

휠체어 시트쿠션의 접촉 압력 평가에 관한 연구

The Study on the Evaluation of Contact Pressure of Wheelchair Seat Cushion

강 영 식* · 양 성 환** · 조 문 선** · 신 유 민***

Young-Sig Kang* · Sung-Hwan Yang** · Mun-Son Cho** · You-Min Sin***

Abstract

The users who use the wheelchair are confined to a wheelchair for a long time. Accordingly, the use of seat cushion for pressure distribution is very important in order to prevent a bedsore.

Therefore, this paper provides useful information for design of seat cushion through statistical testing among nothing cushion, low cell type of air cushion, high cell type of air cushion, and jelly type of air cushion.

It turned out that the jelly type and high cell type of air cushion have a serious effect on decision and design of seat cushion.

Keywords : Wheelchair, Seat cushion, Pressure distribution, Statistical testing, Air cushion

1. 서 론

욕창은 뼈가 돌출되어 있는 신체 부위에 지속적 혹은 반복적으로 가해지는 체압 및 접촉면과의 전단력에 의한 허혈성 괴사의 형태로 발현하며 압박궤양이라고도 한다.

휠체어 사용자의 경우 체중의 대부분이 둔부에 집중되게 되고, 이로 인한 과도한 체압의 집중, 좌우 둔부의 비대칭성, 과도한 체압 구배의 생성은 욕창 발생을 촉진시키게 된다. 특히, 감각 기능에 문제가 있는 장애인, 노인, 성인병 환자의 경우 장시간의 휠체어 사용 시 둔부의 문제를 인식하지 못하여 이를 방치시켜 결국 괴사에 이르는 확률이 현저히 높다[6].

* 세명대학교 보건안전공학과

** 한국재활복지대학 의료보장구과

*** 아주대학교 산업정보시스템공학과

현재 우리나라 장애인의 95%는 둔부 욕창으로 인한 치료를 경험하였다고 보고되었으며, 이로 인해 발생하는 의료비와 사회적, 심리적인 피해는 심각하다[1].

이와 같이 발생 시 심각한 문제를 야기하는 둔부 욕창을 방지하기 위해서는 착석 시 둔부에 걸리는 압력을 분산시킬 수 있는 시트쿠션의 사용이 필수적이다[7].

욕창의 발생을 유발하는 압력값의 하한치에 관한 명확한 기준치는 현재 없으나, 대략 60mmHg 이상의 압력이 발생할 경우 욕창이 발생할 위험성이 커지는 것으로 알려져 있다[3]. 이러한 시트쿠션의 접촉압력에 관한 여러 변수들을 비교, 분석하는 연구가 몇몇 연구자들에 의해 수행되어 왔으나, 아직까지 시트쿠션에 관해서는 명백한 결론은 내려져 있지 않은 상태에 있다[4,5].

그러므로 본 연구에서는 3가지 모형의 시트쿠션을 대상으로 각 시트쿠션의 접촉압력의 상호 비교, 분석, 공기주입 쿠션의 주입 공기량의 변동에 따른 영향 분석, 체질량 지수에 따른 사용자 그룹간의 상호 비교 분석을 실시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

피실험자는 건강한 남,녀 대학생 17명을 대상으로 실시되었으며, 사전에 충분한 설명을 한 뒤, 본인들의 동의를 얻어 실험을 실시하였다. 피실험자의 연령과 신장, 체중은 <표 1>과 같다.

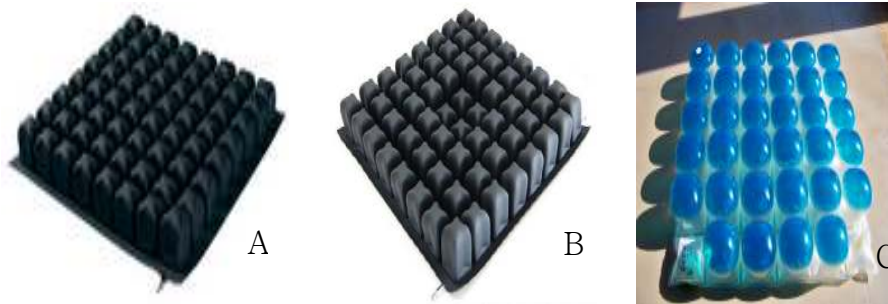
<표 1> 피실험자의 특성치

	평균 ± 표준편차
연령(세)	23.8 ± 3.7
신장(cm)	167.5 ± 7.7
체중(kg)	63.8 ± 12.4

2.2 휠체어용 시트쿠션 및 측정장비

본 연구의 목적은 사용자와 휠체어 시트쿠션 사이의 접촉압력 특성 즉, 사용자가 시트쿠션 사용 시 사용자가 받는 접촉 압력 분포 특성을 상호 비교, 분석하는 데에 있다. 이를 위해 쿠션을 사용하지 않았을 경우의 접촉압력 분포와 <그림 1>과 같이 3가지 형태의 시트쿠션을 사용했을 경우의 접촉압력 분포특성을 비교, 분석하였다.

