

인체공학적 좌석이 척추와 골반 자세에 미치는 영향에 대한 생체역학적 비교연구: 원추형 진자 스톨과 반강성 유연 등받이 의자

최우진¹ · 손문준^{2,3*}

¹올바른 신경외과 / ²인제대학교 일산백병원 신경외과학 교실, ³인제대 부설 뇌과학 방사선융합수술연구소

Biomechanical Comparison of the Effects of Two Ergonomic Chairs on the Spine and Pelvic Postures: Conical Pendulum Stool Versus Semi-Rigid Flexible Backrest Chair

Woojin Choi¹ · Moonjun Sohn^{2,3}

¹Allbareun Neurosurgery, Incheon

²Neurosurgery Department

³Neuroscience & Radiosurgery Hybrid Research Center, Inje University Ilsan Paik Hospital, College of Medicine, Goyang

The most common health problem caused by long-term sitting lifestyle and degenerative changes due to aging was changes in spinal pelvic posture. Sitting posture was a more complex phenomenon because it follows a change in posture. The most common working environment occurs in working with your body tilted back from a chair with a backrest. While sitting down and working, the movement of the seat plate was restricted which result in stiff lumbar spine and pelvic muscles to become stiff that eventually causes fatigue, pain and pathological posture changes. The aim of this study was to analyze the biomechanical changes and effects by evaluating and measuring the changes in spino-pelvic posture including muscle tension in sitting posture according to the type of seat used. Two different type of ergonomic seats, such as conical pendulum stool (CPS) and semirigid flexible backrest chair (SFBC), were used in a total of 17 participants. Among two types of sitting, seat-buttock contact pressure and radiographic changes of coronal trunk imbalance distance (Gravity line/Hip axis distance), pelvic and shoulder height differences on the seats were measured and statistically analyzed using partied t-test. The seat-buttock contact pressure reduced from $51.13 \pm 32.77 \Omega$ and $59.13 \pm 39.62 \Omega$ on initial seated to $38.57 \pm 25.61 \Omega$ and $49.37 \pm 29.22 \Omega$ on 1hr seated on CPS and SFBC, respectively ($p=0.486$, $p=0.332$). Radiographically, changes in pelvic height differed statistically significantly between two sitting types of CPS versus SFBC (average of $2.12 + 2.61$ mm versus $4.29 + 4.04$ mm, respectively with one hour seating, $p=0.008$). Improvement in shoulder height difference was statistically significant (average of $8.27 + 6.28$ mm to $5.37 + 6.06$ mm using CPS from initial to one hour sitting, $p=0.038$). CPS seating showed better biomechanical effect in reducing the imbalance between pelvic height and shoulder height through the stimulating dynamic control of spinal stability and equilibrium by activation of the upper and lower back core muscles than static ergonomic seat.

Keywords: Biomechanics, Ergonomic, Backrest, Pendulum stool, Spinal stability, Core back muscle

이 논문은 2020년도 교육부의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: NRF-2020R111A3073930).

* 연락저자 : 손문준 교수, 10380, 경기도 고양시 일산서구 주화로 170 인제대학교 부속 일산백병원, 뇌과학 방사선융합수술연구소,

Tel: 031-910-7730, Fax: 031-915-0885, E-mail: mjsohn@paik.ac.kr

2022년 2월 21일 접수; 2022년 4월 4일, 2022년 4월 8일 수정본 접수; 2022년 4월 11일 게재 확정.

1. 서론

현대 사회의 사람들은 핸드폰 사용, 텔레비전 시청, 컴퓨터 작업, 게임, 운전 등을 하면서 많은 시간을 앉은 자세로 보낸다(Hamilton *et al.*, 2008; Dunstan *et al.*, 2011). 국내의 경우 2014년 국민건강 통계에 따르면 한국인은 하루 평균 7.5시간을 앉아서 지낸다. 특히 19~29세 연령대에서 하루 8.7시간으로 가장 길었으며 30대 7.6시간, 40대 7.3시간, 50대 7.1시간순이다(KDCPA, 2014).

장시간 동안 한 자세만을 유지하는 경우 척추 및 골반에 미치는 부정적인 영향을 피할 수 없다(Baker *et al.*, 2018). 운전 시에도 장시간 앉아 있게 되면 엉덩이가 닿는 좌면의 압력은 시간이 지남에 따라 증가하고 불편함 및 피로감이 증가하게 된다(Kim *et al.*, 2013). 최근에는 장기간의 정적 자세의 부작용을 줄이는데 효과적인 앉고 서서 일하는 워크스테이션 및 동적 좌식 전력에 관한 연구도 많이 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2020). 이런 경우 대부분 정적인 자세는 국소적인 근골격계 불편감(통증, 근육경련, 무감각), 정신적인 피로감, 장기간에 걸친 만성 근골격계 문제들을 유발할 수 있다(Varela *et al.*, 2019). 시트에서 고정된 자세에서 장시간 앉아있는 것은 몸에 영양분 공급을 억제함으로써 부정적인 영향을 주게 된다(Varela *et al.*, 2019). 이는 시트에 고정된 자세로 앉게 되면 허벅지 및 종아리 근육에 경직이 오게 되며 근육 사이로 지나가는 혈관을 압박해서 혈액순환이 원활하지 못하고 근육에 허혈성 변화 및 염증반응을 일으키게 되어 통증 혹은 불편감을 발생시킬 수 있기 때문이다. 주로 앉아 있는 동작은 지난 10년간 수많은 만성 질환 및 모든 질병 사망율의 잠재적인 위험인자로 알려져 있다. 장시간 앉는 것은 신체활동 정도와 관계없이 미래의 제 2형 당뇨병의 위험성 및 심혈관계 질환, 일부 암, 그리고 모든 질병 사망율의 위험성을 증가시키는 것과 연관성이 있다(Wenfei *et al.*, 2018). 간헐적이거나 고정된 자세로 장시간 앉아 있는 것은 사람의 몸에 정적인 부하를 주게 되며 이는 일반적으로 근골격계 불편함과 통증을 유발시키는 위험요소이다(Wenhua *et al.*, 2017).

현재까지 시판되는 대부분의 의자들은 좌판이 수평인 경우가 많다. 이런 경우 사용자가 장시간 좌판에 앉았을 때 엉덩이가 눌리면서 궁둥뼈(Ischium)와 의자 사이의 근육 및 연부조직이 눌리게 된다. 이는 근육의 허혈성 변화를 일으키고 근육의 피로도 증가 및 상체가 전방으로 기울게 하면서 허리 아래 근육들의 근육긴장도가 증가시킨다. 이러한 상황이 반복되면서 통증으로 진행된다(Zemp *et al.*, 2019). 또한 장시간 시트에 앉을 때 영향을 가장 많이 받는 부위가 골반 및 엉치 부위이며 궁둥뼈가 가장 큰 하중을 받게 된다. 시트에 착좌시 인체 무게의 70% 이상은 시트 쿠션이 지지하게 되고 특히 좌골 결절(Ischial Tuberosity)에서 상당한 체압이 발생하게 된다(Kim *et al.*, 2016). 이는 혈액 순환을 방해기에 충분한 압력으로 결과적으로 통증과 마비를 유발하게 되면 안락감을 저하시키는 요인으

로 작용하게 된다. 움직임이 없는 상태에서 특정 자세를 지속적으로 취할 때는 등척성 수축(Isometric Contraction)이 일어나게 되는데 이는 적은 에너지 소모에도 불구하고 국소적인 근육의 피로감을 유발시킨다(Rose *et al.*, 2014; Kahn and Monod, 1989).

