<Manuscript template updated Dec 23, 2013>

Title

Biomechanical Effectiveness and Anthropometric Design Aspects of 3-Dimensional Contoured Pillow

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to suggest design guideline of 3-dimensional contoured pillow through analyzing posture of head and neck, to evaluate its design effectiveness through analyzing contact pressure.

Background: 수면의 질은 인간의 건강과 직결되는 매우 중요한 요소이다. 수면의 질을 향상시키기 위해서는 posture of head and neck 에 영향을 미치는 디자인요소에 대한 검증, 올바른 자세를 유도할 수 있는 베개디자인이 필요하다.

Method: 'Contoured pillow'의 디자인 유효성을 평가하기 위한 방법을 2가지 비교 군(bead and cotton pillows) 의 contact pressure를 측정하였다. 실험참여자들의 Cervical curve angle(: CCA) 측정을 통해 CCA 에 영향을 미치는 인체치수(head length)를 도출하여 3-Dimensional design guideline을 제안하였다.

Results: 디자인 유효성평가에서는 경추부의 contact pressure가 비교군(cotton pillow)에 비해 높게 나타났고, 후두부의 체압을 분산시키는 형태로 contact area는 증가였고, contact pressure는 감소하는 경향을 나타냈다. 'contoured pillow' . 또한 posture of head and neck 에 영향을 미치는 머리두께의 분위별 베개의 경추지지높이(머리두께 (% tile) (경추지지높이): 14.6cm (5%tile) (6.2cm), 15.5cm (25%tile) (6.7cm), 16.4cm (50%tile) (7.1cm), 19.3cm (75%tile) (8.9cm)) 를 제안하였다.

Conclusion: 경추를 지지할 수 있는 형태와 후두부의 접촉부하를 감소시켜 결과적으로 수면에 편안한 경추각을 유지시켜주는 'contoured pillow'의 디자인 유효성을 확인하였고, 3-Dimensional contoured pillow 디자인 유효성에 근거한 베개 디자인가이드라인을 제안하였고, 이를 통해 체계적인 방법으로 베개를 디자인 토대를 마련하였다.

Application: 최적의 베개형태와 주요 분위별 베개 디자인을 표준화할 수 있는 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords

3-Dimensional contoured pillow, Posture of head and neck, Pillow design guideline, Effectiveness of pillow, Contact pressure

1. Introduction

인간은 인생의 1/3을 수면으로 보낸다. 또한 수면은 다음과 같은 중요한 기능들을 하고 있다. physical restoration (Opp, 2009; Schütz et al., 2009; Zager et al., 2007) energy conservation (Amaranath, 2015), preservation and protection (Amaranath, 2015), memory processing and learning (Gradisar et al., 2008; Turner et al., 2007), and brain development (Morrissey et al., 2004). 따라서 Gordon et al. (2011)은 수면의 질이 인간의 건강과 직결되는 아주 중요한 요소라고 밝히고 있다. 수면의 질을 향상시키는 방법 중에 하나가 올바른 수면자세를 유지하는 것이라고 하였다. 올바른 수면자세를 유지하는 방법의 하나로 현대인들은 다양한 베개를 사용하고 개인에게 맞는 베개를 찾기 위해 노력하고 있다. Kim (2011) 에 따르면 부적합한 베개의 사용은 수면장애, 경부근육의 통증을 발생시키고, 만성피로의 원인이 되기도 한다.

올바른 자세유지를 위한 베개사용에 대한 많은 연구들이 있었고, 대다수의 연구와 베개의 개발은 선행연구 (Criax, 1988; Liebenson, 1996) 의 이상적인 베개사용의 수면자세에 근거하고 있다. 위의 연구에 따르면 잘못된 수면자세로 인하여 경부통증이 발생 또는 악화될 수 있으며, 이상적인 수면자세를 취하기 위해서 경추만곡을 유지하여야 한다고 하였다. 따라서 이상적인 베개는 경추부 지지를 통해 경추만곡을 유지하면서 동시에 후두부가 지지되어야 한다고 하였다.

같은 맥락에서 Chen and Cai (2012)가 제안한 베개사용의 이상적인 posture of head and neck 에는 수면 중 자연스러운 자세(in a natural position during sleep)인 supine position 에서 귀부터 어깨 사이의 spine curve 에 대한 요소들(angle, distance in the sagittal and crown plane)이 중요한 영향을 미친다고 밝히고 있다.

이상적인 베개사용에 대한 이상적인 posture of head and neck 를 구현하기 위하여 다양한 소재 및 형태의 베개들이 개발되고 있고, 이들 중 가장 대표적인 형태의 베개가 Contoured pillow 이다. Contoured pillow 는 3D 입체적인 형상으로 후두부를 감싸며, 경추를 지지해주는 형태로 구조화 되어 있으며, 소재는 latex, rubber, polyester 등이 활용되고 있다.

Contoured pillow 의 다양한 디자인 및 유효성에 대한 연구 또한 활발하게 수행되고 있으며, 선행연구들 (Lavin et al., 1997; Erfanian et al., 2004; Chen and Cai, 2016)에서는 인체치수를 분석하여 새로운 Contoured pillow 를 디자인하고, 비디오분석으로 통해 수면시간별 디자인요소에 대한 유효성을 분석하였다.

Gordon et al. (2009)는 베개타입별 사용에 따른 통증, 수면만족도에 대한 조사를 수행하였고, 결과로는 러버재질 pillow 가 Contoured pillow 에 비해 통증완화에 대한 만족도가 높은 것으로 나타났다.

선행연구들에서는 이상적인 posture of head and neck 를 유도하는 다양한 베개 디자인 유효성에 대한 연구들이 이뤄졌으나 경추부를 지지하면서 후두부를 지지하는 posture of head and neck 를 정량적 요소를 측정하여 평가한 디자인 유효성에 대한 근거자료가 없고, 3-Dimensional contoured pillow 디자인 가이드라인에 대한 연구가 미흡하였다.

본 연구에서는 후두부를 감싸는 형태로 인해 접촉부하를 분산시키고, 후두부를 지지하면서 경추부를 지지하여, 경추만곡 자세를 유도할 수 있는 베개 ('contoured pillow') 를 선정하여 디자인 유효성 (Lee,

2000; Levangie and Norkin, 2005) 평가하였다. 그리고 디자인 유효성 결과를 기반으로 유효성에 영향을 미치는 인체치수를 도출하여, 3-Dimensional contoured pillow 의 디자인가이드라인을 제안하였다.

