

## 수중 시판 경추보조기의 물성에 관한 평가조사

박종철·김경태·서 활

= Abstract =

### An Evaluational Investigation of the Physical Properties for the Commercially Available Cervical Braces

Jong-Chul Park, Kyung-Tae Kim, Hwal Suh

This is to investigate the physical properties of the commercially available Soft, Thomas, Minerva, and Philadelphia cervical braces which are widely used in orthopedics, neurosurgery, and rehabilitation medicine clinics as assisting devices for physical stabilization of cervical vertebrates, to use as a basic data for designing new type brace. Tensile strengths were observed by universal mechanical measuring device and Thomas brace required the highest stress to break by tensile stress. Durabilities against continuous frictional forces were also determined, and Minerva brace demonstrated the longest frictional time until being perforated. According to these results, poly ethlene is recommendable as a frame and preparation of pores in the material is favorable to provide ventilation to skin.

**Key words** : Cervical braces, Strength, Abrasion

### 서 론

경추보조기는 골격용 부자(skeletal splint)의 한 종류로서 임상에서는 경부척추를 외부에서 고정 또는 안정시킬 필요가 있는 환자들에게 널리 사용되고 있으며 여러 종류가 시판되고 있다. 이들 기기는 산업사회의 발달과 교통수단의 고속화로 인한 경추부의 손상사고와, 노인인구의 증가로 인한 경추부의 퇴행성 병변으로 인하여 초래되는 경추부의 장애뿐만 아니라, 3-40대 청장년기의 과로로 인한 경추부의 여러 가지 다양한 병변에 대한 치료에 매우 유용하게 사용되고 있다[1,2].

보조기의 일반적인 사용 목적은 경추의 손상 및 변형의 방지 또는 교정하는 것과 더불어 통증완화와 약해진 근력의 보조역할등으로써, 그 기능은 체간지지기능과 동작제한기능 뿐만 아니라 척추의 재정렬과 체중이동이다. 따라서 경추부의 부상이나 어떠한 병변이 있는 경우 다른 의학적인 치료외에 기능적 조절이나 자세의 조절을 위하여 경추보조기를 착용하게 된다. 이러한 목적으로 착용하게

되는 경추보조기는 그 재질이나 형태에 따라 다양하며, 그 기능적 효과는 생체역학적으로 보조기가 착용자의 경추부에 가하는 힘에 의하여 좌우된다. 또한 이러한 힘의 크기, 가중 및 방향은 대개 1) 보조기의 강도와 디자인, 2) 보조기의 접합(fitting) 정도, 3) 착용자가 보조기에 저항하여 움직이려는 정도 등에 의해 좌우된다[3,4].

일반적으로 경도가 높은 재료일수록 안정적인 고정을 얻을 수 있기 때문에 골격의 외부고정에는 석고가 우선적으로 사용되고 있고, 고정시에는 고정재료와 접촉면이 클수록 생리적으로 발생하는 부하를 분산시키는 데 유리하다. 그러나 경추보조기에서는 악골의 운동을 보장하면서 목 부위를 안정적으로 외부로부터 고정해야하므로 고정기를 제작하는 재료가 적당한 유연성을 가져야할 필요가 있고 지속적으로 접촉하는 피부에 자극을 주지 않으면서 통기성 또한 충분하여야만 하기 때문에 석고 대신 주로 합성고분자를 이용하여 제작하고 있다[5,6]. (그림 1)

현재 널리 사용되고 있는 경추보조기에는 다음과 같은 것들이 있다. 연성경추보조기(Soft collar brace)은 염산

연세대학교 의과대학 의용공학교실

Department of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine

통신저자 : 서 활, (120-140) 서울 서대문구 신촌동12 연세대학교 의과대학 의용공학교실,

Tel. (02)361-5406, Fax. (02)363-9923

표 1. 각종 경추보조기제작에 사용된 재료

Table 1. Material Composition of the Cervical Braces

	Skin ←		Materials		→ Air
	Soft collar brace	Cotton, Poly urethane foam		Poly vinylchloride	
Thomas brace	Nylon, Latex		Poly ethylene		X
Minerva brace	Poly ethylene fiber		Poly ethylene		X
Philadelphia brace	Porous Poly Urethane				