특히 학생들 혹은 직장인들의 경우 한번 앉게 되면 공부 혹은 PC 업무 등에 따라서 한 시간 이상 한 자세를 유지하는 경우가 많은데 움직임이 없이 고개를 숙이고 장시간 있게 되면 상체를 지지하기 위해서 허리 및 골반 주변의 근육 긴장도가 상승하게 되고 이는 근육의 피로도를 유발해서 요통을 일으키고 집중력 저하를 가져온다(Koskelo *et al.*, 2007). 또한 일반적인 사무용 의자의 등받이는 각 제조사들의 설계기준에 따라 개별적으로 제작이 되고 있어서 다양한 사용자의 신체 특성을 제대로 반영하지 못할 수가 있다(Groenesteijn *et al.*, 2012; O'Sullivan *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2021).

일반적인 등받이가 있는 의자에 앉을 때 각 의자마다 다른 등받이 디자인에 따라서 생기는 불편함을 해결하기 위해서 사용자들은 여러 가지 노력들을 하고 있다. 특히 허리 쿠션, 등받이 보조 받침대 같은 제품을 통해서 요추전만을 유지시키고자 한다(Kim *et al.*, 2021). 하지만 이러한 노력에도 불구하고 장시간 앉아 있는 경우에 허리에 가해지는 부하 및 스트레스 누적으로 인한 불편함을 해결하기엔 부족하다. 요추 부위에 원격으로 측정 가능한 디바이스가 장착된 인공디스크로 교체 수술한 환자를 대상으로 한 테스트 결과 임플란트에 가해지는 힘은 몸통의 15° 굴곡에서 평균 48% 증가하고 10° 신전에서 19% 감소했다. 등받이 조절이 가능한 의자에 앉았을 때 등받이 경사각이 증가함에 따라 하중이 감소했다. 시트 높이는 대부분의 경우 임플란트 하중에 미미한 영향을 미쳤다. 등받이 조절이 가능한 의자에 앉을 때와 비교하여 벤치(7%) 또는 췌기형 패드가 있는 스툴(9%), 무릎 스툴(19%), 의자(35%), 사무용 의자(41%). 물리 치료 공 위에 앉아 있으면 부하가 7% 증가했다. 허벅지에 손을 대면 팔을 옆으로 걸 때와 비교하여 평균적으로 임플란트 부하가 19% 감소했다(Rohlmann *et al.*, 2011). 또한 앉는 자세에 있어서 요추추부의 유연성에는 슬괵근(Hamstring muscle)의 유연함보다 비구대퇴관절의 움직임 제한이 영향을 준다고 한다(Frey *et al.*, 2019). 이 영향은 일반적으로 의자에 앉을 때 양반다리를 하거나 다리를 꼬는 경우 혹은 상체를 과하게 세우거나 숙일 때 발생한다. 특히 사무용 의자의 경우 이러한 움직임의 제한을 피하기가 힘들며 이에 좌판의 움직임이 허용된 크래들 형태로 움직이는 의자 혹은 다방향으로 움직임이 가능한 시트는 비구대퇴관절의 움직임이 일반 사무용 의자보다 자유롭다.

의자에 앉았을 때 디스크 부위에 받는 하중을 줄이기 위해 등받이 조절이 가능한 의자에서 등받이 경사각을 증가시킨 상태로 학업 혹은 업무를 본다면 이상적일 수 있지만 현실적으로 불가능하다. 하지만 사무용 의자에 앉을 때보다 스툴에 앉을 때 허리 디스크에 가해지는 하중이 상대적으로 적었고 공

부 혹은 업무를 할 때 실질적으로 등받이에 상체를 기대는 경우가 드문 점을 고려할 때 좌판의 형태 혹은 움직임이 앉은 자세에 주는 영향에 대한 연구가 추가로 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 앉은 상태에서 움직임이 가능하여 요천 추부 근육의 긴장도를 느슨하게 해 줄 수 있는 스툴 형태의 의자들의 좌판 움직임 증가에 따른 척추 및 골반에 미치는 영향의 차이를 비교하려고 하였다. 이를 위해서 반강성 재질의 유연성 등받이 의자와 원추형으로 진자운동을 허용하는 스툴의자를 대상으로 엉덩이 움직임의 증가에 따른 엉덩이 압력의 변화 및 엑스레이상의 변화를 분석 및 차이를 평가하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

총 17명의 참가자를 대상으로 하였으며 모든 참가자들은 본 실험의 목적과 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 자발적으로 동의서에 서명 후 실험에 참가하였다. 참여자들은 최근 6개월 이내 척추 및 골반관련 통증 및 병원 진료가 없는 자들이었으며 이의 선천적인 질환이 없었다. 또한 하루에 최소 한 시간 이상 앉아 있는 일을 하는 사람들을 대상으로 하였다.

2.2 실험기기 및 도구

평가에 사용될 의자는 좌판의 움직임 범위에 따라 두 가지 종류의 인체공학적 좌판 의자를 사용하여 연구를 진행하였다. 반강성 재질의 유연성 등받이 의자(Semi-rigid flexible backrest chair, SFBC) 좌판인 커블(Curble®)과 원추형으로 진자운동을

허용하는 스툴의자 (Conical pedulum stool, CPS)인 체어마이스터 사의 툴립(Tulip®)을 사용하였다(<Figure 1>). 본 연구에 사용된 두 종류의 인체공학적 좌판 및 의자의 특성은 다음과 같다. 1) 반강성 유연 등받이 의자 (SFBC, Curble®)는 앉은 자세에서의 골반-척추의 굴곡을 인체공학적으로 설계한 일체형 등받이 좌판이며, 기존 의자 위에 올려서 사용이 가능한 형태이다. 디자인은 엉덩이를 움직일 수 있는 대신 엉덩이 부분 및 골반 부분이 일체형 반강성 재질로 고정적(static)이어서 골반-척추를 지지해주면서도 앉은 자세에서 신체의 배굴-신전 저항과 움직임을 허용하는 유연성 있는 등받이 형태이다. 2) 원추형 진자 스툴 (CPS, Tulip®)은 엉덩이 닿는 앉은 좌판 부위가 원추형 하단부의 중심축으로부터 8도 범위에서 모든 방향으로 진자운동의 움직임을 허용하는 팔걸이와 등받이가 없는 의자 형태이다.