2. Method

본 연구에서는 후두부를 감싸면서 지지하고, 경추부를 지지할 수 있는 형태의 'contoured pillow' 를 선정하였다. 경추지지 형태 디자인에 유효성 검증을 위하여 단단한 플라스틱 알갱이로 채워져 있어 베개의 형태변화가 적고, 경추부를 지지할 수 있는 부분이 없어 'contoured pillow' 와 반대되는 특성의 'bead pillow'와 부드러운 솜재질로 되어있어 누웠을 때, 후두부 형태에 따라 형태가 자연스럽게 변형되는 'cotton pillow' 를 비교군으로 선정하였다.

Table 1. 3 types of Pillows' characteristics (Independent Variable of pillow design effectiveness)

	Bead Pillow	Cotton Pillow	Contoured Pillow
Image			
Size(mm)	540(L) x 370(D) x 170(H)	600(L) x 370(D) x 160(H)	641(L) x 311(D) x 115(H)
Inside material	Plastic beads	Cotton	Polyurethane
Cover material	Cotton	All-Cotton	Cotton, Polyester
Characteristics	형태 변화가 거의 없음 경추부 지지부분 없음	자연스러운 형태변화 경추지지 부분없음	후두부를 감싸며 경추를 지지하는 입체형상 형태변화적음 경추지지 부분있음

선정된 'contoured pillow'의 후두부와 경추부의 지지 정도에 대한 디자인 유효성을 평가하기 위하여 3 가지 베개타입에 대한 contact pressure 측정/분석하였다.
선 자세와 유사한 15 degree of cervical curve angle 유지하는 것이 이상적인 posture of head and neck 라는 연구 (Levangie and Norkin, 2005; Kim, 2011) 에 근거하여 'contoured pillow' 사용에 있어 Cervical curve angle(:CCA)을 측정/분석하였고, CCA 에 영향을 미치는 인체측정학적 요소를 도출하였다.

실험참여자들은 베개의 디자인 유효성평가에 실험복으로 환복하였다. 실험참여자들은 기본신체정보 (height, weight and BMI)를 측정한 후에 베개사용과 관련된 치수인 head breadth, head length and head circumference 를 측정하였다.
The study group included four healthy males (mean age of 32.5 ± 2.06 years, height: 174.3 ± 5.5cm, weight: 80.7 ± 14.0kg, BMI: 26.5 ± 3.9kg/m^2, head breadth: 16.4 ± 0.33cm, head length: 17.8 ± 0.87cm, head circumference: 62.3 ± 2.28cm) and five healthy females (mean age of 31.6 ± 2.0 years, height: 164.2 ± 5.3cm,

weight: 53.5 ± 4.5kg, BMI: 19.8 ± 0.63kg/m^2, head breadth: 15.5 ± 0.56cm, head length: 15.9 ± 1.76cm, head circumference: 56.7 ± 4.38cm), (Table 2). This study received approval from the Public IRB designated by Ministry of Health & Welfare, South Korea. All patients participated in the experiment after signing a participation agreement. They were paid monetary reward.

Table 2. Characteristics of participants

Participants	Sex/age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m^2)	Head Breadth (cm)	Head Length (cm)	Head Circumference (cm)
1	M/35	171	90.7	31.0	16.1	18.2	65
2	M/34	167	57.1	20.5	16.0	19.0	64
3	M/30	179	91.6	28.6	16.8	17.0	60
4	M/31	180	83.4	25.7	16.6	16.9	60
5	F/34	160	50.9	19.9	15.3	13.5	52
6	F/34	168	58.2	20.6	16.0	15.0	56
7	F/30	167	56.3	20.2	14.5	15.5	55.5
8	F/30	156	45.8	18.8	16.0	16.5	55
9	F/30	170	56.2	19.4	15.7	18.8	65
M ± SD	32.0±1.95	168.7±6.96	65.6±15.91	22.7±4.03	15.9±0.61	16.7±1.63	59.2±4.30

BMI: Body Mass Index

2.1 Design Effectiveness of Contoured Pillow

2.1.1 Measurement of Contact Pressure

Figure 1에 보시는 것과 같은 pressure mat (Pliance, mat-type, Novel GmbH, Munich, Germany)를 베개 위에 펼친 후에, 귀의 위치(tragion)를 기준으로 베개에 머리의 위치를 동일하게 위치시켜 자연스러운 supine position에서 contact pressure를 측정하였다. 그리고 앞서 언급한 3가지 타입의 베개조건 (bead, cotton and contoured pillow)에서 각각 3분간 contact pressure를 측정하였다. 3가지 타입의 베개조건에 대한 실험순서는 실험 참여자 별로 랜덤하게 진행하였다. Pressure mat는 data acquisition equipment (Novel, Inc.)를 통해 무선으로 노트북과 연결되어 contact pressure를 측정하였다.

2.1.2 Analysis of Contact Pressure

Pressure mat에서 측정된 3가지 타입의 베개조건의 pressure data는 Figure 1의 2) Masking Area인 occipital and cervical regions 두 부분을 기준으로 contact area (unit: m^2), contact pressure (unit: kPa) and contact force (unit: N) 3가지 종속변수로 분석되었다. 첫 번째로 contact area는 contact pressure가 발생한 영역에 대한

넓이 data로서 지지면적에 대한 결과를 확인할 수 있다. 두 번째로 contact pressure는 크게 'mean pressure'와 'peak pressure'로 구분하여 분석하였다. 'mean pressure'는 contact pressure가 발생한 센서단위들의 압력데이터 평균 값이다. 'peak pressure'는 contact pressure가 발생한 센서단위들의 압력 값 중 최대압력 값이다. 'mean pressure'와 'peak pressure'의 데이터 값이 낮다는 것은 접촉압력이 넓은 범위에 고르게 분산되었음을 의미한다. 세 번째로 contact force는 occipital and cervical area 내의 contact force에 대한 데이터로 각각의 부분에 작용한 힘의 값에 대한 데이터이다. 따라서 본 연구에서는 후두부와 경추부의 지지정도에 대한 정량적인 데이터인 3가지 종속변수를 통해 3가지 베개타입에 대한 디자인 유효성을 평가하였다.

