-Ti、 β -Ti/ β -Ti、S-S/S-S、Co-Cr/Co-Crの4種類、異種での接合はNi-Ti/S-S、Ni-Ti/Co-Cr、 β -Ti/S-S、 β -Ti/Co-Crの4種類を接合した。

電氣的溶接は試験片の切断面を突き合わせジグで固定後、金鑢を使用し電氣溶接機

にて溶接を行った。レーザー溶接は電氣的溶接と同様に試験片を固定後、歯科用レーザー溶接機にて溶接を行った。溶接後、万能試験機を用いて引張り試験を行った。

結 果

同種ワイヤーの接合強度と伸びでは、Ni-Ti/Ni-Ti、 β -Ti/ β -Ti で破断時の最大荷重、伸びともにレーザー溶接法の方が電氣的溶接法より優位に高い値を示した。一方、S-S/S-S、Co-Cr/Co-Cr では電氣的溶接法の方が高い値を示した。また、レーザー溶接したNi-Ti/Ni-Ti が溶接したワイヤーの中で最も高い伸びを示した。異種ワイヤーの接合強度はNi-Ti/S-S、 β -Ti/S-S、 β -Ti/Co-Cr において、電氣的溶接法の方がレーザー溶接法より有意に高い値を示した。Ni-Ti/Co-Cr では違いはなかったが、伸びは電氣的溶接法の方が有意に高い値を示した。

また、電氣的溶接試験片では引張り試験後、どの組み合わせの試験片においても金鑑がワイヤー周囲に流れて接合され、レーザー溶接試験片では、溶け込みが観察された。

考 察

チタン合金 (Ni-Ti, β -Ti) ワイヤーとステンレスおよびコバルトクロムワイヤーの電氣的溶接法とレーザー溶接法を比較し、接合強度の検討を行った。

チタン合金ワイヤーの同種での接合では、破断時の最大荷重、伸びともに、レーザー溶接法が電氣的溶接法より有意に高い値を示した。レーザー溶接はステンレスやコバルトクロムよりチタン合金に有効な接合法であるといえる。その理由としては、チタンはステンレスやコバルトクロムに含まれる鉄、ニッケル、クロムそしてコバルトと比較して高いレーザー吸収能と低い熱伝導率を有することと考えられる。その他の理由としては、電氣的溶接法の金鑑がチタン合金よりステンレスやコバルトクロム合金と高い親和性を有するためと考えられる。また、興味深い結果はベータ・チタンの同種溶接ではコントロールと同等の破断時の最大荷重を示していることである。これは、 Ti_2Ni の形成が関与すると考えられる。

また、異種ワイヤー間での接合では、破断時の最大荷重、伸びは電氣的溶接法の方がレーザー溶接法より有意に高い値を示した。異種ワイヤー間での溶接においてレーザー溶接法よりも電氣的溶接法が有効な理由は、レーザー溶接法ではレーザーにより試験片が熔融し金属化合物が形成され接合し引張り強度に関与するのに対し、電氣的溶接法では金鑑が熔融し試験片を覆うことで接合強度を示している。従って、金鑑量の増加は接合強度の増加をもたらす可能性があるが、破断時の最大荷重が最低でも約 80 ニュートン (約 8 kgf) を示した電氣的溶接法はグラム単位の矯正力を考慮すると、臨床応用が十分可能な強度を有すると考えられる。