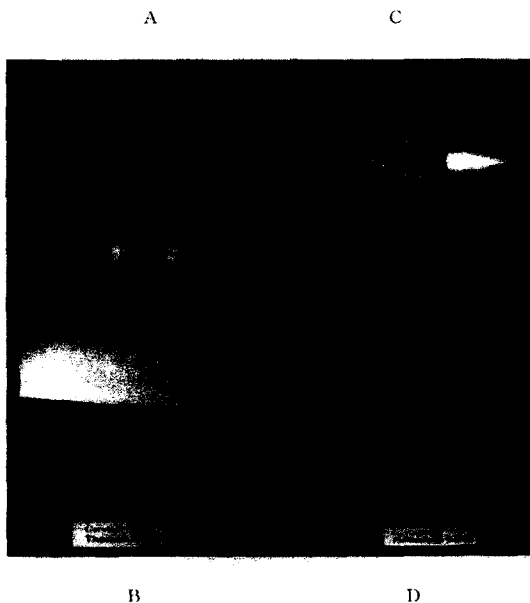
A

B

C

그림 1. 경추보조기의 착용상태

Fig. 1. Cervical braces on wear (A : Philidelphia brace, B : Soft collar brace, C : Thomas brace)



B

D

그림 2. 경추보조기 구성재료

Fig. 2. Materials of lay on layer for the collars. (A : Soft collar brace, B : Thomas brace, C : Minerva brace, D : Philidelphia brace)

비닐수지(poly vinylchloride)로 만든 구조체(frame)의 전체를 다공성 우레탄수지(poly urethane foam)로 만든

스폰지로 감싼 다음 면(cotton)으로 전체피복한 형태로 제작하고, 토마스 경추보조기(Thomas brace)는 고분자량 에틸렌수지(high molecular poly ethylene)로 구조체를 만든 다음 구조체의 변연(edge)가 피부를 자극하지 않도록 나일론으로 피복한 라텍스(latex)로 몰딩(moulding)하는 형태로 제작된다. 미네르바 경추보조기(Minerva brace)는 고분자량 에틸렌수지로 만든 구조체의 전체를 에틸렌수지 섬유로 피복한 형태이다. 이들 경추보조기는 모두 비교적 경도가 높은 구조체를 사용하고 있고 턱(jaw)의 운동을 보장하기 위해서 목 길이(neck length)에 해당하는 체표면에만 제한적으로 제작할 수밖에 없으므로 안정적으로 고정하는 데 어려움이 있다[7].

한편 다공성 우레탄수지를 일체주조(one-piece casting)하여 만드는 필라델피아 경추보조기(Philadelphia brace)는 상견부정(border of the upper shoulder)으로부터 턱의 정중하점부위(mental tip area)을 포함하는 하악정(mandibular border)까지 이르는 광범위한 부위를 고정할 수 있도록 제작되고 있다. 특히 이 보조기는 구조체 전체가 다공성 재료로 되어있기 때문에 피부에 대한 자극이 다른 경추보조기에 비해 적다는 장점을 가지고 있지만, 이는 구조체에 유연성을 높이기 때문에 앞의 다른 보조기에 비해 경추를 안정적으로 고정하는데 상대적으로