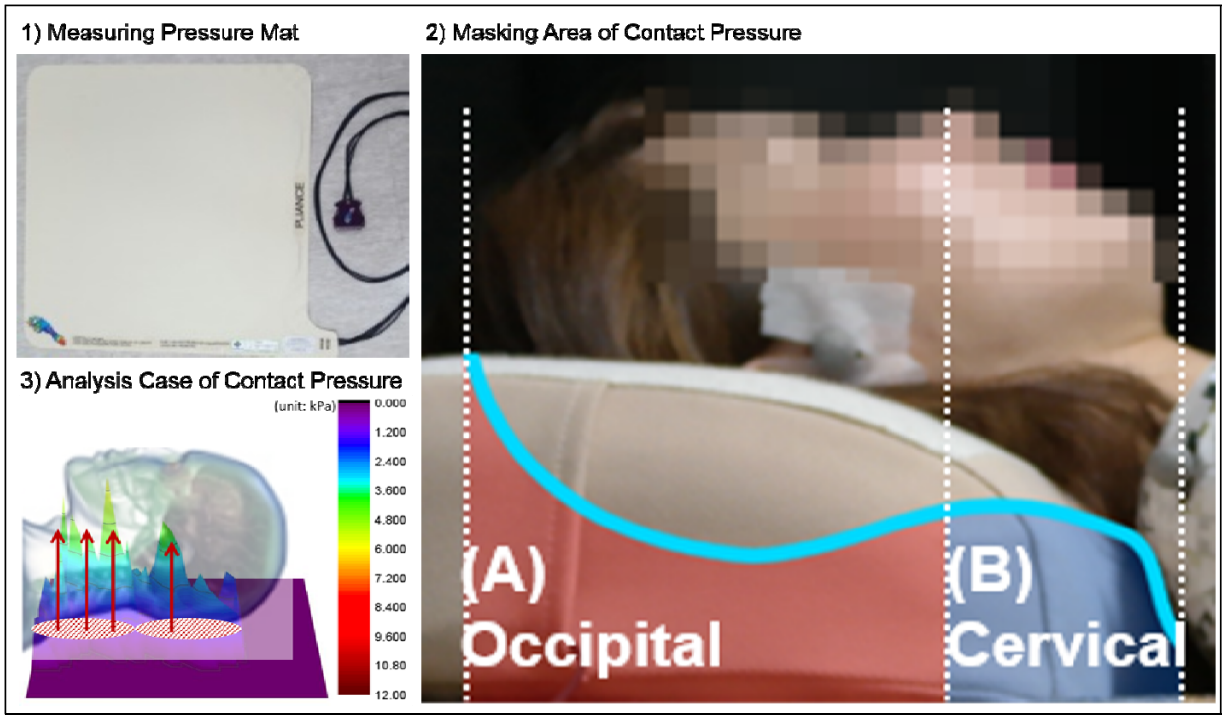

Figure 1. Measuring and Analyzing Contact Pressure of Occipital and Cervical area, 1) Measuring pressure mat (Pliance, mat-type, Novel GmbH, Munich, Germany, 2) Masking Area of Contact Pressure ((A) Occipital Area, (B) Cervical Area), 3) Analysis of Contact Pressure

2.2 Design Guideline of Contoured Pillow

2.2.1 Measurement of Cervical Curve Angle (: CCA)

CCA은 Kim (2011)의 논문을 참고하여 측정하였다. 실험참여자는 3가지 타입의 베개조건 (bead, cotton and contoured pillow)에서 자연스러운 supine position으로 실험을 수행하였다. CCA을 측정하기 위하여 실험참여자의 귀 구슬점과 어깨 가쪽점에 반사마커를 부착하여 측면에서 디지털 카메라로 촬영하였다. Figure 2.의 Kim (2011)의 측정법에 따라 (a): tragion과 (b): STP로 연결되는 선분과 기준선과의 각도를 (c): CCA 정의하였다.

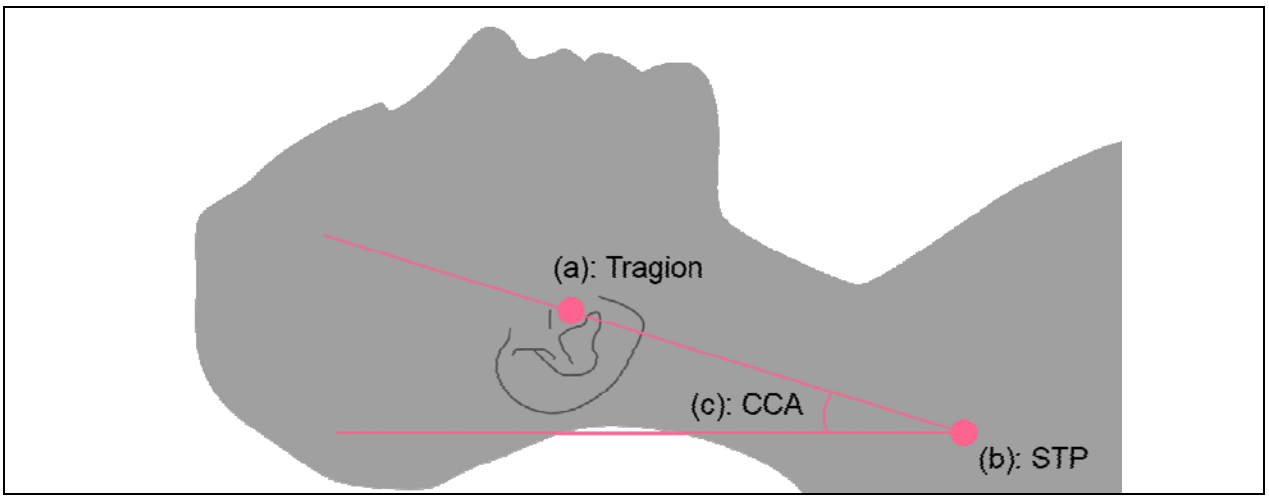

Figure 2. The Method of Measuring Cervical Curve Angle ((a) Tragion, (b) STP: Shoulder Tip Point, (c) CCA: Cervical Curve Angle), (Kim (2011))

2.2.2 CCA data of 3 Type of Pillows

3가지 베개타입에서 각각의 CCA는 Bead pillow: 38.0 ± 6.7°, Cotton pillow: 20.0 ± 7.0°, Contoured pillow: 15.7 ± 5.0° 로 측정되었다. Levangie and Norkin (2005)는 선 자세에서의 CCA가 posture of head and neck 에서도 가장 이상적인 CCA 값이라 언급하였고, 이와 같은 선행연구에 근거하여 Kim (2011)은 CCA 15도가 posture of head and neck 에서 가장 이상적인 각도라고 하였다. 따라서 선행연구에 근거하여 3가지 베개타입 사용조건에서는 Contoured pillow가 이상적인 posture of head and neck 의 CCA인 15도에 가장 근접한 결과를 나타냈다.

