

플라스틱 손목보조기의 응력 해석 연구

Stress analysis of plastic hand sprint

장대진* · 이한림** · 김명희*** · 양현석****

Dae-Jin Jang, Han-Lim Lee, Myung-Hoe Kim, Hyun-Seok, Yang

Key Words : Hand splint; Wrist joint(cock up splint); Strain gage sensor; Hemiplegic Patient.

ABSTRACT

This study was tested for the bending stress analysis of hand splint for Hemiplegic Patients. Hemiplegia was represented the stroke and the cerebral palsy. Hand splints of four materials was an Orthoplast hand splint, a Polypropylene hand splint, a Yogips hand splint and an Aluminum hand splint. The Stress Analysis system was made by the electronic oscilloscope, strain gage sensors, amplifier, A/D converter, PC with C program. It will be able to using the important data in splint design. The results of analysis were obtained various different graphes and maximum data in an Orthoplast hand splint, a Polypropylene hand splint, a Yogips hand splint and an Aluminum hand splint.

1. 서론

뇌졸중환자는 매년 약 6만명 이상의 환자가 발생하며 현재 약 20만명 이상의 환자가 존재하고 있는 것으로 추정되고 있다. 이러한 뇌 손상에 의한 편마비 환자의 손목하수(wrist drop)와 손목관절 구축의 예방 및 치료를 위해서 손목보조기를 착용하는 것은 매우 필요한 일이다.

일반적으로 편마비 환자는 손목관절 구축과 마비로 인해서 손의 정상적인 기능이 저하되지만, 손목보조기를 착용할 경우 손목하수(wrist drop)의 기능회복과 치료용으로 다양한 보조기를 사용한다.

Fig. 1과 같이 다양한 종류의 손목보조기로는 orthoplast hand splint, polypropylene hand splint, yogips hand splint, aluminium hand splint 등이 있다.

편마비 환자의 전형적인 장애는 손목의 내전과 쥐기, 농기와 같은 손 기능 상실과 손목관절의 구축으로 손목 기능에 많은 장애가 발생한다.

본 연구의 목적은 편마비 환자의 손목 기능회복을 위하여 손목보조기의 착용감, 안정성, 내구력 등을 감안한 최적설계를 하고 제작된 4가지 종류의 손목보조기를 착용한 후 발생하는 보조기의 손목부위 응력해석을 생체역학적으로 분석하고자 한다.

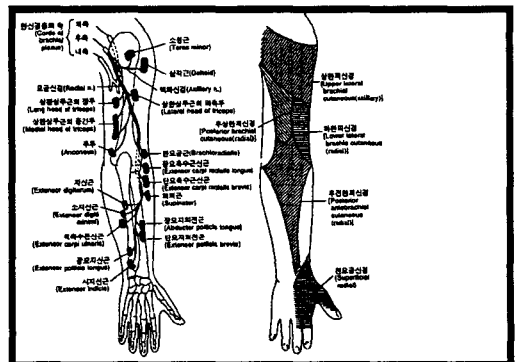


Fig. 1. Distribution of radial nerve

* 연세대학교 대학원 기계공학과
E-mail : djjang@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-2824, Fax : (02) 364-6769

** 순천제일대학 물리치료과

*** 대불대학교 보건학부(연세대학교 대학원)

**** 연세대학교 기계공학과

2. 연구 방법

2.1. 실험 장치



Fig. 2. fatigue stress schematic of Hand Splint

Fig. 2의 실험장치는 다양한 재료를 사용한 4개의 손목보조기(hand splint)와 피로응력 측정센서 (strain gage sensor), A/D converter, PC, oscilloscope로 구성하였다.

본 연구에서 사용된 4 종류의 hand splint 실험 재료는 orthoplast, P.P(polypropylene), yogips, aluminium이며 직접 설계 및 제작하였다(표 1).

