

납작 방법에 따른 교정용 와이어의 기계적 특성 비교

이 혜 진, 홍 민 호

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

A Comparative Evaluation of Mechanical Properties of Orthodontic Wire Joints according to Soldering Methods

Hye-Jin Lee, Min-Ho Hong

Department of Dental Laboratory Science, Graduated School, Catholic University of Pusan

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to compare the tensile strength and mechanical properties of orthodontic wire joints made by gas soldering and laser welding, with and without filling material, to identify the effectiveness and potential clinical application of laser welded orthodontic wires.

Methods: Three joint configurations of orthodontic wire were used: diameter 0.9 to 0.9mm wire, diameter 0.9 to 0.5mm wire and diameter 0.9mm wire to band. The joints were made using three different methods: gas soldering, laser welding with and without filling material. For each kind of joint configuration or connecting method 7 specimens were carefully produced. The tensile strengths were measured with a universal testing machine (Zwick/Roell, Instron, USA). The hardness measurements were carried out with a hardness tester (Future-Tech Co. Tokyo, Japan). Data were analyzed by AVOVA ($p = .05$) and Turkey HD test ($p = .05$).

Results: In all cases, gas soldering joints were ruptured on a low level on tensile bonding strength. Significant differences between laser welding and gas soldering ($p < .05$) were found in each joint configuration. The highest tensile strength means were observed for laser welding, with filling material, of 0.9 to 0.9mm wire joint.

Conclusion: In conclusion, the elastic modulus and tensile strength means of laser soldering with filling material were the highest, and the tensile strength means of laser soldering were higher than those of gas soldering.

○ **Key words :** Stainless steel wire, Gas soldering, Laser welding, Bonding strength, Elastic modulus

교신저자	성명	홍 민 호	전화	051-510-0599	E-mail	mhong@cup.ac.kr	
	주소	부산광역시 금정구 부곡동 부산가톨릭대학교 치기공학과					
접수일	2014. 9. 11		수정일	2014. 11. 27		확정일	2014. 12. 17

I. 서 론

교정장치를 제작하는데 있어 교정용 와이어 (orthodontic wire)는 장치의 고정을 위한 유지부와 치아들을 이동하기 위한 교정력 발휘에 이용되는 중요한 치과 재료이다. 교정용 와이어는 일반 공업용 선재와는 달리 구강 내에서 변색이나 부식이 없어야 하며, 가열에 의해서 연화되지 않고 열처리 경화성을 가져야 할 뿐만 아니라, 교정장치 제작시 다른 와이어 또는 스테인리스 스틸 밴드 (stainless steel band)에 납착(soldering)이 필요하므로 납착 및 가공조작이 용이해야 한다. 또한 납착 후에도 지속적으로 교정력을 나타낼 수 있는 특성이 유지되어야 하며, 구강 내에서 화학적으로 안정되어 위해작용도 없어야 한다(O'Brien, 1978; Phillips, 1982).

현재 교정용 와이어를 납착할 때 주로 가스 납착이 이용되고 있다. 가스 납착 시 납착 연결부에 불가피하게 가스가 유입되어 기포가 남게 되어 연결부의 강도를 저하시켜 사용 중 파절될 수 있으며, 또한 조작 실수 경우에는 납착 금속과 모금속이 과열되어 과산화를 일으켜서 이온 확산을 일으킨다. 이러한 열 영향부위는 강도를 저하시키고 변색과 부식을 일으키는 원인이 되는데(고연진, 2000), 부식은 교정장치에 심미적으로 좋지 못할 뿐 아니라 장치의 기계적 성질에도 좋지 않은 영향을 끼치게 된다.

교정장치에 부식이 일어나면 금속이 유리되어 표면의 변화가 초래되고 선재의 부피가 감소되어 치아에 작용하는 힘이 감소된다고 한다. 또한 응력이 집중되는 부위에서 금속이 파절되기도 한다(최철민 등, 1990). 이렇듯 가스 납착 시 교정용 와이어의 높은 가열 온도가 와이어의 인장강도, 항복강도를 낮게 하며, 파단변위와 연신율은 높게 변화시킨다(이규선, 2010). 이러한 가스 납착법의 문제점 보완과 해결을 위해 레이저 용접에 관한 연구가 시행되고 있다. 레이저 용접은 소재에 의한 반력과 변형이 적으며, 복잡하거나 미세한 형상의 가공도 가능하며, 부식이 적고 모형 상에서 직접 용접이 가능하여 높은 생산성을 갖는 등 많은 장점을 가지고 있다. Wiskott 등 (1997)은 다른 접합방법에 비하여 레이저 용접된 경우가 모금속의 구조를 적게 변화시켜 모금속의 물리적인 성질을 가장 잘 유지할 수 있다고 하였다.

