

유동가시화 실험에 의한 Bidet 세정력 측정에 대한 연구

Research on Bidet detergency measurements by fluid visualization experiment

*정강수¹, 이은규², 박성렬³, 김창완⁴, 김성균⁵

*K. S. Chung(roversu@konkuk.ac.kr)¹, E. K. Lee², S L Park³, C. W. Kim⁴, S. K. Kim⁵

¹ 건국대 기계공학과, ² 건국대 기계설계학과, ³ 웅진코웨이 ⁴ 건국대 기계설계학과, ⁵ 건국대 기계공학과

Key words : bidet, Detergency, PIV

1. 서론

현재 비데는 일상생활에서 널리 보급되어 사용되고 있으나, 보다 나은 품질의 비데 제품에 대한 기대치가 높다. 예를 들면 사용자의 사용 편의성과 사용 중 안정감을 만족시키면서 동시에 높은 세정력을 만들어 낼 수 있는 제품이 궁극적인 목적일 것이다. 이러한 제품 개발을 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으나, 세정과정 가시화 기법을 적용하여 연구한 결과는 찾아보기 힘들다.

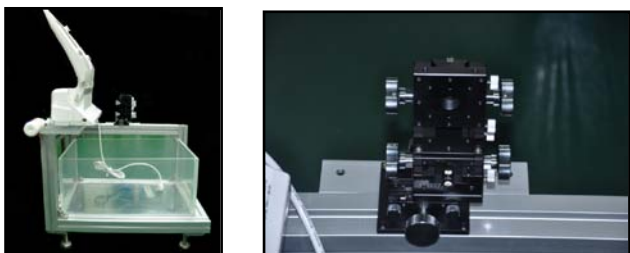
본 논문에서는 둔부의 투명한 실리콘 모델을 만들어 (1-5) 비데 세정과정의 가시화를 실험을 수행하고, PIV(Particle Image Velocimetry) 기법을 이용한 속도장 데이터로부터 비데의 세정력에 가장 큰 요인인 전단력을 측정하였다. 이 방법은 영상기술을 유체공학에 접목시킨 전유동장 측정 기법이다. 유동입자들의 변위정보를 담고 있는 입자화상을 이용한 입자화상속도계측기법으로 개발되어 정성적인 순간 유동정보뿐만 아니라 정량적인 속도장 정보를 제공하고 있다. 또한 정량적 세정력 측정을 위해 세정과정 동영상을 촬영하여 각 영상의 pixel 갯수를 Matlab 을 이용해 측정하여 시간에 따른 세정력 변화 결과들을 얻었다.

2. 실험방법

세정력 가시화를 위한 중요한 요소는 모델이 투명해야 한다는 점에 있다. 모델 제작을 위해 실제 사람과 같은 마네킹 모델을 이용하여 석고 틀을 만들었다. 이 틀에 실리콘을 부어 굳히면 모델이 완성된다. (Fig.1) 또한 가시화를 위해 일반적인 변기를 이용할 수 없으므로 비데 받침용 프레임 제작하고 원활한 3 축 방향 이동을 위해 스테이지를 장착하였다. (Fig.2) 프레임 제작 시 실제 사람이 앉았을 경우와 모델 위치가 동일하도록 제작하였다.