위의 두 종류의 인체공학적 의자 좌판 사용에 따른 골반-척추 굴곡의 생체역학적 반응을 평가하기 위해서 영상학적 검사와 좌판-엉덩이 사이의 접촉면 압력 변화를 분석하였다. 단순 방사선영상 촬영을 통해서 좌우 골반높이 차이(Pelvic height difference), 어깨 높이 차이(Shoulder height difference) 및 관상면 척추축의 이격도를 측정하였다. 좌판 접촉면 엉덩이의 압력 변화 측정을 위하여 (주)폴리웍스사의 KRISS 면압센서 제품을 사용하였다. 접촉면 압력의 측정범위는 압력의 세기에 따라서 각 셀별로 0 ~100까지의 스케일(단위, Ω)로 표기가 되었으며 평균값으로 비교하였다.

2.3 실험방법

대상자들은 실험에 앞서 기초 검사로 기립자세에서 전신 척추 단순방사선(Full Spine X-ray) 촬영을 하였다. 이후 두 가

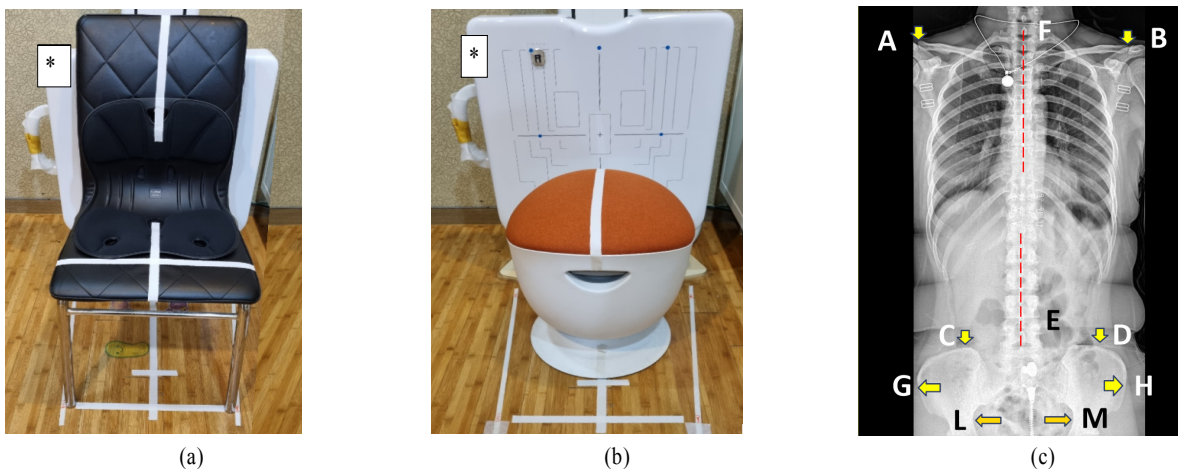


Figure 1. Two Ergonomic Chairs; (a) Semirigid flexible backrest chair (SFBC, Curble®) (b) Conical pendulum stool (CPS, Tulip®), Astrix(*) : simple X-ray machine (c) Radiographic parameters measuring body axis balance. AB: shoulder height difference, CD: pelvic height difference, EF; gravity line/hip axis distance, GH; Anterior superior iliac spine difference, LM; Transverse diameter of pelvic inlet

지 다른 형태의 인체공학 의자에 1시간 동안 앉아 있는 후의 신체 시상면의 좌우 불균형과 신체축의 불균형을 단순방사선영상자료를 이용하여 측정하고 비교 분석하였다. 먼저 대상자들을 두 가지 형태의 의자인 (a) 크래들 형태로 움직이는 반강성 유연 등받이 의자와 (b) 다방향으로 움직임이 가능한 원추형 진자 스톨에 각각 앉게 하였다. 앉은 상태에서 첫 엉덩이 압력 와 마지막으로 1시간 동안 앉은 자세를 유지시킨 이후의 엉덩이 접촉면의 압력값을 측정하여 기록하였다. 이때 대상자들은 각각 지정된 위치에 a) 반강성 유연 등받이 의자 및 b) 원추형 진자 스톨에 각각 교대로 나누어 앉게 하고 같은 위치에 양측 발을 위치시킨 후 시선은 수평을 유지하면서 엉덩이는 움직일 수 있는 방향대로 움직일 수 있게 하여 접촉면 압력 측정시에 의자와의 접촉하는 위치가 변하는 것을 최대한 보정하였다.

단순방사선 영상촬영은 각기 다른 형태의 두 개의 의자에 앉은 직후와 한 시간 앉은 자세를 유지한 이후에 각기 촬영하였다. 단순방사선촬영 영상에서 신체 좌우 차이를 측정하는 영상학적인 매개변수로 어깨 높이 차이(Shoulder height difference), 골반높이차이(Pelvic height difference), 관상면 척추축의 이격도(Gravity line(GL)/Hip axis (HA) distance), 전상장골극차이(Anterior superior iliac spine difference), 골반입구의 가로폭(Transverse diameter of pelvic inlet)을 측정하였다(<Figure 1-c>). 어깨 높이 차이는 엑스레이상 양측 원뿔인대결절(Acrominal end)의 좌우 높이 차이를 측정한 값이고, 골반 높이 차이는 양측 장골 능선의 가장 높은 지점에서 가상의 수평선을 긋고 두 수평선간의 높이 차이값을 측정한 것이다. 관상면 척추축의 이격도는 경추 제 7번 후방돌기뼈(Spinous process)에서 수직으로 내린 무게중심선(Gravity line, GL)과 양측 대퇴골 골두의 중심선을 연결 후 이를 이등분 한 고관절중심선(HA, midpoint of the line connecting the femoral heads)과의 차이를 측정한 것(Hernandez *et al.*, 2018)으로 시상면에서의 신체 몸통축의 불균형을 나타내는 시상면 척추축의 이격도를 측정하는 지표이다. 전상장골극차이는 양측 전상장골극차이의 거리를 측정한 것이다. 골반입구의 가로폭은 골반 내부에서 가장 좌우로 볼록한 부분을 연결한 선의 거리를 측정한 값이다.

2.4 분석방법

본 테스트에서 압력센서 결과는 좌우 압력을 측정 및 좌우 압력 차이의 변화를 비교하였으며 엑스레이에서 촬영한 영상

이미지에서는 양측 어깨 높이 차이, 골반 높이 차이, 관상면 차이를 각각 비교하였다. a) 반강성 유연 등받이 의자 및 b) 원추형 진자 스톨 의자 사용에 따른 좌관-엉덩이 접촉압력과 영상학적 변화 결과를 비교 평가하기 위해서 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 통계학적 유의수준 $p < .05$ 로 하였다. 자료의 통계 처리를 위해서 사용한 통계 프로그램은 GraphPad 사의 통계프로그램인 PRISM 7을 사용하였다.