김경남 등 (1997)은 납착 분위기에 따른 교정용 와이어의 레이저 납착효과에 대한 연구보고에서 교정용 와이어의 레이저 납착시 납착 분위기에 관계없이 인장-파절 하중이 가장 우수하다고 보고 하였고, Bock 등 (2008)은 스테인리스 스틸 와이어의 납착과 자가납착(welding) 방법에 따른 인장강도와 결합강도, 충전재의 유무에 따른 연결부 형태의 파절 강도에 대한 연구를 통하여 레이저 용접의 추가적 충전 재료의 사용이 와이어 결합부의 기계적 성질과 결합강도에 영향을 준다고 보고하였다. 이와 같이 교정용 와이어에 레이저 용접을 적용하고자한 연구보고들이 있지만 현재 다른 치과용 합금을 연결할 때 레이저 용접이 많이 사용되고 있는데 반해 치과 교정용 와이어 접합 시 레이저 용접이 적용되어 사용되지 못하는 것은 아직 이에 대한 연구가 충분이 이루어지지 못한 이유로 생각된다.

이에 본 연구는 임상에서 많이 이용되고 있는 두 가지 직경의 교정용 와이어를 사용하여 일반적인 레이저 용접법인 자가납착과 충전금속을 이용한 납착을 시행하고 기존의 가스 납착과 결합강도와 탄성계수 및 경도를 비교하여 교정용 와이어의 접합에서 레이저 용접의 효용성과 임상응용 가능성에 대하여 알아보하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

본 실험에 스테인리스 스틸의 원형 와이어 (remanium® straight wires, Dentaaurum, Germany)를 사용하였다. 모선은 0.9mm 직경의 와이어를 사용하였고, 모선과의 결합강도 및 납착 후 모선의 기계적 성질 변화를 보기 위해 납착되어지는 보조선으로 모선과 동일한 0.9mm 직경의 와이어, 0.5mm 직경의 와이어와 스테인리스 스틸 밴드(1 Molar band, Tomy Inc, Japan)를 사용하였다(Table 1).

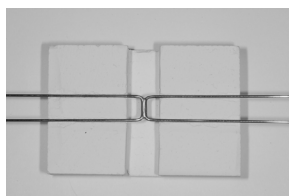
Table 1. Chemical composition in weight % of tested wire

Stainless steel alloy (remanium [®])	
C	0.05-0.15
Si	≤2.0
Mn	≤2.0
Cr	16.0-19.0
Mo	≤0.8
Ni	6.0-9.5
P	≤0.045
S	≤0.015
Other	N≤0.11
Fe	rest

2. 시편 제작

1) 결합강도 관찰 시편 제작

스테인리스 스틸 교정용 와이어를 이용하여 와이어 접합부의 인장강도를 측정하기 위한 시편을 제작하였다. 0.9mm 직경의 모선의 와이어를 접합부가 6mm가 될 수 있도록 영플라이어를 사용하여 90°의 각으로 “ㄷ”자 형태로 bending 하였다. 모선에 연결될 두 종류의 0.9mm, 0.5mm 직경의 와이어도 같은 형태로 bending 하였다(Fig. 1).



stone block for specimens production

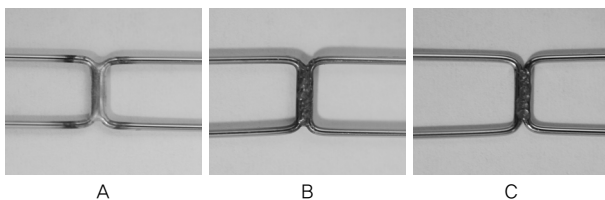


Fig. 1. Specimens of bonding strength test

- A. Gas solder,
- B. Laser solder (with filling material)
- C. Laser welding (without filling material)

bending 되어진 모선과 보조선을 접합되어질 6mm의 부

분이 맞게 하여 같은 위치에서 납작되어질 수 있도록 석고 블록을 제작하여 와이어를 위치시키고 세 가지 방법으로 납작하였다.(Table 2, Fig. 1)