분산분석을 통한 3가지 타입 간의 a multivariate analysis of CCA 에서는 Bead와 contoured pillow 사이에서는 유의한 차이(p<0.05)를 나타냈지만, cotton 과 contoured pillow 사이에서는 유의한 차이(p>0.05)를 나타내지 않았다.

Table 3. Correlation analysis between head size and CCA data

		Head Breadth	Head Length	Head Circumference
CCA	Pearson coefficient of correlation	0.109	-0.046	-0.175
	Significance P.	0.781	0.907	0.652
	N	9	9	9
|CCA-15|	Pearson coefficient of correlation	0.447	0.778*	0.698*
	Significance P.	0.228	0.014	0.037
	N	9	9	9

Significance P.: p-value, *: P < 0.05

2.2.3 Anthropometry Factors of Contoured Pillow

베개와 관련된 인체치수들인 머리너비, 머리두께, 머리둘레와 Contoured pillow's CCA 데이터 간의 상관관계분석을 수행하였다. Table 3.은 CCA와의 상관관계분석결과이다. Contoured pillow's CCA는 9명의 측정된 데이터와 더불어 15도를 기준으로 표준화한 데이터 (|CCA-15|)을 기준으로 분석하였다.
상관관계분석결과 CCA의 결과와 베개관련 인체치수들 간의 상관관계는 나타나지 않았지만, 15도를 기준으로 CCA를 표준화한 데이터와 베개관련 인체치수들 간에는 상관관계가 나타났다. 'Head Length' (0.778*)와 'Head Circumference' (0.698*)에서는 양의 상관관계(*: p<0.05)가 나타났다.
posture of head and neck 의 유효성을 판단하는 factor 중에 하나인 CCA 와의 상관관계분석을 통해 베개사용의 자세가 베개의 형태디자인과 더불어 사용자의 머리관련치수들과 깊은 관련이 있음을 확인하였다. 특히 'Head Length'와 상관관계가 높았고, 'Head Circumference' 또한 높은 상관관계를 나타냈지만, 'Head Length'와의 매우 강한 양의 상관관계(pearson coefficient of correlation: 0.940**)에 있으며 상관계수가 head length 보다 낮아 'contoured pillow' 디자인가이드라인 개발의 주요 인체치수로는 'Head Length'를 선정하여 가이드라인 개발을 적용하였다.

2.2.4 Method of Developing Design Guideline of Contoured Pillow

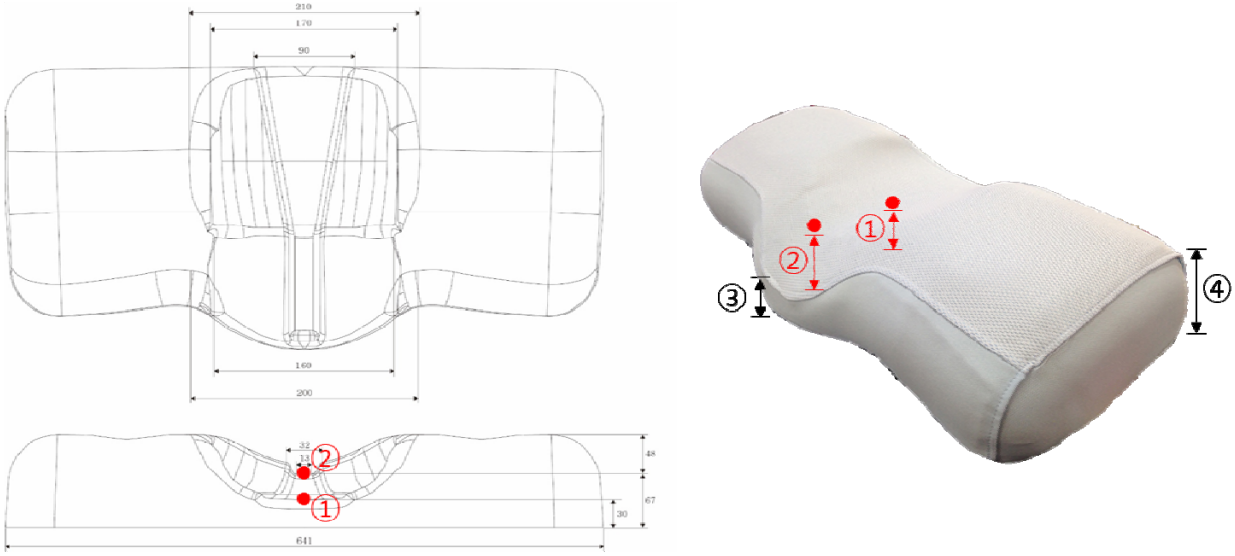

Figure 3. Significant dimension information of Existing pillows (3-Dimensional contoured pillow) (①height of supporting occipital, ②the highest height of supporting cervical, ③the lowest height of supporting cervical, ④height of pillow)

앞서 언급한 주요 인체치수로 도출된 head length 와 직접적으로 관련 있는 베개치수인 Figure 3.의 'contoured pillow' key size 를 ①height of supporting occipital 과 ②the highest height of supporting cervical 로 정의하였다. 그리고 한국인의 30~34 세 (both genders) 기준으로 head length (눈살점에서 뒤통수 돌출점까지의 수평거리)에서 주요 분위를 5 분위(14.6cm), 25 분위(15.5cm), 50 분위(16.4cm),

75 분위(19.3cm), 95 분위(2 0.6cm)로 도출하였다. Head length 50 분위는 16.4cm 로 본 연구의 실험참여자의 mean of head length 16.7±1.56cm 와 유사한 값이었다.
실험참여자의 head length 를 사이즈코리아의 분위 데이터를 기준으로 분류하고, 실험참여자의 CCA data 를 토대로 한국인의 head length 5 분위, 25 분위, 50 분위, 75 분위, 95 분위(no subject data)의 경추지지 높이(Figure 3. ②the highest height of supporting cervical)를 제안하였다.
Height of supporting cervical 은 |CCA-15|/3 을 contoured pillow 의 supporting cervical height 인 6.7cm 에 적용하여 도출하였다. 실험참여자의 CCA data 와 머리두께 간의 관계를 고려하여 |CCA-15|/3 을 분위별 높이가이드라인에 적용하였다(결과참조: Table 4.).