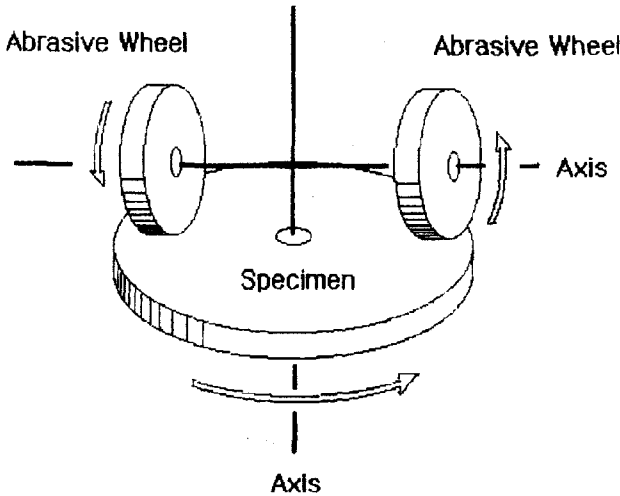


그림 3. 테이버씨 마모시험의 모식도  
Fig. 3. Diagram of the Taber's abrasion test



A B

그림 4. 마모시편 및 테이버시험기  
Fig. 4. Prepared specimen(A) and a Taber's abrasion tester(B)

충분한 재료경도를 제공하지 못하는 이유가 되기도 한다 [8,9]. (표 1) (그림 2)

본 평가조사의 목적은 충분한 유연성과 통기성을 가지면서 경추의 안정화에 필요한 경도를 가진 보조기를 일체 구조하는데 알맞은 재료를 선택하기 위한 정보를 얻기 위한 것으로서, 시판중인 각종 경추보조기의 재료물성을 파악하기 위해 인장강도와 마찰에 대한 내구력을 실험한 것이다.

## 재료 및 실험방법

실험재료로는 시판중인 연성, 토마스, 미네르바 및 필라델피아 경추보조기를 사용하였다. 각각의 보조기에 사용된 재료의 기계적특성을 알아보기 위해 본래의 제작형태에 따른 층(layer)을 분리하여 폭 1cm × 길이 5cm 크기의 시편을 제작한 다음 범용역학측정기(Instron 8511, Instron Corp., Canton, U.S.A.)에서 50kg의 하중편(load cell)을 이용하여 각 시편의 최대응력을 측정하였다. 피복물의 측정시 하중편의 이동속도는 1mm/sec으로 인장율을 조정하였고, 측정주파수(sampling rate)는 5Hz 였으며, 특히 연성, 토마스, 미네르바 경추보조기의 구조체 성분은 인장율을 0.5mm/sec으로 하여 측정을 하였다. 최대응력(maximum stress)은 최대하중 측정치를 과절시편 단면적으로 나누고(kg/mm<sup>2</sup>) 그 값을 MPa로 전환처리 하였다.

한편 마찰에 대한 내구력을 측정하기 위해 테이버씨 마모시험법(Taber's abrasion test)을 사용하였다. 각각의 보조기재료를 테이버시험전용 시편제조기(Leader Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 직경 13cm의 원형시편을 만든 다음 각 시편의 중심에 0.6cm의 구멍을 뚫고 테이버 마모시험기(Testa Sangyou Co., Tokyo, Japan)의 시편회전판(rotating plate)에 고정하였다. 회전판을 역시 계방향으로 70rpm의 속도로 회전 시키면서 100 $\mu$ m크기의 입자로 구성된 표면을 가진 2개의 마모륜(H-18 abrasive wheel)을 시편회전판에 수직방향으로 500g의 하중을 주면서 각각 70 rpm의 속도로 회전시켜 1,000회 또는 재료가 천공(perforation)될 때까지의 회전수를 측정하였다. 이때 미천공된 시편의 표면손상정도는 X-선측정기(Asahi XM100C, Asahihoushasen Co., Osaka, Japan)를 사용하여 마모부의 최대 깊이를 측정하였다. (그림 3, 4)

인장시험과 마모시험의 각각의 시험군은 5개씩이었으며, 얻은 측정치는 2-way ANOVA법을 이용하여 통계처리하였다.