가스 납작은 제작한 석고 블록에 와이어를 고정할 수 있도록 파여진 홈에 위치시켜 와이어를 고정하고 맞닿아 있는 연결부에 일정량의 flux(Unitek Soldering Flux, 3M Unitek, USA)를 도포한다. 용제가 원래의 흰색에서 투명한 상태가 될 때까지 가열한 후, 같은 직경의 와이어 접합의 경우 각 24mm 길이의 은납을 위치시키고, 다른 직경의 와이어 접합의 경우 12mm 길이의 은납을 위치시킨 다음 납작하였다. 은납은 silver solder(Hartlot Hard solder, Dentaaurum, Germany)를 사용하였으며, gas torch(GT 3000 Piezo gas torch, Prince, Japan)의 flame adjustment handle을 이용하여 불꽃이 약 1 inch가 되도록 조정후 불꽃의 reducing zone에서 납작시켰다.

시편의 접합 형태에 따라 은납의 양을 달리한 것은 각 조건에서 납작될 와이어가 충분히 감싸질 만큼의 최소한의 양을 정하여 적용한 것이며, 임상경험을 바탕으로 제작된 모든 시편이 동일한 납작이 되도록 세심한 주의를 하였다.

레이저 용접은 충전금속이 포함된 납작과 충전 금속이 포함되지 않은 자가 납작의 두 가지 형태로 제작하였다. 충전 금속은 모금속과 같은 스테인리스 스틸을 사용하였고, 제작한 석고 블록에 모선의 와이어와 연결되어질 보조 와이어를 연결부가 맞게 고정하여 아르곤가스 분위기 하에서 레이저 용접을 시행하였다. 레이저 용접은 레이저 용접기(Laserstar, Crafford, USA)를 사용하여, 적절한 parameter (300 V, spot size 0.5mm, pulse duration 1.0 ms) 적용 하에서 시행하였다.

2) 기계적 특성 관찰 시편 제작

와이어 접합 후의 모선의 탄성계수와 경도 변화를 알아보기 위해 준비된 와이어를 이용하여 시편을 제작하였다. 0.9mm 직경의 길이 300mm 모선의 스테인리스 스틸 와이어를 준비하고 접합되어질 보조선으로 0.9mm, 0.5mm 직경의 길이 30mm 와이어를 준비하여 Fig. 2와 같이 납작하여 연결하였다. 모선의 길이를 300mm로 한 것은 인장 시험 시 jig에 고정하기 위한 최소 길이가 300mm이기 때문이다.

납작 방법은 인장강도 관찰 시편과 동일하게 3가지 방법으로 시행하였다.(Table 2)

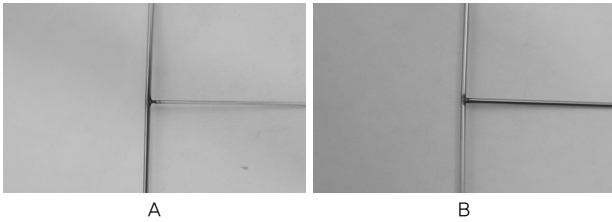


Fig. 2. Specimens of tensile test(elastic modulus)

- A. $\Phi 0.9\text{mm} + \Phi 0.9\text{mm}$
- B. $\Phi 0.9\text{mm} + \Phi 0.5\text{mm}$

Table 2. Classification of experimental group (bonding strength test n=10),(tensile test n=10)

Group	used wire(mm)	bonding method
GS99		Gas solder
LS99	$\Phi 0.9 + \Phi 0.9$	Laser solder (with filling material)
LW99		Laser welding (without filling material)
GS95		Gas solder
LS95	$\Phi 0.9 + \Phi 0.8$	Laser solder (with filling material)
LW95		Laser welding (without filling material)