3. 결과

3.1 인구통계학적 특징

참가자의 남녀비율은 14 : 3으로 남자가 많았고, 평균 나이는 35.0±8.9세였다. 평균 신장은 173.3±6.4cm였으며 체중은 평균 75.9±12.1kg이었다. 이는 동일연령대의 한국인 인체치수 수치인 평균 신장과 체중인 172.5±5.31cm와 75.1±10.61kg와 비슷한 수치에 해당되었다 (제7차 한국인 인체치수조사 참조). 대상자들이 의자에 앉아서 지내는 시간은 하루 평균 6.8±3.2시간이었다. 또한 이들의 양측 전상장골극(ASIS, anterior superior iliac spine)간 거리는 316.6±19.64mm였으며 골반입구(pelvic inlet)의 가로 폭은 140.8±10.74mm였다(<Table 1> 참조).

3.2 착석상태의 엉덩이 접촉압력 차이 비교 분석

착석 상태에서의 양측 엉덩이 접촉압력의 좌우차이는 반강성 유연 등받이 의자에 처음 앉았을 때 59.13±39.62Ω에 비해서 1시간 이후 압력차이는 49.37±29.22Ω로 다소 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.362$). 원추형 진자 스톨 의자에서도 처음 착석시와 1시간 이후의 양측 엉덩이 좌우 압력차이는 각각 51.13±32.77Ω와 38.57±25.61Ω로 압력 차이가 감소하였으나 이 변화 차이도 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.322$). 반강성 유연 등받이 의자에서의 처음과 1시간 착석시의 압력 변화 차이값 36.68±35.45Ω와 원추형 진자 스톨 의자에서의 압력 변화 차이값 37.30±20.41Ω으로 두 군간의 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다($p=0.991$) <Table 2>, <Figure 2> 참조).

3.3 골반 높이 차이

반강성 유연 등받이 의자에 처음 앉았을 때 골반 높이의 좌우 차이는 3.41±3.58mm로 원추형 진자 스톨 의자에 앉았을 때

Table 1. Demographic Characteristics

Age (year-old)	Height (cm)	Weight (kg)	Sitting time (hour)	Width of both ASIS (mm)	Pelvic inlet (mm)
35.06±8.9	173.3±6.4	75.9±12.1	6.8±3.2	316.6±19.64	140.8±10.74

*ASIS (Anterior superior iliac spine).

Table 2. Comparison of Contact Pressure Sensing Data between Two Ergonomic Chairs

	Semi-rigid flexible brackrest chair		Conical pendulum stool	
	Initial sitting	1 hour sitting	Initial sitting	1 hour sitting
Contact pressure difference on buttocks (Ω, Mean ± SD)	59.13±39.62	49.37±29.22	51.13±32.77	38.57±25.61
p-value (paired t-test)	$p = 0.362$		$p = 0.322$	
	$p = 0.991$			

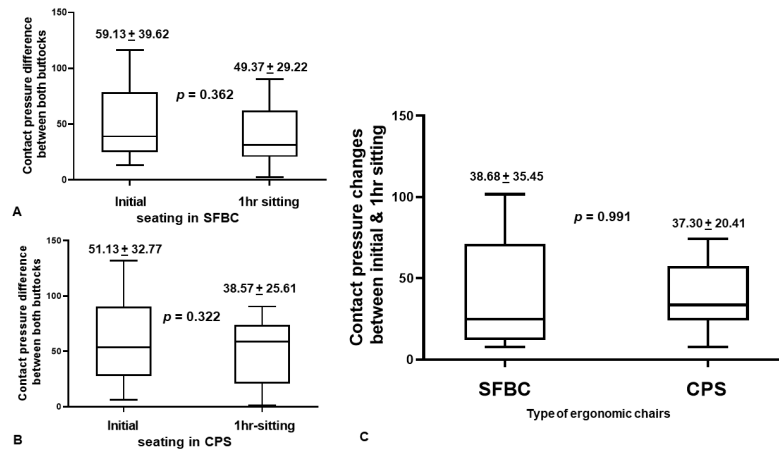


Figure 2. Comparison of contact pressure differences on both buttocks at initial and 1 hour sitting (A) in Semirigid flexible backrest chair (SFBC) and (B) in Conical pendulum stool (CPS) and (C) contact pressure changes in two type of ergonomic chairs between initial and 1 hour sitting

Table 3. Compression of Pelvic Height Differences (mm) Sitting in Two Ergonomic Chairs.

	Semi-rigid flexible brackrest chair		Conical pendulum stool	
	Initial sitting	1 hour sitting	Initial sitting	1 hour sitting
Pelvic height difference on both side (mm, Mean ± SD)	3.41±3.58	4.29±4.04	4.12±3.92	2.12±2.61
p-value (paired t-test)	$p = 0.236$		$p = 0.0284^*$	
	$p = 0.1789$			

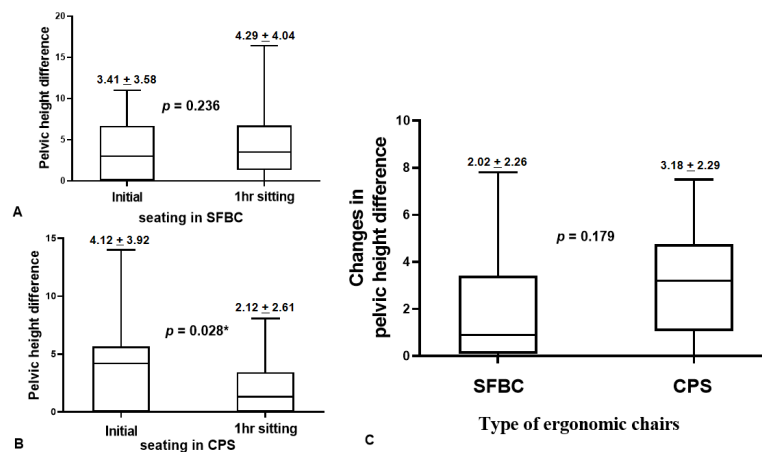


Figure 3. Comparison of Pelvic Height Differences on Both Side At Initial and 1 Hour Sitting (A) in Semirigid flexible backrest chair (SFBC) and (B) in Conical pendulum stool (CPS) and (C) the changes in two type of ergonomic chairs between initial and 1 hour sitting

(4.12±3.92mm)와 비교해서 통계적으로 차이는 관찰되지 않았다($p=0.354$). 착석에 따른 평균 골반높이 차이는 3.41±3.58mm에서 4.29±4.04mm로 약 0.88±2.94mm가 증가한 변화가 나타났으나 이 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.236$). 그러나, 원추형 진자 스톨에 1시간 착석한 경우, 반강성 유연 등받이 의자에 앉았을 때와 비교해서 양측 골반높이의 좌우차이가 2.0 ±3.42mm 감소하는 변화가 측정되었으며 이 변화는 통계적으로도 유의하였다($p=0.028$, <Table 3>, <Figure 3> 참조).