## 결과 및 고찰

피복물의 인장율을 측정된 결과 연성 경추보조기(1.40 ± 0.15 MPa), 토마스 보조기(1.22 ± 0.09), 미네르바 보조기(0.70 ± 0.10), 필라델피아 보조기(0.43 ± 0.11)의 순서로 나타났으며, 구조체를 이루는 재질을 인장율 0.5mm/sec으로 측정하였을 때에는 토마스(23.37 ± 1.05), 연성(7.04 ± 0.69), 미네르바 보조기(3.98 ± 0.15)의 순서로 나타났다. (그림 5)

Tension Test (Cervical Brace)

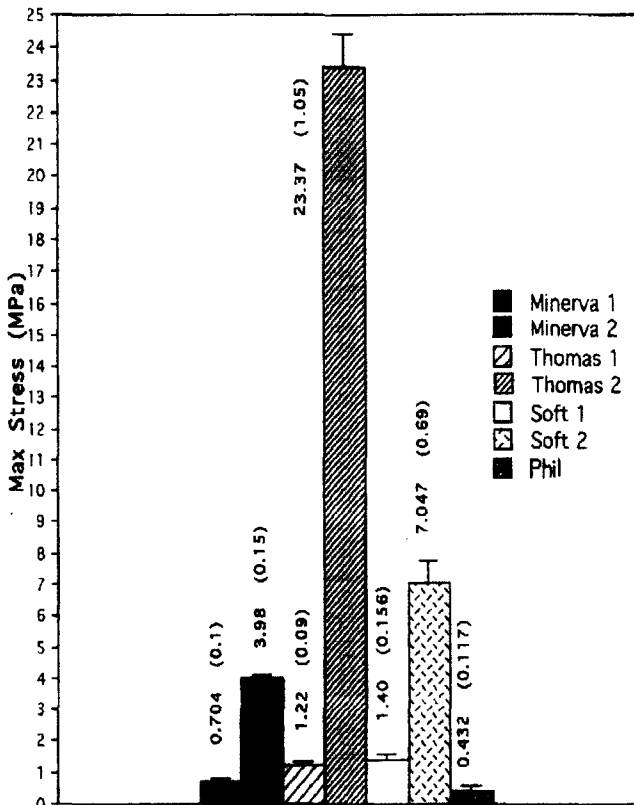


그림 5. 경추보조기의 인장강도  
 강도 xx 1 : 인장율 1mm/sec 측정시, 강도 xx 2 : 인장율 0.5 mm/sec 측정시  
 Fig. 5. Tensile strength of the braces.  
 data xx 1 : displacement rate of 1mm/sec, data xx 2 : displacement rate of 0.5mm/sec

피복물의 경우 연성 경추보조기에서 가장 높은 최대 응력이 나타났으며, 같은 에틸렌수지 구조체를 가진 토마스 와 미네르바 보조기 중에서는 토마스 보조기가 상대적으로 높은 최대응력을 나타내었고, 또한 점탄성이 낮은 염화수지 구조체를 사용한 연성 경추보조기에 비해서도 토마스 보조기가 높은 최대응력을 보여 주었다. 따라서 보조기에 사용된 재료의 강도면에서는 토마스, 연성, 미네르바, 필라델피아 경추보조기의 순으로 점차 낮아지는 것으로 판명되었다. 필라델피아 보조기의 경우는 다공성 우레탄수지만으로 일체성형하였기 때문에 가장 낮은 최대응력을 나타냈으며 이는 재료의 밀도가 가장 낮기 때문으로 보인다.

한편 테이버씨 마모시험법으로 보조기 구성재료의 내구력을 시험한 결과, 토마스 보조기는 515회전, 연성 보조기는 97회전만에 천공되었으나, 1000회전까지 유지된 미네르바 보조기와 필라델피아 보조기의 표면손상정도를 X-선으로 계측한 결과 미네르바 경추보조기는 표면에 최