2.3 Statistical analysis
독립변수인 CCA 와 Contact area, pressure, force 는 3 가지 타입베개 조건들간의 평균값을 비교하였다. 다변량 분산분석을 통해 3 가지 타입의 베개조건 간의 유의한 차이를 검증하였다. 독립변수들 간의 개별적인 차이를 분산분석의 사후검정(Tukey's HSD)을 통해 수행하였다. Type 1 오류확률은 관측된 값의 0.05 이하로 설정하였고, 분석에는 SPSS version 12.0 를 활용하였다.

3. Results & Discussion

3.1 Result of Pillow's Design Effectiveness

3.1.1 Result of Contact Area by 3 Pillow Types

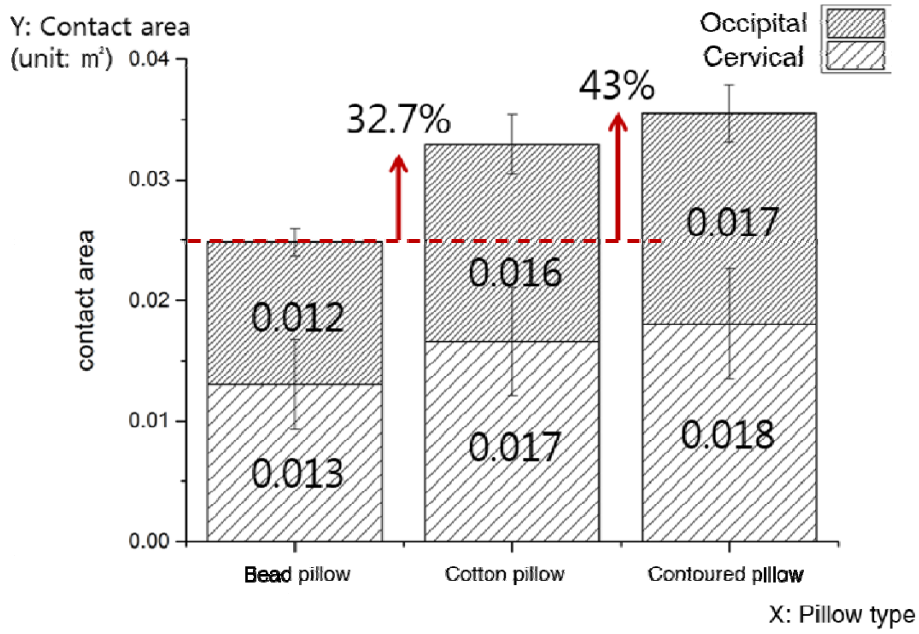

Figure 4. Result of contact pressure area by 3 pillow types (unit: m^2, Y axis: contact area, X axis: pillow type)

Contact pressure 가 측정된 부분의 넓이의 결과인 contact area의 결과에서는 'contoured pillow'가 가장 넓게 나타났고, 다음으로 'cotton pillow' 와 'bead pillow' 의 순으로 나타났다. 'cotton pillow' 는 'bead pillow' 에 비해 접촉면적이 32.7% 증가하였고, 'contoured pillow'는 'bead pillow' 에 비해 43% 증가하였습니다. 'bead pillow' 에 비해서는 다른 베개들의 접촉면적이 모두 증가하였다.
Contact pressure 의 베개타입 조건 변수들 간의 분산분석 사후검정 결과는 Table 4. 와 같다.

Table 4. Follow-up post hoc comparisons (Tukey's HSD) in the result of contact area

Region	Type of Pillow		Significance probability
Occipital	'bead pillow'	'cotton pillow'	**0.000***
		'contoured pillow'	**0.000***
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.531
Cervical	'bead pillow'	'cotton pillow'	0.204
		'contoured pillow'	**0.049***
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.745

(*) $p < 0.05$

3.1.2 Result of Contact Pressure by 3 Pillow Types

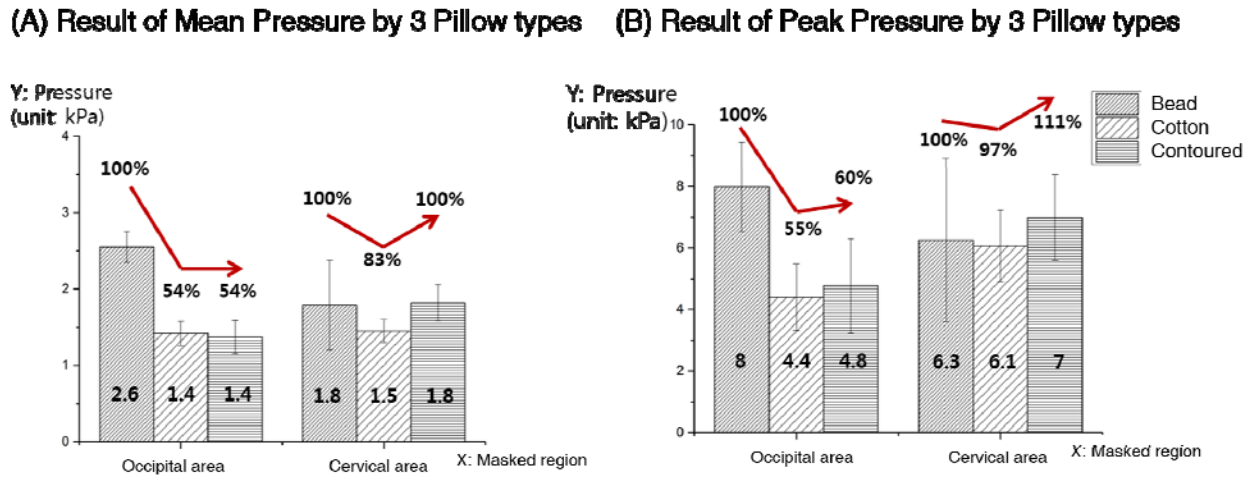

Figure 5. Result of contact pressure ((A): Mean pressure, (B): Peak pressure) by 3 pillow types (unit: kPa, Y axis: pressure, X axis: masked region)

Figure 5. (A) Mean pressure 결과를 보면 'contoured pillow'는 occipital area 에서 1.4 kPa로 'bead pillow'에 비해 작게 나타났고, cervical area에서는 1.8 kPa로 'cotton pillow' 보다는 높게 나타났고, 'bead pillow' 와는 동일하게 나타났다. (B) Contact peak pressure 결과를 보면 occipital area에서 'contoured pillow'는 4.4 kPa 로 가장 작게 나타났고, cervical area에서는 7 kPa로 가장 높게 나타났다.
Contact pressure 의 베개타입 조건 변수들 간의 분산분석 사후검정 결과는 Table 5, 6 과 같다.