3.4 관상면 신체 축 불균형: 척추축의 이격도(GL/HA Distance)

관상면 척추축의 이격도의 단순방사선영상에서의 측정값은 반강성 유연 등받이 의자에 착석한 직후의 평균 이격도는 8.01 + 10.01mm로 한 시간 착석후 측정된 값과 비교할 때 관상면 척추축 이격 차이 거리는 11.4 + 11.17mm(평균)로 증가되었으나 통계적으로 $p=0.21$ 로 유의하지 않았다. 또한 원추형 진자

스톨 의자에서도 관상면에서의 척추축 이격도 차이는 첫 착석 시 평균 측정값 10.48 + 13.06mm에 비해서는 1시간 착석 후의 평균 측정값이 8.68 + 8.33mm으로 감소하였으나 이 차이는 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다($p=0.3632$).

관상면 척추축의 이격도의 변화에 있어서도 반강성 유연 등받이 의자를 사용하였을 때의 변화 값 9.19 + 6.01mm였으며 원추형 진자 스톨 의자에 앉았을 때의 변화는 5.56 + 5.75로 관상면의 척추축 이격도 차이 변이가 감소하는 경향을 보였으나 두 의자 사용에 따른 변화의 차이는 $p=0.11$ 로 통계적으로 유의하지 않았다(<Table 4>, <Figure 4>).

3.5 어깨 높이 차이

양측 어깨높이 차이에 있어서는 반강성 유연 등받이 의자에 앉았을 때 첫 착석과 한 시간 경과 후의 양측 어깨 높이 차이가 8.72±7.03mm에서 6.38±5.2mm 로 감소되는 경향이 측정되었으나 통계적으로는 유의하지 않았다($p=0.085$). 그러나, 원추형

Table 4. Compression of GL/HA Distance(mm) Sitting in Two Ergonomic Chairs

	Semi-rigid flexible brackrest chair		Conical pendulum stool	
	Initial sitting	1 hour sitting	Initial sitting	1 hour sitting
GL/HA distance (mm, Mean ± SD)	8.01±10.01	11.40±11.17	10.48±13.06	8.68±8.33
p-value (paired t-test)	$p = 0.21$		$p = 0.36$	
	$p = 0.11$			

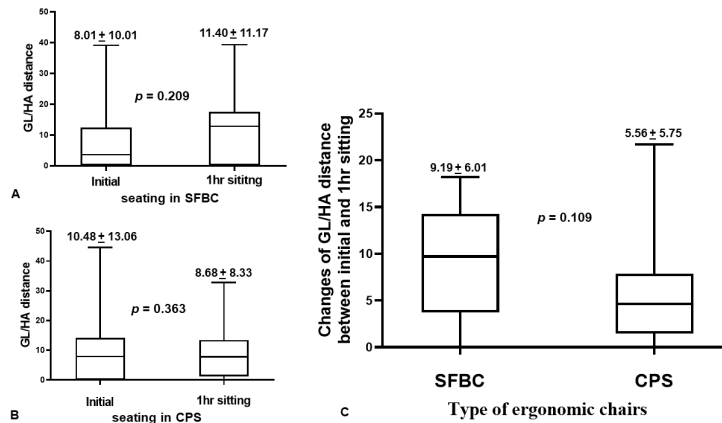


Figure 4. Comparison of GL/HA Distance at Initial and 1 Hour Sitting (A) in Semirigid flexible backrest chair (SFBC) and (B) in Conical pendulum stool (CPS) and (C) the changes of GL/HA distance in two type of ergonomic chairs between initial and 1 hour sitting

Table 5. Compression of Shoulder Height Difference(mm) Sitting in Two Ergonomic Chairs

	Semi-rigid flexible brackrest chair		Conical pendulum stool	
	Initial sitting	1 hour sitting	Initial sitting	1 hour sitting
Shoulder height difference on both side (mm, Mean ± SD)	8.72±7.03	6.38±5.2	8.27±6.28	5.37±6.06
p-value (paired t-test)	$p = 0.085$		$p = 0.038^*$	
	$p = 0.8725$			

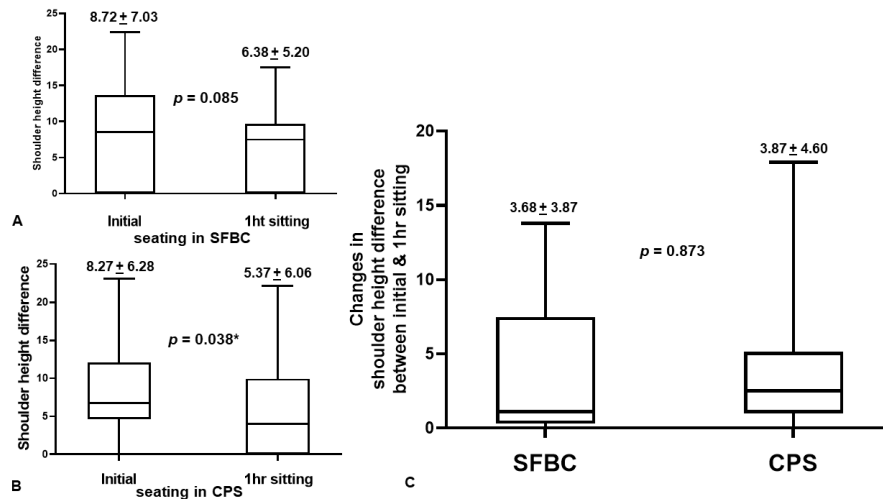


Figure 5. Comparison of Shoulder Height Difference at Initial and 1 Hour Sitting (A) in Semirigid flexible backrest chair (SFBC) and (B) in Conical pendulum stool (CPS) and (C) the changes of shoulder height differences in two type of ergonomic chairs between initial and 1 hour sitting

진자 스틸 의자에서는 첫 착석시 $8.27 \pm 6.28 \text{mm}$ 에서 1시간 이후에는 $5.37 \pm 6.06 \text{mm}$ 로 $2.9 \pm 5.30 \text{mm}$ 로 높이 차이가 감소하였고 이는 $p=0.038$ 로 통계적으로도 유의하였다(<Table 5>, <Figure 5> 참조).

4. 논의

현대인들은 대부분 장시간 앉은 자세에서 일상생활을 영유하고 있으며, 이에 따라서 유발되는 불편함은 가장 흔하게는 좌석의 거시적 재배치 움직임을 통해 자연스럽게 보상하려고 한다. 이는 크게 두 가지의 자세 변화를 통해서 일어나는데 한 가지는 매우 작고 빠른 움직임이며 다른 한 가지는 큰 동작이다. 하지만 이러한 보상적인 움직임으로도 장시간 앉아 있음으로 발생하게 되는 허리의 불편함 혹은 요통을 피할 수는 없다 (Maradei *et al.*, 2017). 근피로도는 근활성도와 반비례의 상관관계에 있다고 보고되고 있으며, 정상 보행군에 비해서 편평족 보행 시에 하지근육에 대한 근활성도가 높아지면서 근피로가 더 증가한다는 연구 보고가 있다(Kim, 2015). 허리 통증이 있는 환자를 대상으로 한 연구에서 앉은 상태에서 허리의 하중이 증가할수록 근피로가 증가된다고 보고되고 있다(Roy *et al.*, 1989).