표 1. Material and specification of hand splint

	1,4번 사이넬이	1,4번 사이두께	1,4번 사이길이	1,4번 사이무게
1. Aluminium	2 cm	3mm	25cm	29g
2. yogips	7 cm	3mm	23cm	25g
3. orthoplastic	2 cm	3mm	25cm	24g
4. polypropylene	2 cm	3mm	25cm	28g



Fig. 3. 6 strain gage sensor attached on four hand splints

4 종류의 hand splint에 6개의 strain gage sensor를 각각 부착하였다. 센서부착 위치는 엄지손가락(1, 2, 3번 gage)과 약지쪽(4, 5, 6번 gage)이며 보조기 손목을 중심으로 아래위 2cm 떨어진 곳과 1.3cm간격으로 나뉘어 표면에 총 6개를 부착하였다(Fig. 3).

Strain gage sensor는 손목보조기를 착용하는 동안 피로 파괴가 일어나는 동적 응력을 측정하기 위해서 부착하였다. Strain gage sensor는 손목의 wrist drop 작용 때 나타나는 재료내부의 압축응력에 의한 발생 저항을 amp. 내부에 설치된 wheastone 브리지 회로를 통하여 전압으로 전환하여 측정한다.

A/D converter를 통하여 filtering 하고 digital한 후 PC에 내장된 C program을 통하여 oscilloscope와 monitor에 동시에 분석한다. 이때 사용한 strain gage sensor는 CAS사에서 제작된 strain gage sensor이다(Fig. 4).

Strain gage amplifier는 전자부품 60여종을 구입하여 직접 설계 제작하였다. amplifier는 총 6 channel을 측정할 수 있으며 각 channel에는 Wheastone 브리지회로, 증폭 회로, Low-pass filter 등 세 부분이 내장되어 있다. Wheastone 브리지에는 측정시 온도 보상을 자동으로 조정하기 위해서 resting gage sensor와 working gage sensor를 연결하였다. amplifier의 증폭비는 5.2배이며 amplifier의 성능 테스트는 기본 스테인레스 bar 위에 strain gage sensor를 부착하고 bar에 vibration을 가했을 때 나타나는 신호를 oscilloscope로 받아보았다.

A/D converter는 Darim사 제품인 16 channel 용을 사용하였다(모델명: DR8330, PC 내장형).

Data처리는 A/D converter에서 PC로 들어온 digital 전압 신호를 직접 제작한 C 프로그램을 거쳐서 monitoring하고 기록하였다.

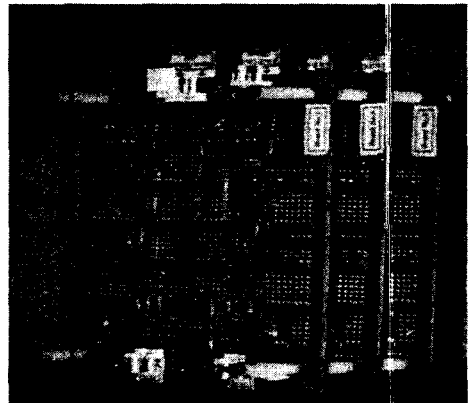


Fig.4 Amplifier, A/Dconverter

2.2. 실험 방법

편마비 환자의 손목하수(wrist drop)치료와 교정용 hand splint로 orthoplast hand splint, polypropylen hand splint, yogips hand splint, aluminium hand splint를 실험에 사용하였다.

손가락 끝에서부터 전완을 보호해주는 손목 보조기에서 피로파괴가 가장 많이 일어나는 부분부터 예측 및 검증하고자 하였다.

손목보조기(hand splint)에서 손목 부분은 보조기에서 가장 좁은 곳이다. 이 부분은 손목의 동작을 지탱하여 주고 스프링역할을 하며 탄력을 유지하여 손목을 보호해주는 아주 중요한 부분이다. 그렇지만 보조기를 오랫동안 착용하면 실제적으로 이곳에서 파손이 가장 많이 일어나기 때문에 손목보조기의 제작 설계시에 세심한 주의가 필요하다.