쿠션 1은 낮은 높이의 에어셀로 이루어진 공기주입 시트쿠션이며, 쿠션2는 높이가 높은 에어셀로 이루어진 공기주입 시트쿠션이며, 쿠션 3은 공기주입 방식 쿠션에 사용자 접촉부위가 젤로 처리된 젤-공기 복합쿠션이다.



<그림 1> A는 쿠션1로 낮은 셀 타입 공기주입 쿠션, B는 쿠션2로 높은 셀 타입 공기주입 쿠션, C는 쿠션3으로 젤-공기주입 쿠션

모든 경우 쿠션은 제품에 포함되어 있는 커버와 피실험자가 어떤 시트에 대해 실험하고 있는지 알지 못하게 하기 위한 보호용 커버를 씌워서 사용하였다. 사용자와 쿠션 간의 접촉압력 즉, 사용자의 접촉 압력 분포 측정은 Sensor Product사의 Tactilus Real-Time Surface Pressure Mapping System을 사용하여 이루어 졌다. 측정장비는 1.35 cm 간격으로 배열된 가로, 세로 각각 32개의 FSR로 이루어진 Pressure Mat와 측정된 압력값을 디지털 값으로 변환 시켜주는 체압분포 측정용 제어기(Flexible Body Pressure Mat System)로 구성되어 있으며, 4 Hz 간격으로 측정된 디지털 신호는 증폭기를 거쳐 USB 포트를 통하여 PC로 전송되도록 구성되어 있다.

2.3 실험절차

본 실험에서는 실제 사용빈도가 높은 슬링타입의 시트를 대상으로 하였으며, 슬링 타입의 시트가 장착된 전동 휠체어를 사용하여 실험을 실시하였다. 시트쿠션 이외의 다른 변수들의 영향을 최대한 줄이기 위하여 하나의 휠체어만을 사용하였으며, 피실험자는 엉덩이와 무릎, 팔꿈치의 각도를 90도로 유지한 채, 팔은 허벅지에 올려놓고, 발은 휠체어의 발받침대 올려놓은 자세를 유지한 상태로 측정하였다.

세 가지 형태의 공기 주입식 시트쿠션의 공기압은 제조사의 권고사항에 따라 개별적으로 결정하였다. 공기압은 제조사의 권고대로 방식과 엉덩이뼈사이에 손가락을 밀어 넣은 상태에서 방식 바닥과 1~2.5 cm정도 공간이 유지될 정도로 쿠션의 공기압을 유지하였다.

측정 순서에 따른 잔류효과 및 학습효과를 상쇄시키기 위하여 본 연구에서는 피실험자의 순서를 랜덤하게 조정하였으며, 시트쿠션도 보호커버를 씌워 피실험자가 시트 종류를 인지하지 못하도록 조치하였다. 또한, 압력센서의 크리프에 의한 오차를 최소화하기 위하여 피실험자가 압력센서에 착석한 후 5분 뒤 자세가 안정되었을 때 측정을 실시하였으며, 실험종료 후 압력센서의 크리프 복원을 위하여 30분간의 회복시간을 부여한 뒤 실험을 재개하였다.

2.4 분석방법

서로 다른 시트쿠션의 접촉 압력 분포를 상호 비교하기 위해 측정한 압력값 으로부터 다음과 같은 세 가지 변수를 추출하여 비교, 분석하였다.

(1) 압력분포와 관련된 변수

압력분포와 관련된 변수는 압력의 최대값(Pmax)과 압력의 표준편차(Psd)를 사용하였다. 이 중 압력의 최대값은 욕창발생이 일반적으로 최대 압력값이 발생하는 접촉면에서 발생한다는 점을 고려하여 사용한 변수이며, 압력의 표준 편차는 시트쿠션의 사용목적인 접촉압력의 균질한 분산 정도를 나타내는 변수로서, 표준 편차가 작을수록 압력이 고르게 분포되어 있는 것을 의미한다.