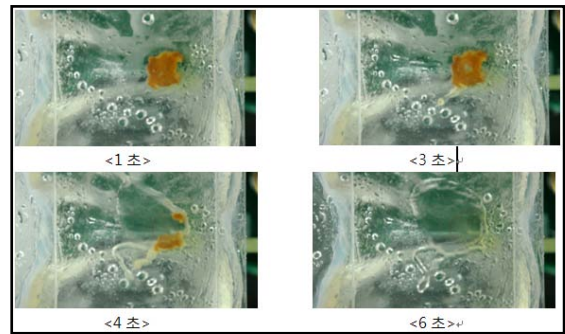


<Fig.1 석고 틀 및 실리콘 모델>



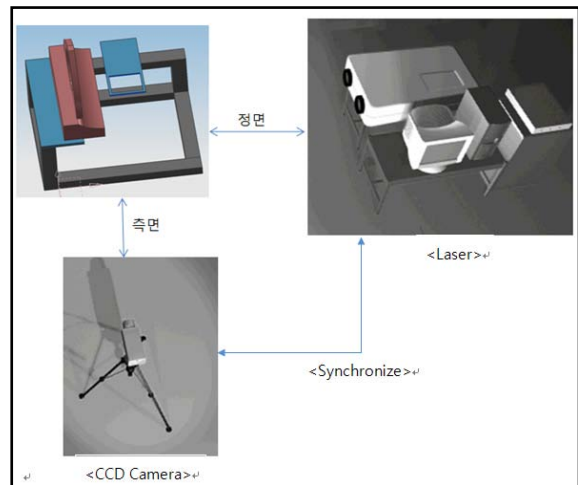
<Fig.2 프레임 및 3 차원 이송 스테이지>

정량적 측정을 위한 오염물질의 Pixel 개수를 이용한 실험은 투명한 실리콘 모델 위에서 카메라를 촬영하는 방식으로 진행되었다. (Fig. 3) 이 때 오염물질은 일정한 양과 위치를 유지하였다. 촬영된 동영상은 Matlab Code 를 이용하여 해석하였다. 오염물질의 점성을 바꿔가며 3 가지 다른 점성에 대하여 실험을 진행하여 최적의 오염물질을 선정한 후 실험계획법에 따라 입사수류의 Wide, Pressure, Angle 을 변화시켜가며 실험을 진행하였다.



<Fig.3 정량적 측정을 위한 촬영>

또한 정성적 측정을 위한 PIV 실험을 통하여 비데 세정과정중의 순간 속도장 및 평균 속도장, 전단응력등을 구하였다. 또한 이것을 정량적으로 즉, 수치적으로 표현해보았다. 총 54 번의 PIV 실험을 하였고, 변수로는 Wide, Pressure, Angle 의 3 가지 요인을 선정하였다. PIV 해석을 위한 유동가시화 실험 장치의 개략도는 Fig.4 과 같다.

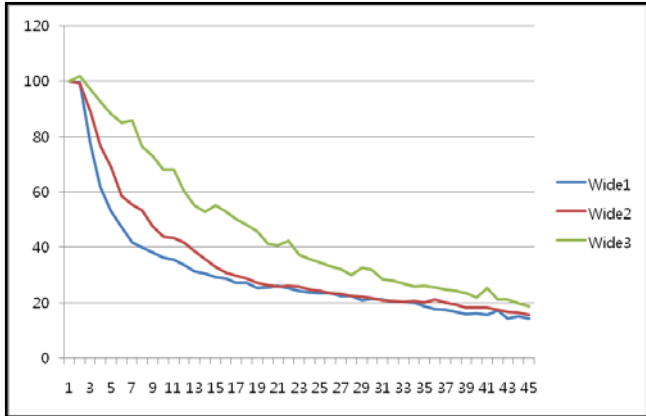


<Fig.4 PIV 실험 개략도>

제원으로는 150mJ/pulse 의 2 광원 Nd:Yag레이저 (SPECTRON Co.)와, 최대해상도 1208*1024 pixels 이고, 1-1000 msec. 시간 간격의 2 쌍의 영상들을 초당 8 쌍까지 처리 가능한 CCD 카메라(LaVision Co.), 레이저와 CCD카메라 동기화를 위한 PTU보드를 장착한 PC로 이루어져 있다.

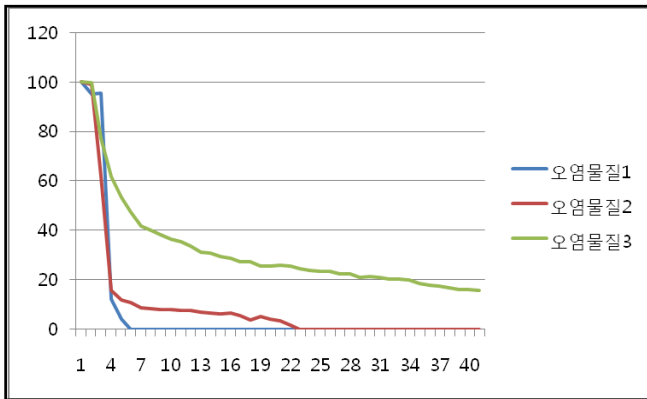
3. 결과 및 토론

정량적 측정을 위한 Matlab 해석 결과를 살펴보면 Wide 기능이 낮을수록 더 빠르게 씻기는 것을 확인 할 수 있다. Wide 기능이 낮다는 것은 물줄기가 한 점에 집중된다는 것을 의미한다. 결국 그 부분의 압력이 높기 때문에 초반에 급격하게 씻기는 것을 확인 할 수 있다. 이 경우는 오염물질의 점성이 높은 경우 유용할 것이다. 반면 Wide3의 경우 수류가 넓게 분포되기 때문에 전체적으로 천천히 씻기는 것을 확인 할 수 있다. 이 경우는 여성의 비데 기능 사용시 유용할 것으로 사료된다.