손목보조기를 굽힐 때마다 6개의 strain gage sensor에서 나오는 저항 신호를 측정하여 strain gage amplifier로 증폭하고 A/D converter를 거쳐서 컴퓨터로 보내고 내장된 C 프로그램에 의하여 데이터를 분석한 후 최종적으로 hand splint의 굽힘응력과 파괴응력을 비교 분석하였다.

남자 편마비 환자의 우측상지 손목보조기의 피로 파괴 굽힘응력 테스트를 실험하였다.

Fig. 5는 Orthoplast hand splint 피로응력 실험이며, Fig. 6.은 Polypropylene hand splint 피로응력 실험이며, Fig. 7.은 Yogips hand splint 피로응력 실험이며, Fig. 8.은 Aluminum hand splint 피로응력 실험이다.

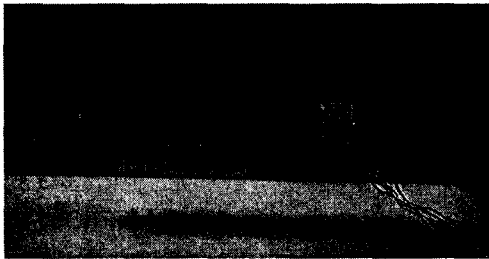


Fig. 5. Fatigue stress experiment Orthoplast hand splint.

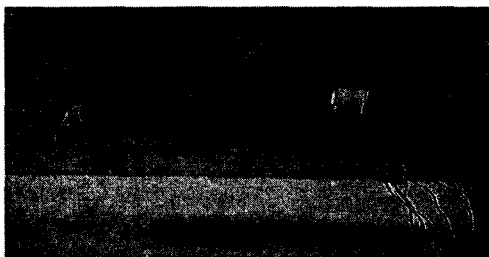


Fig. 6. Fatigue stress experiment Polypropylene hand splint



Fig. 7. Fatigue stress experiment Yogips hand splint

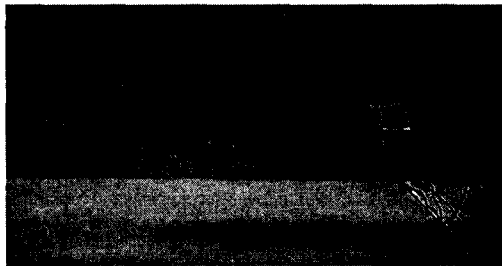


Fig. 8. Fatigue stress experiment Aluminum hand splint

3. 연구 결과

3.1. 응력해석 실험결과

편마비 환자의 손목하수(wrist drop)치료와 교정을 목적으로 4종류의 hand splint로 orthoplast hand splint, polypropylene hand splint, yogips hand splint, aluminium hand splint를 실험에 사용 하였다.

3.1.1 orthoplast hand splint 응력해석 결과

오소프라스트(orthoplast) 손목보조기의 피로파괴 응력 테스트 결과 응력극한값은 0.3 [MPa] 이었다.

세로축은 응력 [MPa] 값이며,가로축은 시간 [Sec] 영역이다.

측정된 응력의 범위는 -0.8 [MPa] ~0.3 [MPa] 이었으며 측정 시간은 10 [Sec] 이었다.

3.1.2 polypropylene hand splint 응력해석 결과

P.P.(polypropylene) 손목보조기의 피로파괴 응력 테스트 결과 응력극한값은 0.05 [MPa] 이었다.

세로축은 응력 [MPa] 값이며 가로축은 시간 [Sec] 영역이다.

측정된 응력의 범위는 -0.35 [MPa] ~ 0.05 [MPa] 이었으며 측정 시간은 10 [Sec] 이었다.

3.1.3 yogips hand splint 응력해석 결과

요깁스(yogips) 손목보조기의 피로파괴 응력 테스트 결과 응력극한값은 0.1 [MPa] 이었다.

세로축은 응력 [MPa] 값이며 가로축은 시간 [Sec] 영역이다.

측정된 응력의 범위는 -0.35 [MPa] ~ 0.05 [MPa] 이었으며 측정 시간은 10 [Sec] 이었다.