(2) 접촉면적과 관련된 변수

접촉면적과 관련된 변수는 전체 접촉 면적 중 높은 압력(60mmHg이상)이 걸리는 접촉면적의 백분율 비(%S>60mmHg)를 사용하였다. 전체 접촉면적이나 고압 접촉면적의 경우 사용자의 신체조건에 따라 그 값이 크게 변동되는 특성을 가지고 있어 시트간의 비교분석이 어려운 점을 고려하여, 전체 접촉면적 중 고압 접촉 면적의 비를 백분율로 계산하여 비교변수로 사용하였다. 이 때 욕창과 관련한 고압의 기준은 선행연구에서 욕창발생의 위험도가 커지는 것으로 알려진 60mmHg(0.08157 kg/cm²)이상의 압력으로 하였다[3].

측정한 압력값으로부터 세 가지 변수값을 추출하는 작업은 Matlab을 사용하였으며, 통계분석은 SPSS ver.16.0을 이용하였다. 각 시트쿠션 종류의 변경이 접촉 압력 분포에 영향을 주는지를 확인하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 시트쿠션 종류의 변경영향을 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 p<0.05로 하였다.

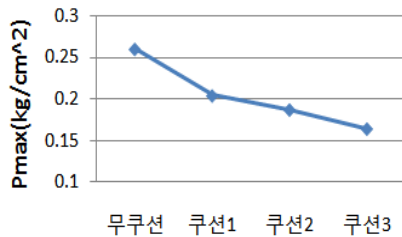
3. 연구 결과 및 평가

3.1 접촉압력 측정결과

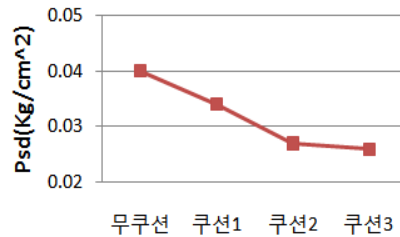
쿠션을 적용하지 않았을 경우와 세 가지 형태의 쿠션(쿠션 1~3)에 대한 접촉압력 측정결과를 <그림 2>에 나타냈다. 그 결과를 살펴보면 쿠션을 적용하지 않았을 경우 접촉압력과 관련된 모든 변수값이 쿠션을 적용했을 경우에 비해 통계적으로 높게 나타났다(p<0.05). 이는 쿠션을 적용할 경우 욕창의 발생위험과 관련이 있는 최대 압력치를 낮추고, 압력을 분산시키며, 높은 압력이 걸리는 면적을 감소시킴을 의미한다. 한편, 쿠션의 종류별 측정결과를 살펴보면, 세 측정변수 모두 낮은 셀 타입 공기쿠션

(쿠션1), 높은 셀 타입 공기쿠션(쿠션2), 젤-공기쿠션(쿠션3)의 순으로 Pmax, Psd, %S>60mmHg값이 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

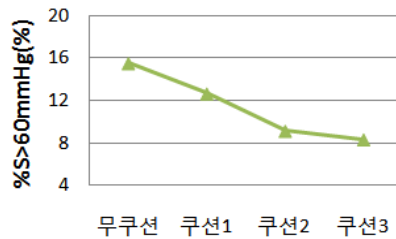
<표 2>에서 다른 쿠션에 대한 젤-공기쿠션의 압력특성 값의 대응표본 t검정결과를 살펴보면, 세 가지 압력측정 변수 Pmax, Psd, %S>60mmHg에 대해 젤-공기쿠션(쿠션 3)의 압력 측정값은 쿠션을 적용하지 않았을 경우와 낮은 셀 타입 공기쿠션(쿠션 1)에 대해 통계적으로 유의하나, 높은 셀 타입 공기쿠션(쿠션 2)에 대해서는 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다.



(a) 압력의 최대값(Pmax)



(b) 압력의 표준편차(Psd)



(c) 면적비(%s>60mmHg)

<그림 2> 시트쿠션의 종류에 따른 접촉압력특성

<표 2> 압력측정값의 유의성 검정 결과

		t			
P _{max}	쿠션 3	0.164 ± 0.044	무쿠션	0.260 ± 0.033	-7.324*
			쿠션 1	0.204 ± 0.050	-2.937*
			쿠션 2	0.187 ± 0.360	-1.470
			쿠션 3	0.164 ± 0.044	
P _{sd} (kg/cm ²)	쿠션 3	0.026 ± 0.004	무쿠션	0.040 ± 0.006	-7.601*
			쿠션 1	0.034 ± 0.004	-11.070*
			쿠션 2	0.027 ± 0.004	-0.814
			쿠션 3	0.026 ± 0.004	
%S>60mmHg	쿠션 3	8.34 ± 5.60	무쿠션	15.55 ± 7.28	-6.414*
			쿠션 1	12.68 ± 6.29	-4.602*
			쿠션 2	9.16 ± 6.40	-1.942
			쿠션 3	8.34 ± 5.60	