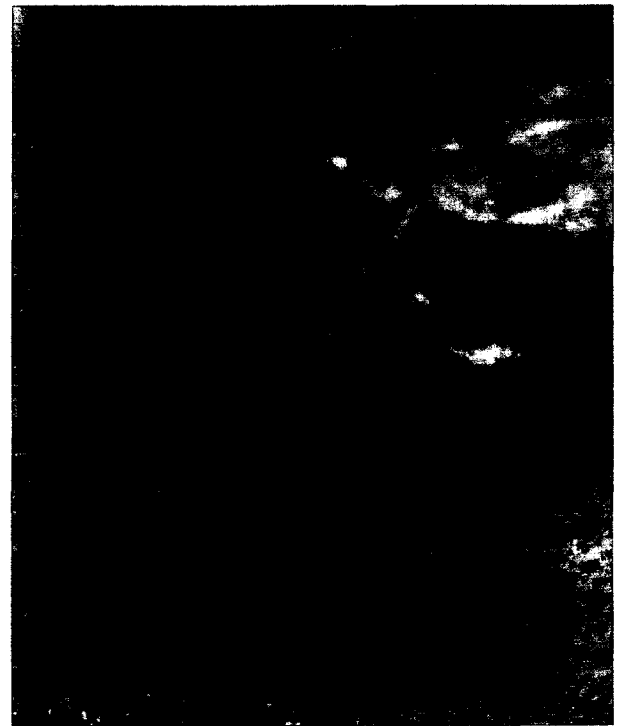


그림 6. 테이버씨 마모시험 결과 (× 2.5)  
 A : 미네르바보조기의 1000회전후 중등도마모구형성 표면, B : 필라델피아보조기의 1000회전후 고도의 마모구형성 표면, C : 연성보조기의 97회전후 천공된 표면, D : 토마스보조기의 515회전후 천공된 표면  
 Fig. 6. Results of the Taber's abrasion test (× 2.5)  
 A : moderate abrasive fossa appeared on the Minerva brace surface after 1000 rotations. B : severe abrasive fossa appeared on the Philadelphia brace surface after 1000 rotations. C : perforation appeared on the Soft brace surface after 97 rotations. D : perforation appeared on the Thomas brace surface after 515 rotations.

대깊이 211 $\mu$ m의 구(fossa)를 형성하는 정도였고, 필라델피아 보조기에서는 최대깊이 483 $\mu$ m의 심한 표면손상이 나타났으나 두 개의 보조기 모두 천공되지는 않았다.(그림 6) 이런 결과를 볼 때 연성, 토마스, 필라델피아, 미네르바 경추보조기의 순으로 내마모성이 점차 높아지는 것으로 판명되며, 인장강도면에서는 필라델피아, 미네르바, 연성, 토마스의 순으로 강도가 상승한 것과 비교할 때, 인장강도와 내마모도는 관계가 없는 것으로 나타났다. 즉, 인장강도의 경우 구조체의 강도와 함께 피복재의 종류에 따른 강도의 변화가 동시에 작용하여 나타났지만, 내마모도는 경도와 깊은 관련을 가지고 있을 뿐만 아니라 재료표면의 경도와 접촉표면의 거칠기도 관여하기 때문인 것으로 보인다. 이는 각각의 시편 표면이 연성보조기는 면, 토마스 보조기는 나일론, 미네르바 보조기는 에틸렌

수지 섬유, 필라델피아 보조기는 다공성 우레탄수지로 이루어져 있고, 이들 재료표면의 물성과 함께 접촉하는 마모륜의 다이아몬드입자의 크기에 따른 영향도 배제할 수는 없기 때문이다.