3. 실험 방법

1) 결합강도 및 탄성계수 관찰

납작 방법에 따른 연결된 와이어의 결합강도를 평가하기 위해 인장시험을 실시하였다. 준비된 시편을 만능시험기 (Zwick/Roell, Instron, USA)의 jig에 loop로 감아서 고정하고, 인장 시험하여 접합부분의 파절강도를 측정하였다. 500 N의 load cell을 가지고, 이동속도(cross head speed)는 10mm/min, 와이어의 초점거리는 161.5mm로 실시하였다. 와이어의 접합부가 파절될 때까지 인장 시험을 하여 최대 인장강도 값을 얻을 수 있었다. 각 조건의 실험 군들은 10개씩의 선재로 구성되어 평균치를 산출하였다.

그리고 탄성계수 변화는 기계적 특성을 관찰하기 위해 준비된 시편의 모선을 이용하여 인장시험을 실시하였고, 응력-변형률 곡선에서 탄성계수를 계산하였다.



Fig. 3. Universal testing machine of tensile test

2)경도변화 관찰

납작 방법과 연결형태의 조건에 따라 분류된 6종의 시편을 경도측정을 위하여 Mounting Press(MOT-FTA2, 에프텍기기, 한국)와 AM1133(ALPHA, USA)을 이용하여 고정 (Molding)을 실시하고 Phoenix Beta Grinder /Polihser(BUEHLER®, USA)를 이용하여 경면연마를 실시하였다. 각 시편은 Micro Vickers hardness tester (Future-Tech Co. Tokyo, Japan)를 사용하여 Test load 100 gf, Dwell time 15 sec 조건으로 경도를 측정하였다. 경도는 모선의 결합부를 중심으로 1mm 간격에 10mm 까지 총 10개 부위를 측정하였다.

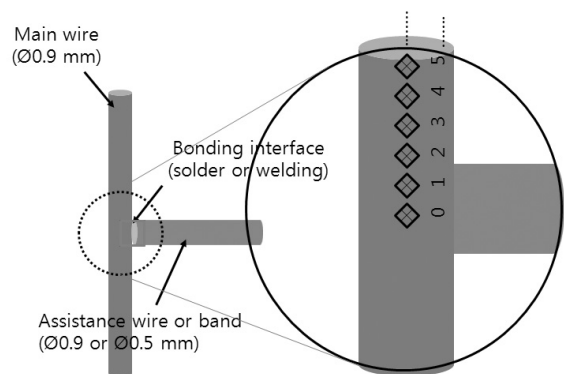


Fig. 4. Schematic diagram of the specimen for hardness tests

3) 통계분석

통계 분석은 SPSS(Ver. 17.0 for Win, SPSS Inc., USA)를 이용하여 시행하였으며, 인장강도, 탄성계수의

평균과 표준편차를 계산하였고, 일원배치분산분석(One-way ANOVA analysis)을 시행하여 비교 분석하였다. 각 군간의 유의성 검증을 위하여 Tukey HSD test를 이용하여 95% 유의 수준에서 검증하였다.

III. 결 과

1. 인장강도 측정 결과

납작 방법에 따른 와이어의 결합강도를 알아보기 위하여 제작된 시편을 인장시험을 실시한 결과를 <Fig. 5, 6>에 나타내었다.

1) 동일한 직경 와이어 연결 시편

Φ0.9mm 와이어와 Φ0.9mm 와이어의 동일한 직경의 와이어를 연결한 시편에서는 가스 납작한 GS99 군의 평균과 표준편차가 495.85 (±132.43) N, 충전금속을 포함한 레이저 납작을 실시한 LS99 군은 749.01 (±67.80) N, 충전금속을 포함하지 않은 레이저 자가납작을 실시한 LW99 군은 559.04 (±56.90) N으로 나타났다.(Fig. 5)

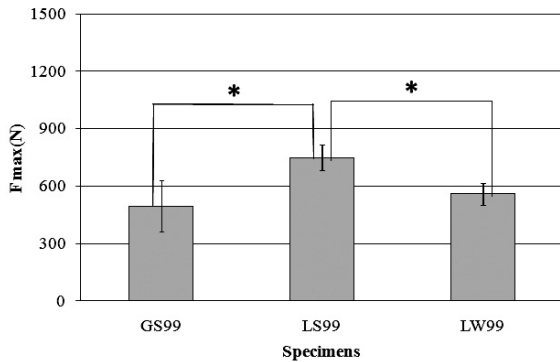


Fig. 5. Ultimate tensile strength values (N) of same diameter wire bonding tested groups (* p< .05)