<Fig.5 Wide 단계별 세정 시간 비교>

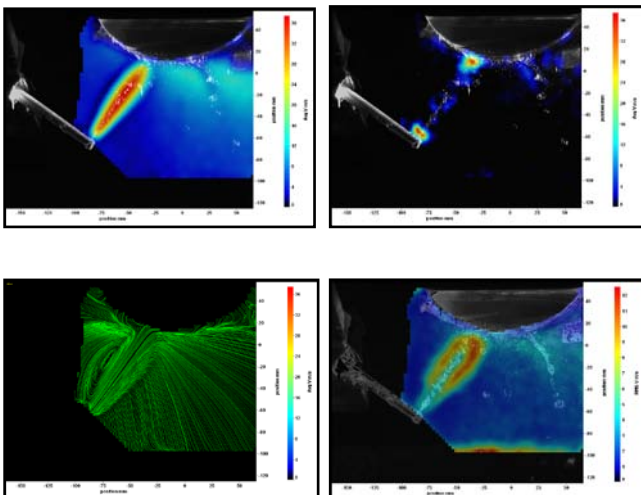
Fig.6 은 Wide 가 일정한 경우 오염물질의 점도에 따른 세정 시간을 나타낸다. 점성이 강한 경우 시간이 지나도 다 씻기지 않는 것을 확인할 수 있다.



<Fig.6 오염물질의 점성에 따른 세정시간 비교>

- (a) Velocity Magnitude
- (b) Shear Stress
- (c) Stream Line
- (d) RMS

<Fig.7 PIV Results>



PIV 실험에 의한 결과는 Fig.7 과 같다. 속도분포는 노즐에서 발사된 물줄기의 중앙에서 가장 빠르며 세정력에 가장 큰 역할을 하는 Shear Stress 는 모델의 둔부 부분에서 가장 큰 값을 갖는다.

각 기능별로 총 54 번의 실험결과 Shear Stress 는 일정한 Wide 에서 Pressure 가 높아질수록 증가하였다. 반대로 Pressure 가 일정한 경우에는 Wide2 에서 가장 큰 Shear Stress 값을 갖고, Wide1, Wide3 의 순으로 낮아진다. Angle 의 경우 0° 에서 가장 높고, +5° , -5° 순으로 낮아진다.

4. 요약

가시화를 위하여 투명 실리콘을 이용 실제 인체형상의 둔부모델을 만들고, 비데 받침역할을 하며 가시화에 방해가 되지 않는 프레임 및 자유로운 이동이 가능한 Stage 를 설치하였다. 실험을 통해 오염물질을 선정하였고, 실험 동영상 촬영 및 Matlab 해석을 통하여 정량적으로 세정력을 비교하였다. 또한 정성적인 특징을 보기위해 PIV 실험을 통하여 노즐에서 분사되는 수류의 특징을 살펴봤으며 세정력에 가장 큰 요인인 Shear Stress 를 측정하였다. 이 실험에서는 Pressure, Wide, Angle 의 3 가지 인자를 변경하며 실험을 진행하였으며, 각 인자간의 관계는 실험계획법을 통하여 밝혀낼 수 있다. 이 데이터를 통하여 세정력에 대한 값을 식으로 표현할 수 있고 이는 앞으로 노즐 개발에 있어서 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 웅진코웨이 산학 연구결과 중 일부이며, 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) Chung, S.K., Son, Y. R., Shin, S.J., Kim, S.K., 2006, Nasal Airflow During Respiratory Cycle, American J. Rhinology, Vol. 20, No. 4, p. 379.
- (2) Kim, S.K., Son, Y.R., (2002) Particle Image Velocimetry Measurements in Nasal Airflow, Trans. KSME B, Vol. 26, No. 6, pp. 566~569.
- (3) Kim, S.K., Huh, J.R., (2004) An Investigation on Airflow in Abnormal Nasal Cavity by PIV, Journal of Visualization, Vol. 6 No. 4, p. 274.
- (4) Kim, S.K., Son, Y.R., (2004) An Investigation on Airflow in Disordered Nasal Cavity and Its Corrected Models by Tomographic PIV, Measurement Science and Technology, Vol.15, pp. 1090~1096.
- (5) Kim, S.K. (2006) The PIV Measurements on the Respiratory Airflow in the Human Airway, Trans. KSME B, Vol. 30, No. 11, p. 1051.