Althoff와 Goldie[10]는 류마티스환자의 제1-2번 경추의 탈골에 대한 경추보조기의 착용이 얼마나 탈골을 방지하는지에 대한 연구를 시행하였으며 탈골정도를 판정하기 위하여 단순방사선 검사를 실시하였다. Benzel 등[11]은 경추의 안정성을 위하여 미네르바 보조기와 할로 보조기의 기능을 비교하였으며, Kaufman 등[12]은 연성, 필라델피아 및 넥록(NecLok) 보조기의 기능을 비교 하였고, 이들은 각각의 보조기를 착용한 후 관절가동범위를 측정하여 서로의 관절운동 제한능력을 비교분석하였다. 그러나 이들의 분석에서는 방사선검사를 실시하지 않아 보조기의 상부와 하부에서 일어날 수 있는 자격현상(snaking phenomenon)에 대한 고려가 되지 않았고 관절운동뿐만 아니라 보조기가 경추에 전달하는 힘에 대한 조사도 없었다. 한편 Hartman등[13]은 보조기를 착용한 정상인의 동작을 비디오와 동형상방사선(cineroentgenogram)으로 촬영하여 이들 자료를 비교분석 하였으나 이 역시 보조기가 경추에 미치는 응력에 대한 고려가 없었다. Walker 등[14]은 고정된 의자에 실험대상자를 앉힌 다음 할로를 착용하고 각각의 힘을 선형변형측정기(strain gauge)를 이용하여 측정한 결과 내외측의 힘은 작은 반면, 상하와 전후방의 힘은 상대적으로 크다고 하였다. Ersmark 등[15]은 할로 착용시의 여러 가지의 동작에 따른 힘과 압력(distraction force)을, Lind 등[16]은 선형변형측정기와 단순방사선검사를 같이 실시하여 경추 움직임의 변화와 힘의 분산형태를 관찰하였다. 이들은 모두 보조기의 힘과 압력을 측정하였으나 보조기가 경추에 미치는 힘의 변화를 직접 측정하지는 않았다.

이상적인 경추보조기는 경추골의 전위를 완벽히 방지할 수 있을 정도의 충분한 강도, 사용중의 변형을 막을 수 있는 충분한 강성도를 필요로 할 뿐만아니라, 지속적으로 피부와 접촉하면서 발생하는 자극성피부질환이 일어나는 안된다. 그러나 아직 이러한 문제를 완벽하게 해결한 경추보조기는 없다[17].

본 시험조사에서는 현재 일반적으로 사용되고 있는 여러 가지의 경추보조기중 이러한 요인들을 고려하여 가장 적절한 보조기의 재질과 형태를 결정할 수 있는 객관적인 자료를 얻고자 하였다.

이 시험에 사용된 시편간의 상대비교에서 연성 보조기는 비교적 높은 강도에 매우 낮은 내마모도, 토마스 보조기는 매우 높은 강도에 약간 낮은 내마모도, 미네르바 보조기는 약간 낮은 강도에 매우 높은 내마모도, 필라델피아 보조기는 매우 낮은 강도에 약간 높은 내마모도를 가

진 것을 볼 때 재료의 물성면에서는 에틸렌수지 구조체를 가진 토마스 보조기와 미네르바 보조기가 비교적 우수한 것으로 보인다. 그러나 이들 보조기는 해부학적으로 환자의 목 길이에 의해 고정부위가 제한된다는 단점을 가지고 있고, 하악정부 직하방에서 턱을 받치는 형태로 제작되므로 착용중 턱운동이 거의 불가능한 것은 물론 경부근육에 긴장이 계속 유지되며, 필라델피아 보조기는 상대적으로 넓은 고정부위를 제공할 수 있고 턱의 운동도 허용할 수 있으나 다공성 우레탄수지가 지닌 특유의 높은 탄성 때문에 충분한 경도를 얻기 힘들어 안정적인 고정을 제공하기 어렵기 때문에 환자의 보조기 착용기간이 상대적으로 장기화된다[18].

따라서 지금까지 경추보조기의 제작에 사용되고 있는 각종 재료를 미루어 볼 때, 구조체는 에틸렌수지정도의 경도 및 강도를 가지되 다공화하여 통기성을 보장할 수 있으며 피부에 대한 무자극성인 재료를 이용하여 턱의 운동이 가능한 형태로 일체주조된 새로운 보조기를 제작하면 좋을 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