Table 5. Follow-up post hoc comparisons (Tukey's HSD) in the result of contact pressure (Mean pressure)

Region	Type of Pillow		Significance probability
Occipital	'bead pillow'	'cotton pillow'	**0.000***
		'contoured pillow'	**0.000***
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.851
Cervical	'bead pillow'	'cotton pillow'	0.152
		'contoured pillow'	0.984
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.111

(*) $p < 0.05$

Table 6. Follow-up post hoc comparisons (Tukey's HSD) in the result of contact pressure (Peak pressure)

Region	Type of Pillow		Significance probability
Occipital	'bead pillow'	'cotton pillow'	**0.000***
		'contoured pillow'	**0.000***
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.836
Cervical	'bead pillow'	'cotton pillow'	0.974
		'contoured pillow'	0.684
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.550

(*) $p < 0.05$

3.1.3 Result of Contact Force by 3 Pillow Types

Figure 6.의 Contact force 결과에서 'contoured pillow'는 occipital area 에서는 23.2N 으로 'bead pillow'의 79% 로 낮게 나타나지만 cervical area 에서는 33N 으로 다른 타입의 베개들에 비해서는 약 38%정도 크게 나타나는 경향을 보였다.

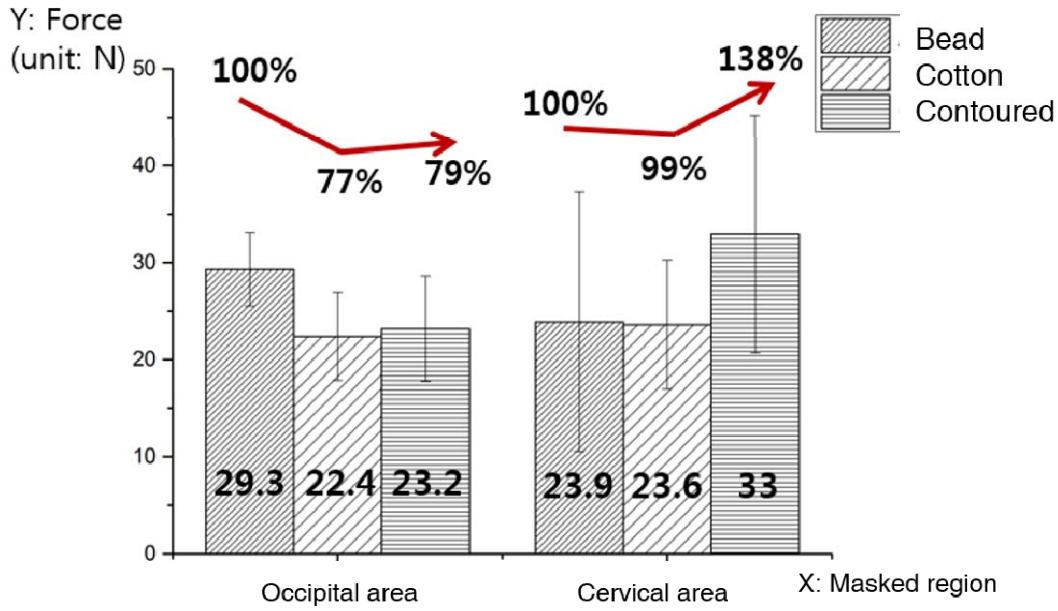

Figure 6. Result of contact force by 3 pillow types (unit: N, Y axis: force, X axis: masked region)

Contact force 의 베개타입 조건 변수들 간의 분산분석 사후검정 결과는 Table 7 과 같다.

Table 7. Follow-up post hoc comparisons (Tukey's HSD) in the result of contact force

Region	Type of Pillow		Significance probability
Occipital	'bead pillow'	'cotton pillow'	**0.010***
		'contoured pillow'	**0.025***
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.931
Cervical	'bead pillow'	'cotton pillow'	0.998
		'contoured pillow'	0.215
	'cotton pillow'	'contoured pillow'	0.196

(*) $p < 0.05$

3.1.4 Discussion of Contoured Pillow Design Effectiveness

3-Dimensional contoured pillow 의 디자인유효성평가의 결과를 살펴보면 베개의 형상이 posture of head and neck 에 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.
변수들 간의 사후검정 결과를 보면 후두부에서는 'bead pillow'와 다른 2가지 타입 간의 베개사이에서는 유의한 차이가 나타났고, 'cotton pillow'와 'contoured pillow'의 사이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 경추부에서는 contact area 의 결과에서만 'bead pillow'와 'contoured pillow' 사이에 유의한 차이가

나타났다. 이는 전체적으로 딱딱한 'bead pillow'에 비해 후두부를 감싸는 형상으로 후두부를 지지할 수 있는 형태인 'cotton pillow' 와 'contoured pillow' 형태상 특징으로 인한 결과이다. 또한 경추부에서는 contact area 결과에서만 'bead pillow'와 'contoured pillow' 사이에서 유의한 차이가 나타난 것은 경추부를 확실히 지지할 수 있는 'contoured pillow'의 형태상 특징으로 인해 나타난 결과로 판단된다.
Cervical area 를 지지할 수 있는 'contoured pillow' 디자인은 앞서 언급한 사후검정결과와 Table 1.의 형태적인 디자인특징요소에서 나타났듯, occipital area 와 cervical area 를 고르게 지지할 수 있는 디자인 특징에 대한 유효성을 3.1 절의 result of contact pressure, area and force 통해 검증하였다.
'contoured pillow'의 occipital area 를 감싸는 형상의 디자인은 occipital area 의 contact area 을 넓혀 peak pressure 감소시키는 효과가 있었다. 또한 cervical area 를 지지할 수 있는 'contoured pillow'의 디자인은 cervical area 의 contact area 의 증가와 더불어 contact pressure 을 증가시키는 결과를 통해 cervical area 지지효과를 검증하였고, 이를 통해 올바른 posture of head and neck 를 유도하는 현상을 확인하였다.
2.2 절의 CCA data 를 참고하면 'contoured pillow' 디자인 유효성은 사용자의 head length 를 비롯한 개인별 인체치수에 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서 3-Dimensional contoured pillow 디자인 유효성을 최적하기 위해서는 사용자 인체치수 별 베개디자인 가이드라인이 필요하다.