2) 다른 직경 와이어 연결 시편

Φ0.9mm 와이어와 Φ0.5mm 와이어의 다른 직경의 와이어를 연결한 시편에서는 가스 납작한 GS95 군의 평균과 표준편차가 172.33 (±49.03) N, 충전금속을 포함한 레이저 납작을 실시한 LS95 군은 274.69 (±38.43) N, 충전금속을 포함하지 않은 레이저 자가납작을 실시한 LW95 군은 313.15 (±36.81) N으로 나타났다.(Fig. 6).

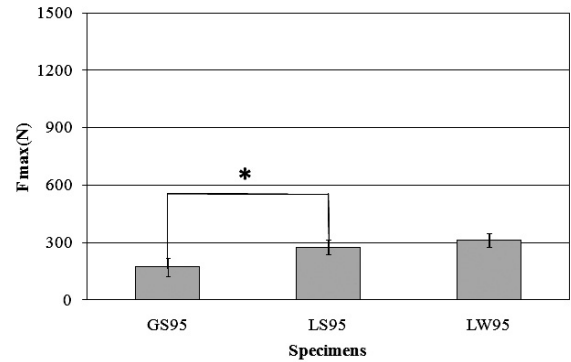


Fig. 6. Ultimate tensile strength values (N) of different diameter wire bonding tested groups (* p< .05)

2. 탄성계수

납작방법에 따른 모선의 기계적 특성 변화를 비교하기 위해 제작된 시편의 탄성 계수와 표준편차를 <Table 3, 4>에 나타내었다.

1) 동일한 직경 와이어 연결 시편

Table 3. Means of Elastic modulus (GPa) of same diameter wire bonding specimens

Group	Mean	SD
GS99	103.22	13.34
LS99	104.94	10.63
LW99	96.93	12.18

실험의 통계학적 유의차를 살펴보기 위한 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 모든 시편 군들 간에 유의한 차이가 없었다.(p> .05)

2) 다른 직경 와이어 연결 시편

Table 4. Means of Elastic modulus (GPa) of different diameter wire bonding specimens

Group	Mean	SD
GS95	118.77	10.46
LS95	98.47	15.76
LW95	111.14	5.37

각 실험군의 탄성계수 차이의 유의성을 검증하기 위해 일원배치 분산 분석을 실시하였다. 분산분석 결과 가스 납작한 GS95 군 평균값이 가장 높게 나타났고, 레이저 납작한 LS95 군이 가장 낮게 나타났다(p< .05).(Table 4)

사후검정을 위한 다중비교분석 결과 평균값이 가장 높게 나타난 GS95 군과 가장 낮게 나타난 LS95군 사이에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). LW95 군은 두 가지 다른 시편 군과 유의한 차이가 나타나지 않았다. ($p > .05$)

3. 경도 측정 결과

납착방법에 따른 모선의 기계적 특성 변화를 비교하기 위해 제작된 시편의 모선을 경도 시험한 결과 모든 시편에서 거리에 따른 경도 변화가 거의 나타나지 않았으며, 납착 방법에 따른 눈에 띄는 차이 또한 보이지 않았다.