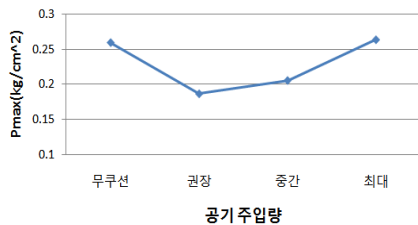
※ 평균 ± 표준편차, *p<.05

3.2 공기 주입량 변동에 따른 영향분석

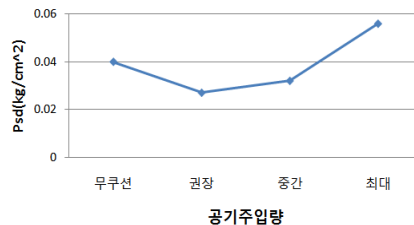
본 절에서는 공기주입 쿠션의 특성에 크게 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있는 공기 주입량의 변동에 따른 접촉압력 특성을 고찰해 보았다. 이를 위해 앞 절에서 접촉압력 특성이 가장 좋은 것으로 평가되었던 쿠션 3에 대하여 공기 주입량을 세 단계로 나누어 접촉압력 특성을 측정하였다. 측정에 사용한 공기 주입량은 제조사에서 권고한 주입량을 저점으로 하여, 최대한도의 공기를 주입한 최고 주입량, 그리고 두 압력의 중간 주입량에서 접촉압력을 측정하였다.

<그림 3> (c)에서 측정결과를 살펴보면 공기 주입량이 많아짐에 따라 접촉면적은 감소하는 반면, 욕창발생의 위험도가 높아지는 고압 접촉면적의 크기는 커지는 것을 알 수 있다. (d)에서 고압 접촉 면적비를 살펴보면 주입량을 최대로 할 경우 쿠션을 사용하지 않았을 때 보다 오히려 더 좋지 않은 결과를 가져옴을 알 수 있다. (a)와 (b)의 결과에서도 압력을 과다하게 주입할 경우 오히려 쿠션을 사용하지 않았을 경우보다 최대압력 및 압력의 분산정도 등에서 더 좋지 않은 결과를 가져옴을 볼 수 있다.

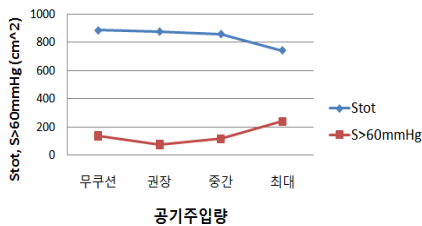
공기 주입량 변동에 따른 접촉압력 특성의 변화에 대한 유의성 검정결과, 통계학적으로 공기 주입량의 변동이 접촉압력 특성에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며 ($p < 0.01$), 이는 곧 휠체어 쿠션이 최대한의 성능을 발휘하기 위해서는 그 무엇보다도 주입 공기량의 적절한 조절이 중요함을 의미한다. 본 연구논문에는 신지 않았지만, 나머지 2개의 쿠션의 경우에도 사용 압력을 변동시킬 경우 쿠션 3의 거동과 동일한 경향을 보이는 것으로 나타났다.



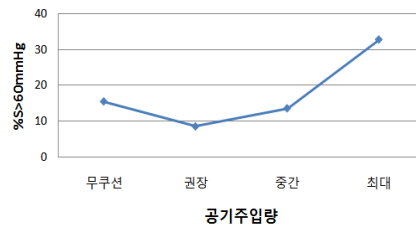
(a) 압력의 최대값(Pmax)



(b) 압력의 표준편차(Psd)



(c) 접촉면적, 고압접촉면적 (Stot, S>60mmHg)



(d) 고압 접촉면적비(%s>60mmHg)

<그림 3> 공기주입 쿠션의 사용압력 변동에 따른 접촉압력 특성

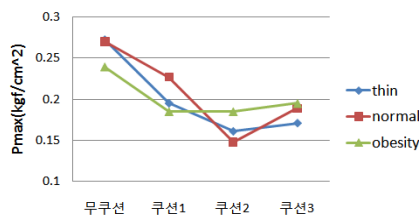
3.3 체질량 지수에 따른 접촉압력 특성

본 절에서는 사용자의 체중이나 체형과 접촉압력 특성 사이의 연관성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 체질량 지수(Body Mass Index)에 따라 다른 그룹(<20), 정상 그룹(20-24.9), 비만그룹(>25)의 세 그룹으로 나누어 접촉압력 특성을 비교, 분석하였다[2]. <표 3>에 체질량 지수에 의해 분류한 피실험자의 특성을 나타내었다.