3.1.4 알루미늄(aluminium) 손목보조기의 피로 파괴 응력 테스트 특성

알루미늄(aluminium) 손목보조기의 피로파괴 굽힘응력 결과 응력극한값은 0.2 [MPa] 이었다.

세로축은 응력 [MPa] 값이며 가로축은 시간 [Sec] 영역이다.

측정된 응력의 범위는 -0.1 [MPa] ~ 0.1 [MPa] 이었으며 측정 시간은 10 [Sec] 이었다.

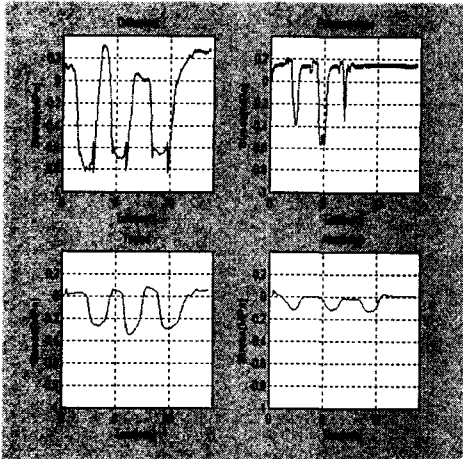


Fig. 9 Hand splints의 피로응력 실험그래프

4. 결론

본 연구는 요골신경(radial N.)마비로 인한 손목하수(wrist drop)을 방지하고 치료하기 위하여 사용되는 손목보조기(Cock-up splint)에서 서로 다른 4 종류의 손목보조기의 피로 파괴 굽힘응력 테스트를 4개의 hand splints를 착용하여 손목의 피로응력 특성을 알아보았다.

실험 결과 손가락 끝에서부터 전완을 보호 해주는 손목보조

기에서 피로파괴가 가장 많이 일어나는 부분을 예측, 검증하였고, 차후 손목보조기의 설계, 제작시에 안전과 내구성을 고려하여 사용할 수 있도록 하는 데이터와 그래프를 취득하였다.

1. 4종류의 재질이 서로 다른 손목보조기의 최대피로파괴 굽힘 현상은 각각의 손목보조기의 내측 2번째 부위에서 발생했으며 손목부위의 2번째 센서(strain gage sensor)에서 critical graph가 나타났다.

2. 손목 보조기 중 진폭이 가장 큰 재료의 순서는 orthoplast Cock-up splint, polypropylen Cock-up splint, yogips Cock-up splint, aluminium Cock-up splint이었다.

참 고 문 헌

- (1) 통계연보, 통계청, 2001.
"Http://www.ncc.or.kr/report/data/pope95.htm,"
- (2) I.A. Kapandji. 2000, " 기능해부학을 위한 관절 생리학", 현문사. pp.132-143.
- (3) 김세주. 2000, " 고려의대 재활의학과 의지 보조기기사 연수교육 2권", p.217.
- (4) 김진호. 1997, "보조기학과 의지학", 대학서림, pp.176-181.
- (5) 김종만. 2000, "신경해부생리학", 정담.p.64.
- (6) Chu T., Reddy N., Padovan J., 1995, " Three-dimensional finite element stress analysis of the polypropylene, ankle foot orthosis: Static analysis." Med. Eng. Phys., Vol.17 No.5 pp.372-9.
- (7) Chu T, Reddy N.P, 1995, "Stress distribution in the ankle foot orthosis used to correct pathological gait", J. Rehab. Rsc. and Devel, Vcl.32, No.4, pp.349-360.
- (8) Wu KK.1990, "Foot orthoses principles and clinical applications." Baltimore, MD: Williams & Wilkins,
- (9) Yamamoto S, Ebina M, Iwasaki M, Kubo S, Kawai H, Hayashi T.1993, "Comparative study of mechanical characteristics of plastic AFOs." JPO, Vol.5, No.3 pp.59-64.
- (10) Chu T, Gent A. 1996, "Bonding methods of strain gages to the polypropylene AFO." Experimental Techniques, Vol.20 No.5 pp.45-52.
- (11) Collins JA. 1981, "Failure of materials in mechanical design." New York: John Wiley & Sons.