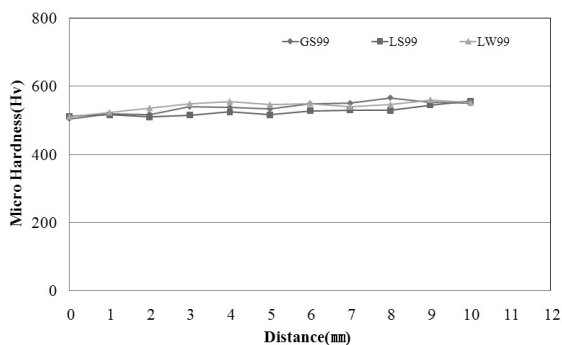


Fig. 7. Hardness values of same diameter wire bonding tested groups

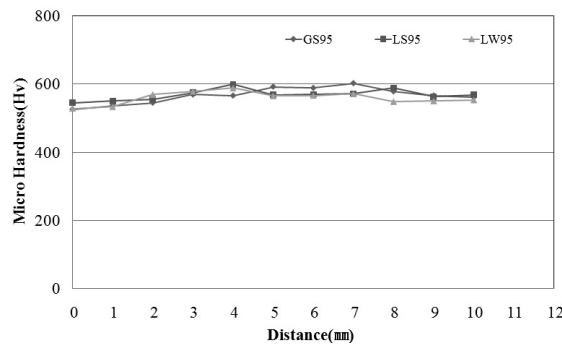


Fig. 8. Hardness values of different diameter wire tested groups

IV. 고찰

치과 교정용 스테인리스 스틸 와이어를 이용하여 교정장치를 제작할 때 모선재와 보조선재를 결합시키거나 밴드와의 연결을 위해서 자가납착(welding) 또는 납착(solder)을 하게 된다. 자가납착은 다른 금속을 첨가하지 않고 결합시키고자 하는 두 금속에 전기를 통하게 하여

전기저항에 의한 부분적인 온도상승으로 금속분자가 융착되는 과정을 말하며, 납착은 금속의 두 부분을 제 3의 금속을 이용하여 결합시키는 납착방법이다(Craig, 1989).

현재 이용되고 있는 납착방법에는 가장 손쉬운 gas torch를 이용하는 가스 납착방법이다. Gas torch soldering은 gas torch의 reducing zone을 이용하여 직접 불꽃으로 납착재를 용융시켜서 납착하는 방법으로 손쉬운 방법이라는 하나 선재의 연화와 변색을 야기하는 것이 보통이다(김지연 등, 1993).

Gas torch를 이용하여 와이어를 결합하는데, 사용되는 gas 중 propane gas의 불꽃이 가장 높은 온도를 나타낸다고 하였다(Phillips, 1991). 치과 교정장치 제작 시 gas torch를 사용하여 납착하는 경우 중심부의 온도는 최소 700°C, 최대 800°C이며 평균 750°C로 가열되고 있다(고연진, 2000). gas torch를 이용하여 677°C 이상으로 가열하여 납착하는 경우 불꽃의 범위가 확대되고 철 이온격자에 탄소가 침착됨으로 인하여 연화현상이 넓게 확산될 우려도 제기된다고 하였다(O'Brien, 1989). 즉 치과 교정용 와이어를 가공하는 과정에서 형성된 경도, 인장강도, 비례한도의 증가와 연성의 감소는 납착하는 동안 annealing 되면서 경도, 인장강도, 비례한도는 감소하고 연성은 증가한다(Phillips, 1982). 치과 교정장치 제작용 와이어의 연성 증가는 원형으로 돌아가는 한계를 나타내는 탄성한도, 비례한도, 최대 휨성 등이 낮아질 수 있다고 보고되었다(이규선, 2010).

자가납착은 납착에 비해 술식이 단순하고 간단한 반면 여러 가지 문제점을 지니고 있다. 자가납착의 경우 선재는 자가납착되는 부분의 열 영향부위가 매우 넓으며 자가납착기의 구조상 압력을 가하는 동안 선재는 고온의 용융상태가 되어 set down, 휨 등의 외형변화가 나타날 수 있고, 또 재료가 갖는 특성 즉, 전기 및 열전도에 따라 납착 자체가 불가능한 경우도 있으며 납착에 비해 인장-파절 하중이 낮은 경우가 대부분이다(김정남 등, 1997).

최근 치과에도 다양하게 응용되고 있는 레이저는 교정용 와이어 같이 매우 작은 부분의 연결에 필요한 정확성과 고에너지 고밀도의 납착을 제공하기 때문에 납착과정에서의 정확성은 물론 순간적인 열의 발생으로 열에 의한 재료의 영향부는 감소되며 이종금속을 이용하는 것이 아

나라 모재 자체를 가열 용융시키므로 높은 결합력과 부식 저항성을 가질 수 있다는 장점이 있다(김경남 등, 1997).