3.2 Design Guideline of 3-Dimensional Contoured Pillow

Table 8. Guideline of supporting cervical height in 3-Dimensional pillow

Head length of Korean (%tile) (unit: cm)	Head length of subject (unit: cm)	CCA (unit: degree)	|CCA-15|	Pillow guideline of supporting cervical height (unit: cm)
14.6 (5% tile)	13.5	16	1	**6.2**
	15	17	2	
15.5 (25% tile)	15.5	15	0	**6.7**
16.4 (50% tile)	16.5	18	3	**7.1**
	16.9	10	5	
	17	20	5	
19.3 (75% tile)	18.2	13	2	**8.9**
	18.8	7	8	
	19	25	10	
20.6 (95% tile)	No subject data			

*Guideline of supporting cervical height = 6.7 ± mean of |CCA-15| / 3

3-Dimensional pillow 의 design guideline 은 height of supporting cervical 를 주요 치수로 선정하여 도출되었다. Head length: 14.6cm 로 5% tile 에 해당하는 사용자를 위해서는 6.2cm, head length: 15.5cm 로 25% tile 에 해당하는 사용자를 위해서는 6.7cm, head length: 16.4cm 로 50% tile 에 해당하는 사용자를 위해서 7.1cm, head length: 19.3cm 로 75% tile 에 해당하는 사용자를 위해서는 7.1cm 를 제안하였다. 그러나 head length: 20.6cm 로 95% tile 에 해당하는 no subject data 로 제안치수를 도출하지 못했다.
3-Dimensional contoured pillow 의 디자인에 있어서는 후두부를 감싸는 디자인을 유지하면서도 경추부와 후두부를 고르게 지지할 수 있는 형태를 띠고 있어야 한다. 또한 본 연구의 유효성평가에 나타났듯 부드러운 재질인 'cotton pillow'는 contact area 를 넓히는 효과는 있었으나 실제적인 지지효과인 contact force 로 크게 늘어나지는 않았다. 따라서 경추지지효과를 위해서는 부드러우면서 형상을 유지할 수 있는 stiffness 를 갖추고 있는 소재이어야 한다.
본 연구에 활용된 'contoured pillow'의 유효성평가 결과에서 경추부를 지지하는 부분과 후두부를 지지하는 부분은 구분되어 형태로 되어있어 경추부의 지지효과가 크게 나타나는 것을 확인하였고, 이를 토대로 3-Dimentional contoured pillow 는 경추부를 지지하는 부분과 후두부를 지지하는 부분이 따로 구분되어 디자인되어야 한다.

4. Conclusion

본 연구에서는 3-Dimensional contoured pillow 디자인 유효성 평가를 통해 디자인 요소에 대한 정량적 근거를 마련하였다. 선행연구에 근거한 'contoured pillow'의 CCA data 를 기준으로 CCA 결과에 영향을 미치는 주요 인체치수로 head length 을 도출하였다. 그리고 실험 참여자들의 head length 를 기준으로 한국인 30~34 세의 head length size 의 5% tile 과 25% tile, 50% tile, 75% tile 에 해당하는 3-Dimensional contoured pillow 의 height of supporting cervical 를 각각 6.2cm, 6.7cm, 7.1cm, 8.9cm 로 제안하였다.
본 연구에서는 head length 를 통해 고려되어야 하는 contoured pillow 의 치수로 height of supporting cervical 를 선정하였다. 본 연구에서 활용한 3-dimensional pillow 에서 경추부의 지지높이가 후두부의 지지높이보다 높아 CCA data 및 디자인유효성 결과에 더 많은 영향을 미쳤다고 판단하여 height of supporting cervical 를 significant dimension 으로 선정하였다.
본 연구와 유사하게 베개 디자인에 있어 경추 지지높이 즉 목의 지지높이에 대한 연구를 수행한 선행연구 결과를 살펴보면, Chen and Cai (2016)는 'Ergonomic approach for pillow concept design' 이라는 연구를 수행하였다. head length 를 비롯한 머리와 목, 어깨부분의 주요인체치수를 반영하여 인간공학적 베개에 대한 디자인 컨셉을 도출하였다. 연구에 참여한 40 명의 head length 는 남자 19.04cm (N: 20), 여자가 17.88cm (N: 20) 이었고, 경추 지지제안높이는 9cm 로 도출되었다. 베개의 형상이 더 복잡하고 다양한 치수들이 적용되었지만, 경추 지지높이는 유사한 결과를 나타내고 있었다. 또한 EMG 를 활용하여 목의 지지높이가 5cm, 10cm, 14cm 의 베개를 활용하여 supine position 에서 3 가지 높이 중 가장 편안한 목의 지지높이를 제안한 Isabel C.N. Sacco (2015)의 연구에서는 10cm 에서 가장 낮은 근 활성도 결과가 나타났다고 발표하였다. 본 연구와 유사하게 경추 지지높이를 제안한

선행연구에서의 결과는 실험참여자의 치수가 다르고 연구방법이 차이가 나는 것에도 불구하고, 제안하는 높이가 유사한 범주 내에서 나타나고 있음을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 베개사용자의 head length 를 기준으로 하여 목과 머리부분의 지지높이를 제안하는 방법을 향후 보완하여 최적화가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에 베개 디자인의 유효성에 대한 선행연구들에서도 interface pressure 를 측정하거나 설문조사를 통한 방법들이 수행되었다. Susan J. Gordon (2009) 'Pillow use'라는 연구에서는 6 가지 베개 타입에 대하여 수면시간, 수면에 드는 시간 등의 측정을 통해 종합적인 수면의 질을 평가하였다. 6 가지 베개 타입으로는 맞춤형 베개, Polyester, Foam regular, Foam contour, Feather, Rubber 이 활용되었다. 6 가지 베개 중 가장 편안하고, 수면의 질 결과가 높았던 베개는 Rubber 형 베개로 나타났고, 두 번째로는 맞춤형 베개로 나타났다. Interface pressure 측정을 통해 베개에 대한 평가를 진행한 Lin and Wu (2015) 연구에서도 머리와 목의 형상을 반영하여 베개의 형태를 고려하여 디자인하는 것이 중요하다고 발표하였다. 앞선 두 개의 선행연구에서 주장하는 베개디자인의 고려요소는 사용자의 머리와 어깨의 형상(치수)를 반영한 베개를 사용하여야 한다는 것이다. 이와 같은 방향에서 본 연구에서는 머리와 어깨부분의 형상을 반영하여 디자인된 'contoured pillow' 유효성평가를 수행하였다. 디자인 유효성평가 결과에서는 머리를 감싸면서 목을 지지하는 'contoured pillow' 디자인 유효성을 contact pressure 측정을 통해 평가하였다.