그러므로, 일반적으로 의자에 앉을 때 허리를 좌판에 대해서 수직으로 세워서 앉는 것을 권장하는데, 이는 허리 골반을 세워 앉을 경우에서 있는 자세에서 기립 안정화에 관여하는 근육인 다열근(Multifidus) 천층 섬유와 내복사근(Internal Oblique Abdominis)이 동시에 수축하는 효과에 따른 것으로 알려져 있다(O'Sullivan *et al.*, 2006). 또한, 골반 자세가 전방 경사를 이루게 되면 척추에서는 요추와 흉추 굴곡이 감

소되는 자세로 보상이 이루어진다. 따라서, 요추와 흉추의 만곡에 변화가 생기면 머리와 목의 자세 변화에 영향을 주게 되고 중립적인 자세를 유지할 수 있게 된다. 척추는 관절 사슬로 구성되어 있어서 척추의 한 부분에서의 변화가 다른 인접 부위 척추에서의 보상작용을 유발하게 되어 전체 척추축의 정렬에 영향을 미치게 된다. 앉은 자세에도 이와 동일한 척추자세의 생체역학적(Biomechanics)인 서로 상호 작용이 발생하게 된다(Brügger, 2000). 의자 좌판면에서 전방 경사가 클수록 허리의 전만 굴곡이 증가하게 되는데(Bendix, 1984), 좌판면의 경사각이 전방 15도일 때 요추의 전만굴곡을 정상적으로 유지할 수 있게 된다고 한다. 이 때 고관절과 무릎은 자동으로 굽혀지게 되므로 혈액순환 저해의 문제도 해소될 수 있다고 보고되고 있다. 신체의 효율적인 기능을 고려하여 앉아있을 때 의자 좌판면의 경사는 후방 10도 경사보다는 전방 10도 경사가 효과적이며, 전방 10도 경사에서 체간 전방 굴곡에 따른 보상적 요추 굴곡(Compensatory Lumbar Flexion)이 적게 일어나며 허리에서의 과도한 움직임 발생이 줄어들 수 있다고 보고되고 있다(Kim *et al.*, 2014).

4.1 착석에 따른 양측 엉덩이의 접촉압력 변화에 대한 고찰

엉덩이에 실리는 국소적인 압력 분포의 차이가 앉은 자세에서 느끼는 불편감과 매우 높은 연관성이 있다고 많은 연구에서 보고되고 있다(Kristina *et al.*, 2016). 또한, 여러 연구에서 착석에 따른 좌골결절(Ishcial Tuberosity)에 실리는 좌판과의 접촉압력과 척추에 가해지는 부하(Spinal Loading) 사이에는 유의한 상관관계가 있다고 보고되고 있으며(Makhsous *et al.*, 2009; Makhsous *et al.*, 2003; Pope *et al.*, 2002), 좌판과 접하는 엉덩이 접촉면에서의 압력을 좌우 양쪽으로 균등하게 분산시

키는 경우에 척추에 가해지는 부하 역시 균등하게 분산되어 척추 부하에 균형을 유지할 수 있다 하겠다. 본 연구에서는 비록 통계적인 유의성은 관찰되지 않았으나 반강성 유연 등받이 의자와 비교하여 원추형 진자 스톨 의자에 앉았을 때 좌우 엉덩이의 평균 압력변이 차이 정도가 작게 유지되는 경향을 나타내었다. 이는 역동적인 착석자세(dynamic sitting)가 앉은 자세에서 보다 균형있게 기립근 활동을 유지하게 되는 영향에 의한 것으로 판단되며, 역동적 움직임으로 엉덩이 접촉면 하중이 균형있게 유지하여 착석에 따른 불편감을 감소시키는 효과를 보인다고 하겠다.

4.2 양측 골반 높이차이

양측 골반 높이 차이의 착석 시간에 따른 차이가 반강성 유연 등받이 의자에 비해서 원추형 진자 스톨 의자에서 한 시간 착석시 양측 골반 높이 차이가 첫 착석 당시보다 통계적으로 유의하게 감소되고 결과를 보였다($p=0.028$). 이러한 역동적인 착석자세 유지를 위하여 장요근(Iliopsoas Muscle), 다열근(Multifidus Muscle), 요방형근(Quadratus lumborum Muscle) 등이 근활성되고 착석자세의 평형을 유지하기 위하여 골반 및 허리 자세를 균형있게 조절하는 결과에 의한 것으로 판단된다. 이러한 역동적 움직임 평형이 근육 긴장도의 균형있는 조절을 통해서 정적 자세의 근육 경직을 예방하는 효과가 나타나는 것으로 추론할 수 있겠다. 정적 상태의 착석자세 유지가 요통 혹은 허리의 불편함을 유발한다는 다수의 연구 결과와도 일치하며(Bontrup *et al.*, 2019), 비록 반강성 유연 등받이 의자에서의 미세한 움직임을 허용한다고 하더라도 장시간 앉은 자세에서 역동적 착석 움직임 저해됨으로써 발생할 수 있는 불편감과 연관성이 있다고 하겠다.

4.3 관상면 척추 축의 이격도

관상면 척추 축의 이격도의 경우 반강성 유연 등받이 의자에서 착석시 처음에 비해서 한 시간 뒤 관상면 척추축의 이격거리 차이가 증가하였다. 원추형 진자 스톨 의자에서는 1시간 경과시 척추축 이격도 차이가 $-1.79+7.90\text{mm}$ 로 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다. 역동성 착석시에 보다 자유로운 골반의 움직임으로 평형 앉은자세를 유지하기 위한 척추 기립근의 활성이 정적자세의 근긴장도를 개선하고 신체 밸런스를 유지를 지속하는데 더 유리하다고 추정할 수 있겠다. 또한 이와 반대로 반강성 유연 등받이 의자에서의 1시간 착석 자세에서 관상면 척추축의 이격도 차이가 원추형 진자 스톨 의자 착석에 비해서 증가하게 되는 기전은 골반 및 척추 움직임의 제한이 증가할 수로 척추 무게중심선이 편측으로 치우치게 되어 착석자세에서 척추축의 불균형을 유발하는 영향을 미치는 경향이 있다고 추론할 수 있겠다. 그러나 이에 대한 통계적으로 유의한 근거를 얻기 위해서는 더 많은 후속 연

구가 요구된다.

4.4 어깨 높이 차이

어깨 높이의 좌우 차이도 원추형 진자 스톨 의자에 1시간 착석시에 첫 앉은 자세와 비교할 때 $-2.9+5.30\text{mm}$ 정도의 감소하는 유의한 결과가 관찰되었다($p = 0.038$). 어깨 높이의 좌우 차이 불균형은 골반의 불균형 보정에 따라서 연동되어 변화되는 신체 균형 보상 변화임을 고려할 때 원추형 진자 스톨 의자에 착석시 골반 높이 차이 변화가 줄어드는 것과 연관되어 유의한 차이가 관찰되는 것으로 보인다.