교정용 선재의 레이저 납작효과와 레이저 용접으로 연결한 교정용 와이어의 접합부의 파절강도에 관한 연구들이 보고되고 있으나 탄성계수나 경도와 같은 기계적 성질에 관한 보고는 부족하다.

이에 본 연구는 스테인리스 스틸 교정용 와이어를 사용하여 가스 납작과 레이저 용접을 실시하여 각각 납작법에 따른 인장 결합강도를 알아보고자 하였다. 연결 형태는 교정장치 제작 시 가장 많이 사용되는 연결 형태인 $\phi 0.9$ mm 와이어와 같은 직경의 $\phi 0.9$ mm의 와이어의 접합, spring 연결 시 많이 사용되는 $\phi 0.9$ mm 와이어와 $\phi 0.5$ mm 와이어의 접합의 두 가지 연결형태를 사용하였다.

인장강도 시험에서 두 가지 연결형태를 각각의 납작법에 따라 접합하여 시행하였는데 그 결과 0.9mm의 같은 직경의 와이어를 연결한 형태에서 충전금속을 포함한 레이저 납작을 실시한 LS99 군이 749.01 (± 67.80) N으로 가장 높은 결합강도 값을 나타내었다. 다른 직경의 와이어를 연결한 시편에서는 충전재를 포함하지 않은 레이저 자가납작한 LW95 군이 313.15 (± 36.81) N으로 가장 높게 나타났으나 통계학적 유의차는 없었다. GS95 군과 LS95 군 간의 평균차이는 충전재를 포함한 레이저 납작을 실시한 LS95 군이 274.69 (± 38.43) N으로 가스 납작한 GS95 군에 비해 더 높게 나타났으며, 통계학적 유의한 차이가 있었다. 와이어의 연결 형태에 따른 두 가지 시편 군들 모두 레이저 용접이 가스 납작보다 균일한 강도를 나타내었다. 이상의 결과로 보아 인장강도는 가스 납작보다 레이저 용접이 더 우수한 것으로 보이며, 레이저 용접 중에서도 충전금속을 포함한 레이저 납작이 더 우수한 것으로 보인다.

탄성계수는 연결 형태에 따라 다른 양상이 보이고 있다. 같은 직경의 와이어의 결합에서는 LS99 군이 가장 큰 탄성 계수를 보였으나 모든 시편들 간에 유의한 차이가 없었다. 다른 직경의 와이어의 결합에서는 GS95 군이 가장 높은 값을 보였으며, 가장 낮은 값을 보인 LS95 군과 유의한 차이가 있었다.

열처리 시 와이어의 기계적 성질 변화는 열처리 시 온도와 시간에 의존하는 것으로, 적절한 열처리 온도와 시간

에 대해서는 학자마다 다르게 주장하고 있다(최철민 등, 1990). 스테인리스 스틸 와이어의 경우 저온 열처리에 의해 호선의 비례한계와 탄성계수가 증가된다고 하였으며, 대부분 800° F 인팍의 낮은 온도에서 좋은 결과를 얻었다고 보고하고 있다.

열처리에 의하여 탄성강도와 탄성에너지는 증가하나 탄성계수에는 큰 변화가 생기지 않는다. 즉 다시 말하면 열처리에 의하여 호선이 변형되는 정도는 변화하나 특정한 변형을 일으키기 위한 힘의 크기는 변화하지 않으며 잔류응력의 세기정도는 온도의 상승과 상관관계를 갖는다. 그러나 와이어의 annealing이 시작되는 온도 즉 스테인리스 스틸 와이어의 경우 1100° F (593° C)를 넘지 않도록 조심하여야 한다. 이 온도를 넘으면 아무리 짧은 시간이라도 비례한계와 인장강도의 감소를 초래한다(허택 등, 1992). 스테인리스 스틸 와이어의 경우 700° C 이상, 코발트 크롬 와이어의 경우 800° C 이상으로 열처리하면 강도 및 탄성이 감소하기 시작한다(정미 등, 1989).

다른 직경의 와이어의 접합에서 가스 납작 군이 가장 큰 값을 보인 것은 0.5mm 직경의 가는 와이어와의 접합부가 좁게 한정되어 모선의 연화범위가 좁아졌으며, 비교적 적은 양의 납작재의 사용으로 모선의 가열 시간이 단축되어 과열되지 않고 650° C 전후의 적정온도에서 납작되었기 때문으로 사료된다.

