

# 주요 사격자세에 따른 인체 충격량 특성 해석

최영진<sup>†</sup>, 이영신\*, 한규현\*\*, 채제욱\*\*\*, 최의중\*\*

## A study on the human impulse characteristics with the typical shooting posture

Choi Young Jin, Lee Young Shin, Han Kyoo Hyun, Chae Je Uk and Choi Eui jung

**Key Words :** shooting posture(사격자세), human impulse (인체충격), impulse transfer path(충격전달 경로)

### Abstract

The rifle impact of human body affected by the posture of human for rifling. The interaction human-rifle system influence the firing accuracy. In this paper, impact analysis of human model for shooting posture is carried out. ADAMS code and LifeMOD is used in impact analysis of human model and modeling of the human body, respectively. On the shooting, human model is affected by rifle impact during the 0.001 second. Performed simulation time for shooting is 0.1 second. Applied constraint condition to human-rifle system is rotating and spherical condition. As the results, the displacement of rifle and transfer path analysis of impact of human model is presented.

## 1. 서 론

사격에 따른 사수의 동작은 시간과 공간에 따른 동작으로 나누어서 연구할 필요가 있다. 일반적인 사격자세는 시간에 따라 사격자세를 취하고, 조준하고, 격발한다. 사격에 따른 사수의 동작은 운동학적 및 동력학적 구조로 특징된다. 사수의 동작에 대한 운동학은 동작의 공간형태, 시간에 따른 질량 및 유효효과를 고려하지 않은 변화 등에 따라 결정된다. 인간-총기 시스템의 운동학적 특징은 인간-총기 시스템의 기하학적 형상 및 위치에 따른 관계로 결정되며, 이러한 연구를 통하여 사수에 적합한 최적의 파라미터를 도출할 수 있다.

본 연구에서는 한국인 체형에 맞는 인체모델을 생성하고 서서 쏘, 무릎 쏘, 엎드려 쏘 등 주요사격자세에 발생하는 상황을 재현하여 충격력 및 각 관절에 부과된 하중을 찾고, 시간에 따라 하중의 증가와 감소를 분석하여 최종적으로 충격력의 이

동경로를 추적했다. 사격자세에서, 각각 경로 추적은 Fig. 1 에서 나타낸 것과 같이 총열방향(X 축), 총열수직방향(Y 축), 총열수평방향(Z 축)으로 하였다.

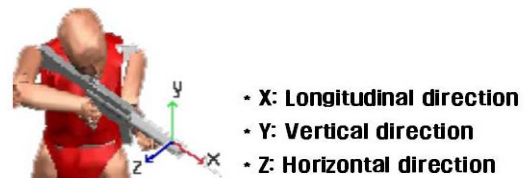


Fig. 1 Coordinate system of the human and rifle

## 2. 인체모델링

본 연구를 위해 사수의 인체모델은 인체모델링 프로그램인 LifeMOD 을 이용하여 인체모델을 생성하고, 생성된 인체모델을 ADAMS 를 이용하여 사격시 발생하는 인체충격량에 대한 해석을 수행하였다.

인체충격량 해석에 적용한 사수의 인체모델은 2004 년 기술표준원에서 발표한 자료에 따라 20 대 남성의 평균 키 173.3cm, 몸무게 69.8kg 에 근접한 신장 170cm, 몸무게 60kg, 나이 만 24 세로 현역을 복무한 사람을 선정하고 각 관절까지의 길이, 신장, 몸무게 등을 측정하고 이에 따른 인체모델을 LifeMOD 을 이용하여 생성하였다.

<sup>†</sup> 충남대학교 기계설계공학과 대학원  
E-mail : lisajin@pony.cnu.ac.kr  
TEL : (042)825-6531 FAX : (042)822-7366

\* 충남대학교 기계설계공학과 교수

\*\* 충남대학교 기계설계공학과 대학원

\*\*\* 국방과학연구소

Fig. 2 는 사격자세에 따른 인체모형을 나타내고 있다.



(a) Stand posture (b) Knee posture (c) Prone posture

**Fig. 2** Comparison of simulation model with the shooting

### 3. 총기모델링

해석에 사용된 총기는 K2 소총을 선택하였다. Fig. 3 는 실제 총기 사진과 CATIA V5 를 이용하였으며 모델링된 총기를 나타내고 있다.