본 연구에서는 착석자세에서의 이러한 보상기전이 반강성 유연 등받이 의자에서 보다 원추형 진자 스톨 의자를 사용하여 앉았을 때 요추부 및 골반 근육을 보다 역동적으로 움직여 줌으로써 어깨부위의 근 긴장도를 보다 유의하게 감소시킨 결과라고 하겠다. 원추형 진자 스톨 의자에서의 역동적으로 앉은 자세의 평형을 유지하기 위한 기립근의 활성이 시간에 따른 평형 자세유지로 양쪽 어깨 높이 불균형의 차이가 유의하게 개선되어 감소하는 결과를 보였으며, 이는 근피로도 감소의 결과로 근육 긴장도 감소로 좌우 어깨 높이의 수평 평형을 유지하게 된다는 관련 연구들과 일치한다(Hodges *et al.*, 1999; Kebaetse *et al.*, 1999). 이는 사무실 환경이나 학습 환경에서 컴퓨터 작업등으로 역동적인 상지 움직임이 많은 경우에서 정적인 착석자세 비해 어깨 근육 긴장도와 피로감이 줄어드는 간접 효과를 보이는 것과 같은 동일한 이치이다. 그러나, 척추에 가해지는 하중(Load)의 역동적 이동 방향과 움직임의 보상은 척추에 미치는 하중에 저항적(Resistive)이거나 보조적(Assistive)으로 나타날 수 있다(Niladri, 2019). 골반 혹은 어깨 높이의 좌우 차이가 있는 경우, 역동적인 적응(Dynamic Adaptation)은 개개인에 따라서 골반 불균형의 높은 쪽 또는 반대의 낮은 쪽으로 무게중심을 이동시켜 전체 어깨-골반 높이 불균형의 차이를 균형있게 보상기전이 이루어진다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 반강성 유연 등받이 의자와 원추형 진자 스톨 의자를 대상으로 착석자세에서 엉덩이의 움직임을 허용하는 정도에 따른 엉덩이 접촉 압력의 변화와 영상의학적인 골반-척추 매개변수 값들의 변화와 차이를 비교 분석하였다. 결과적으로 원추형 진자 스톨 의자에서 역동적인 착석 자세 평형유지를 위하여 요추 및 골반 근육의 적응과 움직임을 통해서 심부 척추 기립근의 균형있는 활성화와 정적 자세에서 발생하는 근육의 긴장도를 개선하는 효과를 나타내는 경향을 보였다. 이에 따라서 반강성 유연 등받이 의자 사용에 따른 정적 착석자세와 비교하여 1시간 착석시 골반 높이 및 어깨높이의 좌우 불균형 차이를 통계적으로 유의하게 개선하여 감소시키는 효과가 나

타났다. 또한 의자 좌판 부위에서의 역동적인 골반 움직임에 허용할수록 좌우 엉덩이의 접촉 압력 차이가 감소되어 장시간 앉았을 때의 근육긴장도 증가와 불편감을 개선하여 신체 밸런스를 유지시키는 데 도움을 주는 것으로 확인되었다.

비록, 본 연구가 인체공학적으로 상품화된 반강성의 유연 등받이 고정형 의자 좌판과 등받이가 없는 진자 스텐에서의 착석자세가 시상면에서의 신체 균형에 미치는 영향에 국한되어 수행된 제한점이 있다. 향후 개발되는 인체공학적인 의자 고안에 있어서 장시간 착석시 근육 긴장도를 최소화하면서 신체 골반-척추축 불균형의 유발을 해소할 수 있는 제품 개발에 활용될 수 있기를 기대된다. 본 연구결과를 기반으로 자동차, 철도, 비행기등과 같은 다양한 운송수단에서 사용되는 시트에도 인체공학적인 고안에 유용한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