본 연구의 디자인 유효성평가에서 'contoured pillow'의 경추 지지력이 높은 것을 확인하였다. 이는 돌출된 후두부의 contact area 을 넓혀 접촉부하를 낮추고, 경추부의 지지력을 높이는 디자인 형상에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 접촉부하를 낮추고 경추부의 지지효과를 높이기 위해서는 베개의 디자인이 후두부를 감싸는 형상, 경추부를 지지하는 형상 부분이 구분되어 디자인될 필요가 있다.

본 연구를 수행한 방법에는 크게 3 가지 연구한계점을 가지고 있다. 첫 번째로 수면자세에 대한 점이다. 본 연구에서 피실험자는 supine position 에서 실험에 참여하였다. 그러나 전체 수면에서 supin position 이 차지하는 비중은 25% 정도로 전체 수면자세를 고려한 베개 디자인이라고 하기에는 한계점을 가지고 있다. 두 번째로는 실험참여자의 수와 표본의 동질성에 대한 한계점이다. 본 연구에서는 특정 사이즈를 대상으로 동질성을 갖춘 표본을 모집하여 실험을 진행하지 못했다. 따라서 본 연구에서 주장하는 주요 분위별 제안치수를 강력하게 주장하기에는 주요 분위별 동질성을 갖춘 표본을 다수 확보해야 하는 한계점을 가지고 있다. 세 번째로 Table 4. 의 수식에 대한 한계점이다. 두 번째의 연구한계점에 기인한 수식이 최적화 될 수 없는 문제점이나 추후 다수의 표본확보를 통한 CCA data 를 기준으로 경추지지 높이를 제안하는 수식에 대한 최적화가 요구된다.

앞서 언급한 3 가지 한계점에 대한 문제를 차치하더라도 본 연구의 디자인가이드라인 개발방법은 베개 및 수면자세의 중요성이 부각되어 다양한 형태의 베개가 개발되고 있는 상황에서 최적의 베개형태와 사용자 체형을 고려한 표준화된 베개 디자인의 근거자료로 활용이 기대된다.

Acknowledgements

This study was supported by the Korea Institute of Industrial Technology.
The portions of design effectiveness evaluation in this study were presented at 2016 ESK-JES joint meeting and 2016 ESM conference.

References

Amaranath, S., AQA A-level Psychology PYA4: Function of Sleep, *Scribd*, http://zh.scribd.com/doc/13916183/AQA-ALevel-Psychology-PYA4-Function-of-Sleep (retrieved April 04, 2016).

Chen, H.-L. and Cai, D., "Body dimension measurements for pillow design for Taiwanese", *Proceedings of the 18th World Congress on Ergonomics*, 41 (pp.1288-1295), Recife. BR., 2012.

Erfanian P, Tenzif S. and Guerriero RC., Assessing effects of a semi-customized experimental cervical pillow on symptomatic adults with chronic neck pain with and without headache, *Journal of the Canadian Chiropractic Association,* 48(1), 20-28, 2004.

Gordon, S.J. and Grimmer-Somers, K., Your Pillow May Not Guarantee a Good Night's Sleep or Symptom-Free Waking, *Physiotherapy Canada*, 63(1), 183-190, 2011.

Gordon, S.J., Grimmer-Somers, K. and Trott, P., Pillow use: the behaviour of cervical pain, sleep quality and pillow comfort in side sleepers, *Manual Therapy*, 14(1), 671-678, 2009.

Gradisar, M., Terrill, G., Johnston, A. and Douglas, P., Adolescent sleep and working memory performance, *Sleep and Biological Rhythms*, 6(3), 146-154, 2008.

Isabel C.N. Sacco, et al., The effect of pillow height on muscle activity of the neck and mid-upper back and patient perception of comfort. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics,* 38(6), pp. 375-381, 2015.

Kim, J. Y. Park, J. S. and Park, D. E., Biomechanical Evaluation of the Neck and Shoulder When Using Pillows with Various Inner Materials, *Journal of the Ergonomics Society of Korea,* 30(2), 339-347, 2011.

Lavin, R.A., Pappagallo, M. and Kuhlemeier, K.V., Cervical pain: a comparison of three pillows, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(1), 193-198, 1997.

Lee, H. J., Park, S. J. and Park, G. S., "Development of Quantitative Evaluation of Pillow", *Proceedings of the 18th Conference,* (pp. 1-5), Jeju. KR., 2000.

Levangie, P. K. and Norkin C. C., *Joint Structure and Function – A Comprehensive Analysis*, *4th ed.,* F. A. Davis Company, Philadelphia, 2005.

Morrissey, M., Duntley, S., Anch, A. and Nonneman, R., Active sleep and its role in the prevention of apoptosis in the developing brain, *Medical Hypotheses,* 62(6), 876-879, 2004. doi:10.1016/j.mehy.2004.01.014

Opp, M.R., Sleeping to fuel the immune system: mammalian sleep and resistance to parasites, *BMC Evolutionary Biology Biomed*, 9(1), 2009. 1471-2148, 2009. doi:10.1186/1471-2148-9-8

Schütz, T.C.B., Andersen, M.L. and Tufik, S., The influence of orofacial pain on sleep pattern: a review of theory, animal models and future directions, *Sleep Medicine*., 10(1), 822-828, 2009.

Turner, T.H., Drummond, S.P.A., Salamat, J.S. and Brown, G.G., Effects of 42 hr sleep deprivation on component processes of verbal working memory, *Neuropsychology,* 21(6), 787-795, 2007. doi:10.1037/0894-4105.21.6.787

Xin-Yu Lin and Fong-Gong Wu, Pillow shape design to enhance the sleep quality of middle-aged groups, *6th Applied Human Factors and Ergonomics proceeding*, pp. 4429-4435, 2015.

Zager, A., Andersen, M.L., Ruiz, F.S., Antunes, I.B. and Tufik, S., Effects of acute and chronic sleep loss on immune modulation of rats, *Regulatory Integrative and Comparative Physiology,* 293(1), 504-509, 2007. doi:10.1152/ajpregu.00105.2007