그러나 임상에서는 본 연구에서 탄성계수 측정을 위하여 제작된 시편 형태 그대로 접합되는 경우는 드물며 0.5mm의 가는 직경의 와이어를 모선재에 연결할 때 시편에서보다 더 넓은 접합부가 형성되도록 하고 있다.

경도는 와이어의 연결 형태나 납작법에 따른 시편 군 간에 눈에 띄는 차이가 나타나지 않았다. 경도 관찰 시편은 여러 개의 시편을 관찰 측정하여 통계분석하지 않고 연결 형태와 납작법에 따른 하나의 시편만을 시험하였으므로 본 연구의 결과 만으로 단정하기에는 다소 무리가 있는 것으로 보인다. 따라서 좀 더 정확한 변화 양상을 살펴보기 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 같은 직경 와이어를 연결했을 때 최대 인장강도는 가스 납착보다 레이저 용접이 더 높은 값을 나타내었고 레이저 용접 시편 중에서도 충전금속을 포함한 레이저 납착을 실시한 LS99 군이 가장 높게 나타났다($p < .05$).

2. 다른 직경의 두 와이어를 연결했을 때에도 같은 직경 와이어를 연결했을 때와 마찬가지로 레이저 용접을 실시한 것이 가스 납착에 비해 최대 인장강도가 더 높게 나타났다($p < .05$).

3. 다른 직경의 와이어를 연결한 시편에서는 충전금속을 포함한 레이저 납착한 것보다 가스 납착한 것이 탄성계수가 더 높게 나타났다($p < .05$).

4. 경도는 와이어의 연결 형태나 납착법에 따른 시편 군들 간에 눈에 띄는 차이가 나타나지 않았다.

5. 이상의 결론으로 인장강도는 충전금속 없이 자가납착한 시편 보다 충전금속이 포함된 납착한 시편이 좋았으며, 그 중에서도 가스 납착한 시편보다 레이저 납착한 시편이 인장강도가 더 높게 나타났다.

REFERENCES

Ko YJ. A study on the tensile strength of joints soldered with gas-oxygen torch and welded with laser. Department of prosthodontics, school of dentistry, chosun university, 2000.

Kim GN, Kim GM, Lee SB. Effect of laser on orthodontic wires according to welding atmosphere. The journal of the korea research society of for dental materials, 24 (2), 361-370, 1997.

Kim JY, Kim GN. Property changes of orthodontic wire and soldered joint according to dental silver solders and soldering methods. 8, 17-36, 1993.

Lee GS. Impact on the characteristics by heating temperature change during orthodontic wire solder. The journal of the korea academy of dental technology, 32, 65-74, 2010.

Choi CM, Lee BT. The Effects of Heat Treatment on Mechanical Properties and metal Release from Heat-Treated Orthodontic Archwirts. The Korean Journal of orthodontists, 20(2), 381-390, 1990.

Choung M, Yang, KH. The effect of heat treatment on three kinds of orthodontic wires. Department of pedodontics, college of dentistry, Chonnam National University, 22(1), 193-206.

Craig RG. Restorative dental materials, 8th edition, C.V. Mosby Co. St. Louis, 417-424, 1989.

Bock JJ, Bailly J, Gernhardt CR, Werner Fuhrmann RA. Fracture strength of different soldered and welded orthodontic joining configurations with and without filling material, J Appl Oral Sci, 16(5), 328-335, 2008.

O'Brien WJ, Ryge G. An outline of dental materials. Philadelphia, W. B. Saunders. Co, 307-319, 1978.

O'Brien WJ. Dental materials-properties and selection, Quintessence Publishing Co. Chicago, 419-435, 1989.

Phillips PW. Skinner's science of dental materials. 8th edition, 534-546, 598-612, 1982.

Phillips PW. Skinner's science of dental materials. 9th edition, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 529-536, 1991.

Wiskott HWA, Macheret F, Bussy F, Belser UC. Mechanical and elemental characterization of solder joints and welds using a gold-palladium alloy, J Prosthet Dent, 77(6), 607-616, 1997.