

성인용 에어셀 수면베개의 생체역학적 설계 및 실험적 검증 Biomechanical design and experimental verification of adult air-cell pillow

*#홍정화¹, 김훈희¹, 임혁주¹, 황귀현¹

*#J. H. Hong(hongjh32@korea.ac.kr)¹, H.H.Kim¹, H.J. Lim¹, K.H. Hwang¹,

¹고려대학교 제어계측공학과

Key words : Air-cell, Pillow, Optimization, CCD, Cervical Curvature

1. Introduction

베개는 수면 중 인체의 머리와 경추(cervical spine)가 자연스러운 만곡상태를 유지하도록 안정적으로 지지하여 생체역학적 스트레스를 최소화하는 주요기능을 갖는다. 인체의 경추의 정상자세는 연직선이 귀이(tragus)와 경추 7번 극돌기의 중간부분을 거쳐 견봉을 지나는 것이다. 이러한 자세에서 역학 에너지가 효율적이며, 이것을 정상만곡이라고 한다. 정상만곡은 보통 사람이 서있을 때 이루어지며, 경추가 정상만곡이 이루어지지 않으면 경추에 전단력이 발생하여 주변 근육의 부하를 발생시킨다. 따라서 수면 시 베개의 선택이 중요하며, 베개를 잘못 선택했을 경우 목 근육 통증, 인대손상, 목질환등 각종 질병을 유발하고 심하면 목 디스크로 이어질 수 있다. 이상적인 베개의 선택은 누운 자세에서 머리와 경추를 안정적으로 지지하여, 경추의 만곡을 유지하고 근육의 긴장이 없고 후관절(facet joint)에 무리가 가지 않도록 하는 역할을 하는 것이다. 인간의 수면에서 중요한 역할을 하는 베개에 대한 연구들은 베개의 재질(material)과 경도(hardness)등의 설계변수를 이용하여 베개의 형상 설계와 평가에 대한 연구들이 수행되었다. 따라서 인체의 머리와 경추의 기능 및 수면 자세를 고려한 베개에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 유한요소 모델을 이용하여 인체의 생체역학적 특성을 반영한 성인용 에어셀 수면베개의 최적 설계와 설계된 성인용 에어셀 수면베개에 대한 실험적 검증을 수행하였다.

2. Method

2.1 성인용 에어셀 수면베개의 설계

성인용 수면베개의 설계는 체압특성이 우수하

다고 보고되어 있는 에어셀(air-cell)을 이용한 베개의 유한요소 기본 모델을 구성하여 인체 머리와 목 부위의 생체역학적 특성을 반영한 베개의 설계변수에 대한 최적화 연구를 수행하였다.

성인용 수면베개의 설계변수는 인체 머리와 목부의 에어셀의 높이, 너비, 두께로 선정하였다. 최적화는 중심합성계획법을 사용하였으며, 인체 경추의 각도와 모멘트를 목적함수로 최적화를 수행하였다.

Table 1 Central composite design point

| Parameter | $-\alpha$ | -1 | 0 | 1 | α |
|-----------|-----------|-------|-----|-------|----------|
| Hight_H | 100 | 112.5 | 125 | 137.5 | 150 |
| Hight_N | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |
| Width | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Thickness | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.75 | 0.8 |

2.2 성인용 에어셀 수면베개의 검증

성인용 에어셀 수면베개의 최적 설계를 이용하여 수면베개를 제작하여 실험적 검증을 수행하였다

제작된 성인용 에어셀 수면베개를 제작한 뒤 수면베개와 인체의 접촉부에 압력 매트(pressure mate)를 위치한 뒤 검증 실험을 수행하였다. 검증 실험은 총 6명(남자 3명, 여자 3명)의 피검자를 대상으로 진행하였다. 검증 실험은 피검자에게 에어셀 수면베개의 내부 압력에 대한 정보를 주지 않은 상태에서 수면베개의 안락함에 대한 평가를 수행하도록 하였다. 수면베개의 내부 압력은 0.4kPa에서 1.3kPa까지 0.3kPa씩 총 4가지 압력을 선정하여 각각의 내부 압력을 조절하였다. 실험 시 피검자는 실험장소와 독립된 곳에서 충분한 휴식을 취하고 수면베개의 내부 압력 조절이 완료

되던 실험장소에서 검증 실험을 수행하였다.



Fig. 1 Experimental setup for adult air-cell pillow

3. Result

3.1 성인용 에어셀 수면베개의 최적 설계

성인용 에어셀 수면베개의 최적화를 통해서 최적설계를 도출하였으며, Cranoio-vertebral angle, Cobb angle, 목의 모멘트를 통해서 경추의 정상만곡이 이루어진 것을 확인하였다.

Table 2 Result of optimization for adult air-cell pillow

| Parameter | unit | Reference | Air-cell pillow |
|------------------------|--------|---------------|-----------------|
| Cranio-vertebral angle | degree | 50.6 ± 2.1 | 52.84 |
| Cobb(C1-C7) | degree | 17.20 ± 12.70 | 23.82 |
| Neck moment(C1) | N/m | 0.3 | 0.45 |
| Neck moment(C7) | N/m | 0.3 | 0.01 |

인체의 생체역학적 특성을 고려한 성인용 에어셀 수면베개의 최적화를 통해서 638(W)mm × 424.5(D)mm × 100/65(H)mm의 수면베개를 제작하였다.



Fig. 2 Design of adult Air-cell Pillow

3.2 성인용 에어셀 수면베개의 실험적 검증

제작된 수면베개를 이용하여 6명의 피검자를 통해서 베개에 대한 검증 실험을 수행한 결과 6명의 피검자 모두 성인용 에어셀 수면베개의 머리와

목 부위의 안정적인 지지에 대한 압력 측정 결과 내부 압력 0.4 ~ 0.7 kPa에서 안정적인 지지가 가능하다는 결과를 도출하였다. 피검자의 설문 결과 안락감도 유사한 결과를 도출하였다.

Table 3 Result of Experiment for adult air-cell pillow

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 성별 | 남 | 남 | 남 | 여 | 여 | 여 |
| 나이 | 29 | 32 | 43 | 25 | 43 | 50 |
| 압력측정 결과 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 1.3 | 0.7 |
| 피검자의 설문 | 0.7 | 0.7 | 1 | 0.7 | 1 | 0.7 |

5. Conclusion

본 연구에서는 에어셀을 이용하여 천연고무를 사용하여 생체역학적 특성이 고려된 성인용 수면베개를 설계 및 실험적 검증을 수행하였다. 수면베개의 설계를 이용하여 시뮬레이션 결과 머리와 목 부위의 안정적인 지지가 이루어지며, 경추의 정상만곡이 이루어지는 것을 확인하였다. 또한 설계된 수면베개를 제작하여 실험적 검증을 통해서 수면베개의 내부 공기 압력을 조절하여 사용자 맞춤형 조절이 가능하며, 머리와 목의 안정적인 지지가 가능한 것을 확인하였다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2012-0000790)

참고문헌

- Gordon S, Grimmer K, Trott P, "Pillow use: the behaviour of cervical stiffness, headache and scapular pain," J Pain Res., 3, 137-145, 2010.
- JY Kim, JS Park, DE Park, "Biomechanical Evaluation of the Neck and Shoulder When Using Pillows with Various Inner Materials," J Ergonomics society, 30, 339-347, 2011.
- Bono CM, Vaccaro AR, Fehlings M, Fisher C, Dvorak M, Ludwig S, Harrop J, "Measurement Techniques for Lower Cervical Spine Injuries : Consensus Statement of the Spine Trauma Study Group," Spine, 31, 603-609, 2006.