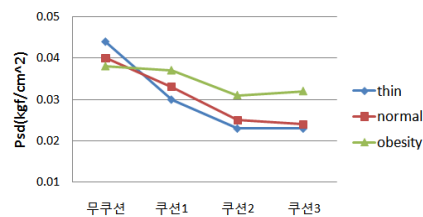
<표 3> 체질량 지수에 의해 분류한 피실험자의 특성

group	인원	연령	신장	체중	BMI
thin	4	23.5±4.5	167.2±8.8	53.1±0.24	18.9±0.34
normal	7	23.1±3.6	165.5±7.4	58.2±6.3	21.2±0.71
obesity	6	24.8±3.7	170.0±8.1	77.4±7.9	26.7±0.7

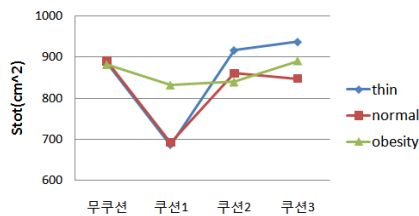
※ 평균 ± 표준편차



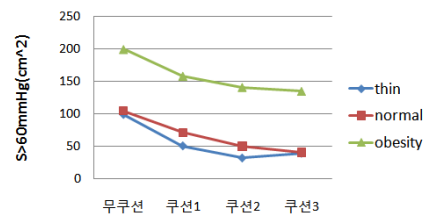
(a) 압력의 최대값(Pmax)



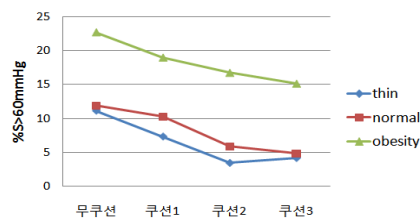
(b) 압력의 표준편차(Psd)



(c) 접촉면적(Stot)



(d) 고압 접촉면적(S>60mmHg)



(e) 고압 접촉면적비(%S>60mmHg)

<그림 4> 체질량 지수에 따른 접촉압력 특성

<그림 4>에서 체질량 지수에 따른 접촉압력 특성을 살펴보면, 체질량 지수는 최대 압력값에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나는 것을 볼 수 있다($p>0.05$). 또한, 압력의 분산정도(Psd) 및 접촉 면적은 쿠션을 사용하지 않았을 경우에는 체질량 지수에 따른 차이가 없었으나($p>0.05$), 쿠션을 사용할 경우에는 체질량 지수에 따른 차이가 발생하였다($p<0.05$). 압력 분산정도의 경우 체질량 지수가 높을수록 크게 나타났으며, 이는 체질량 지수가 높은 사용자 일수록 압력이 불균일하게 분포되어 있음을 의미한다.

<그림 4>에서 비만그룹은 타 그룹에 비해 욕창 발생의 위험도와 관련이 큰 고압 접촉 면적이 커지는 것을 볼 수 있으며($p<0.05$), 이는 비만 그룹 사용자의 경우 시트쿠션의 효과가 타 그룹 사용자에게 비해 다소 떨어질 수 있음을 의미한다.

4. 논의 및 결론

욕창방지를 위해 사용하는 휠체어 시트쿠션의 평가를 위해, 사용자와 시트쿠션사이의 접촉압력을 측정, 분석하였다. 이를 위해 3가지 모형의 휠체어용 시트쿠션(무쿠션, 낮은 셀 타입 공기쿠션, 높은 셀 타입 공기쿠션, 젤-공기쿠션)을 대상으로 접촉압력을 측정, 분석하였다. 분석을 위해 쿠션은 제조사에서 권장한 정도의 공기 주입량을 유지한 상태로 측정하였으며, 압력의 최대값과 표준편차, 고압 면적비를 측정변수로 선정하였다. 측정결과 쿠션을 사용했을 경우가 쿠션을 사용하지 않았을 경우에 비해 세 가지 측정변수 모두 더 낮게 측정되었으며, 이는 쿠션을 사용하는 것이 사용하지 않는 경우에 비해 접촉압력의 최대값을 낮추어주고, 압력을 잘 분산시키며, 전체 접촉면적 중 높은 압력이 걸리는 면적의 비를 낮추어 줌을 의미한다. 연구에 사용된 세 가지 타입의 쿠션 중 젤-공기쿠션과 높은 셀 타입 공기주입 방식의 쿠션의 특성이 상대적으로 좋은 것으로 나타났다.