- Baker, R., Coenen, P., Howie, E., Williamson, A., and Straker, L. (2018), The Short Term Musculoskeletal and Cognitive Effects of Prolonged Sitting During Office Computer Work, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **15**(8), 1678. doi: 10.3390/ijerph15081678.
- Bendix, T., Sørensen, S. S., and Klausen, K. (1984), Lumbar Curve, Trunk Muscles, and Line of Gravity with Different Heel Heights, *Spine*, **9**(2), 223-227.
- Bontrup, C., Taylor, W. R., Fliesser, M., Visscher, R., Green, T., Wippert, P. M., and Zemp, R. (2019), Low back pain and its relationship with sitting behaviour among sedentary office workers, *Applied Ergonomics*, **81**, 102894.
- Brügger, A. (2000), *Lehrbuch der Funktionellen Störungen des Bewegungssystems*, Brügger-Verlag, Zollikon, Switzerland, 2000.
- Dunstan, D. W., Thorp, A. A., and Healy, G. N. (2011), Prolonged Sitting: Is it a Distinct Coronary Heart Disease Risk Factor?, *Current Opinion in Cardiology*, **26**(5), 412-419.
- Frey, M., Poynter, A., Younge, K., and De Carvalho, D. (2019), The Relationship between Lumbopelvic Flexibility and Sitting Posture in Adult Women, *Journal of Biomechanics*, **84**(14), 204-210.
- Groenesteijn, L., Ellegast, R. P., Keller, K., Krause, F., Berger, H., and de Looze, M. P. (2012), Office Task Effects on Comfort and Body Dynamics in Five Dynamic Office Chairs, *Applied Ergonomics*, **43**(2), 320-328.
- Hamilton, M. T., Healy, G. N., Dunstan, D. W., Zderic, T. W., and Owen, N. (2008), Too Little Exercise and Too Much Sitting: Inactivity Physiology and the Need for New Recommendations on Sedentary Behavior, *Current Cardiovascular Risk Reports*, **2**(4), 292-298.
- Hernandez, T., Thenard, T., Vergari, C., Robichon, L., Skalli, W., Vialle, R. (2018), Coronal Trunk Imbalance in Idiopathic Scoliosis: Does Gravity Line Localisation Confirm the Physical Findings?, *Orthop Traumatol Surg Res.*, **104**(5), 617-622.
- Hodges, P., Cresswell, A., and Thorstensson, A. (1999), Preparatory Trunk Motion Accompanies Rapid Upper Limb Movement, *Exp Brain Res*, **124**, 69-79.
- Howarth, S. J. and Mastragostino, P. (2013), Use of Kinetic and Kinematic Data to Evaluate Load Transfer as a Mechanism for Flexion Relaxation in the Lumbar Spine, *ASME. J Biomech Eng.*, **135**(10), 101004.
- Kahn, J. F. and Monod, H. (1989), Fatigue Induced by Static Work, *Ergonomics*, **32**(7), 839-846.
- KDCPA (2014), *Statistical Information Report on Community Health Survey*, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea.
- Kebaetse, M., McClure, P., and Pratt, N. A. (1999), Thoracic Position Effect on Shoulder Range of Motion, Strength, and Three-Dimensional Scapular Kinematics, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **80**(8) 945-950.
- Kim, H.-D., Chung, H.-A., Park, J.-M., Son, Y.-H., Lee, J.-H., Jwa, M.-T., Park, J.-H., and Jung, H.-S. (2021), Development of Spine Curvature Responsive Chair Backrest and Verification of Its Effectiveness, *Korean Journal Of Occupational Therapy*, **29**(3), 101-111.
- Kim, J.-W., Kang, M.-H., Noh, K.-H., Kim, J.-S., and Oh, J.-S. (2014), A sloped Seat Wedge can Change the Kinematics of the Lumbar Spine of Seated Workers with Limited Hip Flexion, *Journal of Physical Therapy Science*, **26**(8), 1173-1175.
- Kim, M.-Y. (2015), *Change in Lower Muscle Activation and Fatigue in Accordance with Treadmill Walking and the Time after Application of Low-Dye Taping for the Flatfoot Adults*, Graduated School of Korea University, Seoul, Korea.
- Kim, S.-H., Jo, S.-P., Park, J.-H., Lee, I.-S., Kim, M.-U., and Kim, J.-T. (2013), Development of Driver Fatigue Evaluation Method by Body Pressure Distribution Measurement, *Proceeding in Ergonomics Society of Korea*, Spring, 272-275.
- Kim, S.-K., Choo, H.-P., and Jin, S.-E. (2020), A Biomechanical Comparison of Dynamic Sitting and Sit-standing Workstations for Prolonged Time, *Proceeding in Ergonomics Society of Korea*, fall, 15-18.
- Kim, S.-Y., Ahn, J.-R., and Kim, G.-S. (2016), The Analysis on Characteristics of Seat Pad considering the Body Pressure of Vehicle Drivers, *Proceeding in Korean Society of Automotive Engineers*, Spring, 619.
- Koskelo, R., Vuorikari, K., and Hänninen, O. (2007), Sitting and Standing Postures are Corrected by Adjustable Furniture with Lowered Muscle Tension in High-School Students, *Ergonomics*, **50**(10), 1643-1656.
- Kristina, M. G., Michael, W. R. H., Chad, E. G., Clark, R. D., and Jack, P. C. (2016), Lumbar Postures, Seat Interface Pressures and Discomfort Responses to a Novel Thoracic Support for Police Officers during Prolonged Simulated Driving Exposures, *Applied Ergonomics*, **52**, 160-168.
- Li, W., Yu, S., Yang, H., Pei, H., and Zhao C. (2017), Effects of Long-Duration Sitting with Limited Space on Discomfort, Body Flexibility and Surface Pressure, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **58**, 12-24.
- Makhsous, M., Lin, F., Bankard, J., Hendrix, R. W., and Hepler, M. (2009), Biomechanical Effects of Sitting with Adjustable Ischial and Lumbar Support on Occupational Low Back Pain: Evaluation of Sitting Load and Back Muscle Activity, *BMC Musculoskeletal Disord.*, **10**(17).
- Makhsous, M., Lin, F., Hendrix, R. W., Hepler, M., and Zhang, L. Q. (2003), Sitting with Adjustable Ischial and Back Supports: Biomechanical Changes, *Spine*, **28**(11), 1113-1121.
- Maradei, F., Quintana, L., and Castellanos, J. (2017), Influence of Seat

- Tilt Motion on Discomfort Perception during a Simulated Driving Activity, *Work*, **56**(1), 99-110.
- Niladri, K. M. (2019), Reviewing Complex Static-Dynamic Concepts of Spine Stability: Does the Spine Care Only to Be Stiff to Be Stable?, *Journal of Morphological Sciences*, **36**(4), 309-316.
- O'Sullivan, K., O'Keefe, M., O'Sullivan, L., O'Sullivan, P., and Dankaerts, W. (2012), The Effect of Dynamic Sitting on the Prevention and Management of low Back Pain and Low Back Discomfort: A Systematic Review, *Ergonomics*, **55**(8), 898-908.
- O'Sullivan, P. B., Dankaerts, W., Burnett, A. F., Farrell, G. T., Jefford, E., Naylor, C. S., and O'Sullivan, K. J. (2006), Effect of Different Upright Sitting Postures on Spinal-Pelvic Curvature and Trunk Muscle Activation in a Pain-Free Population, *Spine*, **31**(19), 707-712.
- Pope, M. H., Goh, K. L., and Magnusson, M. L. (2002), Spine ergonomics, *Annual Review of Biomedical Engineering*, **4**, 49-68.
- Rohlmann, A., Zander, T., Graichen, F., Dreischarf, M., and Bergmann, G. (2011), Measured Loads on a Vertebral Body Replacement during Sitting, *Spine*, **11**(9), 870-875.
- Rose, L. M., Neumann, W. P., Hägg, G. M., and Kenttä, G. (2014), Fatigue and Recovery during and After Static Loading, *Ergonomics*, **57**(11), 1696-1710.
- Roy, S. H., DE Luca, C. J., and Casavant, D. A. (1989), Lumbar Muscle Fatigue and Chronic Lower Back Pain, *Spine*, **14**(9), 992-1001.
- Varela, M., Gyi, D., Mansfield, N., Picton, R., Hirao, A., and Furuya, T. (2019), Engineering Movement Into Automotive Seating: Does the Driver Feel More Comfortable and Refreshed?, *Applied Ergonomics*, **74**, 214-220.
- Zemp, R., Rhiner, J., Plüss, S., Togni, R., and Plock, J. A., and Taylor, W. R. (2019), Wheelchair Tilt-in-Space and Recline Functions: Influence on Sitting Interface Pressure and Ischial Blood Flow in an Elderly Population, *BioMed Research International*, 4027976.
- Zhu, W., Gutierrez, M., Toledo, M. J., Mullane, S., Stella, A. P., Diemar, R., Buman, K. F., and Buman, M. P. (2018), Long-term Effects of Sit-Stand Workstations on Workpale Sitting: A Natural Experiment, *Journal of Science and Medicine in Sport*, **21**(8), 811-816.

저자소개

최우진: 인제대학교 의과대학에서 의학사를 취득하고, 동대학 부속일산백병원에서 전공의 수련 및 전문의자격을 취득하였다. 현재 올바른 신경외과의원 원장으로 근무하고 있다. 연구분야는 소아청소년 및 인구 기반 척추-골반 불균형 및 변형을 개선하기 위한 다양한 IoT 기반 복합의료연구 개발을 하고 있다.

손문준: 현재 인제대 신경외과학 교실에서 정교수로 재직하고 있으며, 인제대학교 의과대학에서 의학사를 취득하였고, 고려대학교 대학원에서 박사학위를 취득 후, 미국 클리블랜드클리닉에서 박사후 연수과정을 마쳤다. 2016년부터는 뇌과학-방사선 융합수술연구소 소장 및 방사선수술센터장을 맡고 있다. 연구분야는 컴퓨터 비전을 이용한 의료융합기술 적용과 뇌과학 및 신경외과의 응용의학 분야이다.