1. C. Moncur, H.J. Williams, "Cervical spine management in patients with rheumatoid arthritis: review for the literature" *Phy. Ther.* vol. 68, pp.509-515, 1988.
2. P.A. Anderson, T.E. Budorick, G.G. Saliccioli, "Failure of halo-vest to prevent in-vivo motion in patients with injured cervical spines", *Orthop. Trans.* vol. 15, pp. 687, 1991.
3. R.M. Johnson, J.R. Owen, D.L. Hart, P.A. Callahan, "Cervical orthoses: a guid to their selection and use" *Clin. Orthop.* vol. 154, pp. 34-45, 1981
4. R.M. Johnson, D.L. Hart, J.R. Owen, E. Lerner, W. Chapin, R. Zeleznik, "The Yale orthosis: An evaluation of its effectiveness in relating cervical motion in normal subjects and a comparison with other cervical orthoses" *Phys. Therm.* vol. 58, pp. 865-871, 1978.
5. 김용식, 이종신, 강창희, 박용옥, 김동은, "한국 정상 성인의 흉요추 운동범위에 대한 조사" 대한 재활의학 회지 10권, 25-31, 1986.
6. 윤승호, 이광진, 강규식, 윤관기, "Halo-pelvic apparatus를 이용한 심한 척추 후만변형의 교정" 정형외과 학회지 17권, 859-867, 1982.
7. P.J. Millington, J.M. Ellingsen, B.E. Hauswirth, P. J. Fabian, "Thermoplastic menrva body jacket-a

- practical alternative to current methods of cervical spine stabilization*" Phys. Ther. vol. 67, pp.223-225, 1987.
8. 이광진, 이준규, 안상로, 조성일, "경추병변에서 Halo Body Jacket의 이용" 대한정형외과학회지 25권, 1188-1194, 1989.
  9. 정준화, 이영구, 서광윤, "Halo장치의 임상적용" 정형외과학회지 15권, 781-792, 1980.
  10. B. Althoff, I.F. Goldie, "Cervical collar in rheumatoid atlanto-axial subluxation: a radiographic comparison", Ann. Rheum. Dis. vol. 39, pp. 485-489, 1980.
  11. E.C. Benzel, T.A. Hadden, C.M. Saulsbery, "A comparison of the Minerva and halo jackets for stabilization of the cervical spine" J. Neurosurg. vol. 70, pp. 411-414, 1989.
  12. W.A. Kaufman, T.R. Lunsford, B.R. Lunsford, L. L. Lance, "Comparison of three prefabricated cervical collar" Orthot. Prosthet. vol. 39, pp. 21-28, 1986.
  13. J.T. Hartman, F. Palumbo, B.J. Hill, "Cineradiography of the braced normal cervical spine" Clin. Orthop. Rel. Res. vol. 109, pp. 97-102, 1975.
  14. P.S. Walker, D. Lamser, R.W. Hussey, A.B. Rossier, A. Farberov, "Forces in the halo-vest apparatus" Spine vol. 9, pp. 773-777, 1984.
  15. H. Ersmark, R. Kalen, P. Lowenheim, "A methodical study of force measurements in three patients with odontoid fractures treated with a strain gauge-equipped halo-vest" Spine vol. 13, pp. 433-435, 1988.
  16. B. Lind, H. Sihlbom, A. Nordwall, "Forces and motion across the neck in patients treated with halo-vest" Spine vol. 13, pp. 162-167, 1988.
  17. R.G. Pringle, "Review article: halo versus minerva-which orthosis?" Paraplegia vol. 28, pp. 281-284, 1990.
  18. 변춘방, 변영수, 이홍건, "사지마비를 수반한 경추 골절 탈구에 Halo-pelvic apparatus에 의한 교정" 정형외과학회지 11권, 92-96, 1976.

=국문초록=

본 시험조사는 정형외과, 신경외과, 재활의학과등에서 경부 척추를 물리적으로 고정하는 데 널리 사용되고 있는 연성, 토마스, 미네르바 및 필라델피아 경추보조기의 물성을 조사하여 새로운 경추보조기를 고안하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 이루어 졌다. 인장강도는 토마스 보조기가 가장 우수했으며 지속적인 마모를 통한 재료 관통시험에서는 미네르바 보조기가 가장 우수한 내구력을 가진것으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 에틸렌수지를 구조체로 사용하고 피부에 통기성을 부여하기 위해 재료에 다공성을 제공하는 것이 좋을 것으로 사료된다.