두 번째로는 공기주입 쿠션의 공기 주입량 변동에 따른 접촉압력 특성을 분석하였다. 이를 위해 공기 주입량을 권장 주입량, 최대 주입량 그리고, 두 압력의 중간지에서 접촉압력을 측정하였으며, 분석결과 공기를 과다 주입하였을 경우에는 접촉면적은 감소하는 반면, 고압면적은 증가하는 것으로 나타나 결과적으로는 쿠션을 사용하지 않았을 경우보다 더 좋지 않은 특성을 보이는 것으로 나타났다. 이는 공기 주입 방식의 시트쿠션의 경우 공기주입량의 조절이 그 특성을 크게 좌우한다는 것을 의미한다.

세 번째로는 체질량 지수에 따른 접촉압력 특성을 분석하였다. 이를 위해 체질량 지수에 따라 마른 그룹, 정상 그룹, 비만 그룹으로 대상자를 나누어, 그룹별 접촉압력 특성을 상호 비교, 분석하였다. 분석결과 체질량 지수가 높을수록 압력이 불균일하게 분산되고, 고압 접촉 면적이 다른 그룹에 비해 월등히 높아 시트쿠션의 효과가 타 그룹에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 비만 그룹의 경우 욕창발생 가능성이 타 그룹에 비해 더 높음으로 이에 대해 더욱 유의해야 함을 의미한다.

본 연구에서는 3가지 모형의 휠체어용 시트쿠션(무쿠션, 낮은 셀 타입 공기쿠션, 높은 셀 타입 공기쿠션, 젤-공기쿠션)을 대상으로 접촉압력 특성을 측정, 분석함으로써 사용자가 시트를 선택하고 사용하는데 있어서 유용한 정보를 제공하며, 시트를 평가, 분석

하는 기본 자료를 제공하고자 하였다. 이를 위해 시트간의 비교, 분석 뿐 아니라, 사용자 그룹간의 비교, 공기 주입량에 따른 특성 비교를 통해 접촉압력 특성에 영향을 주는 요인들을 비교, 분석하였다.

본 연구에서 수행된 연구결과는 실제 휠체어 사용자를 대상으로 한 것이 아니기 때문에, 향후 하지 절단자나 척수손상 환자와 같이 실제 휠체어 사용자를 대상으로 측정, 분석한 뒤, 이를 현 연구결과와 비교, 분석하는 것도 하나의 과제로 설정할 수 있다. 또한, 본 연구에서 접촉압력 특성에 큰 영향을 주는 것으로 밝혀진 사용압력에 의한 영향을 좀 더 정밀하게 관찰하기 위하여, 공기 주입량을 정량화하고 이를 좀 더 세분화해서 그 영향을 살펴볼 필요성도 있을 것으로 판단된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 홍정화, 김규석, 추준옥외, “지능형 욕창방지 시트쿠션의 개발”, 한국정밀공학회지, 20(1), pp. 7-25, 2003.
- [2] ACSM, ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
- [3] Conine, T. A., Hershler, C., Daechsel, D., “Pressure ulcer prophylaxis in elderly patients using polyurethane foam or Jay wheelchair cushions”, International Journal of Rehabilitation Research, 17(2), pp. 123-138, 1994.
- [4] Ferrarin, M., Andreoni, G., Pedotti, A., “Comparative biomechanical evaluation of different wheelchair seat cushion”, Journal of Rehabilitation Research and Development, 37(3), pp. 315-324, 2000.
- [5] Gil-Agudo, A., Pena-Gonzalez, A., Ama-Espinosa, A., & Perez-Rizo, E., “Comparative study of pressure distribution at the user-cushion interface with different cushions in a population with spinal cord injury”, Clinical Biomechanics, 24(7), pp. 551-557, 2009.
- [6] Kernozek, T. W., Wilder, P. A., Amundson, A., & Hummer, J., “The effects of body mass index on peak seat-interface pressure of institutionalized elderly”, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 83(6), pp. 868-871, 2002.
- [7] <http://www.disabled-world.com>