해석에 사용된 총기의 길이 및 무게는 Table 1 과 같다. Fig. 4 은 총기와 인체모형이 서로 구속된 사진이다. 인체모형-총기시스템의 경계조건은 인체모형의 총기의 개머리판과 맞닿아 있는 어깨부분과 왼손의 경우 sphere 경계조건, 오른손의 경우 rotation 경계조건을 적용하였다. 시뮬레이션에 입력된 충격력은 2002 년 6 월 국방과학연구소에서 발행한 복합충격력을 받는 구조물의 완충구조 최적설계 보고서[1]에 있는 Pro 25-MF-3B 를 적용한 실험값으로 완충기의 부피와 무게가 작고 총기의 이동거리가 짧으며 실험한 대상 중 충격력과 총기의 이동거리의 비가 가장 좋은 모델이라고 제시하고 있다. 충격력은 약 3700N, 총 몸의 이동거리는 14.5mm 이다. Fig. 5 에서 (a)는 실험값이며 (b)는 시뮬레이션에서 입력시킨 충격하중의 값이다. Fig 6 는 총 몸의 이동량을 나타내며 (a)는 실험값이고 (b)는 시뮬레이션에서 이동된 총 몸의 이동량이다.

**Table 1** Basis information of rifle K2 [1]

Element	Value
Length	970 mm
Weight	3.26 kg

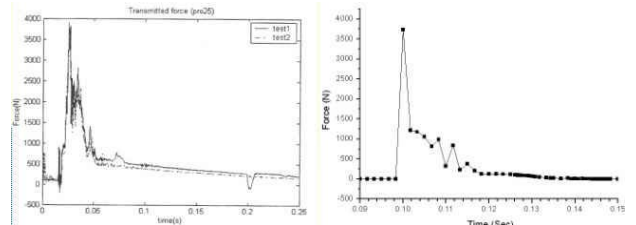


(a) K-2 model (b) K-2 photograph

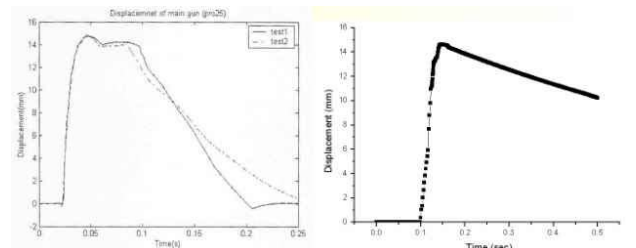
**Fig. 3** Model and photograph of K-2 rifle



(a) Left hand (b) Right hand (c) Shoulder  
**Fig. 4** Boundary condition of rifle and human body supports



(a) Experimental impulse (b) Modified impulse  
**Fig. 5** Experimental and modified impulse history on the rifle at shooting



(a) Experimental distance (b) Modified distance  
**Fig. 6** Experimental and modified longitudinal transfer distance of rifle at shooting

### 4. 사격자세에 따른 충격특성

4.1 서서 쏘 자세에 따른 충격특성  
서서좌는 상당히 불안정한 자세로써 사격시 신체가 뒤로 밀리는 현상이 다른 자세보다 심하게 일어난다. 또한 뒤로 밀리는 것을 막기 위해 가해지는 힘에 비례한 반력이 몸에 생기게 된다. 탄두 진행 방향인 X 축보다 Z 축 방향의 하중이 크게 걸리는 것은 충격이 발생하는 지점이 목 부분을 기준으로 Z 축에 있기 때문이다.

총기를 지지한 부분과 밀접하여 탄두진행 방향인 X 축에 큰 하중이 작용한다. 총을 지지하는 오른쪽 쇄골에 약 450N 이 작용하는 반면 왼쪽 쇄골은 약 80N 정도의 하중이 걸린다. 이것은 사격시 뒤로 밀리면서 충격력이 상쇄되는 결과이다. 쇄골과 마찬가지로 총을 지지하는 다른 한쪽인 어깨는 총의 개머리판이 어깨와 쇄골 중간부분에 위치하여 어깨 쪽은 X 축 하중에 근접하는 Y 축의 하중이 걸리게 된다. 왼쪽은 Y 값 하중이, 오른쪽은 Z 축 하중이 크게 나타난다.

골반에서는 초기에 하중이 발생되어 시간이 지남에 따라 점차 증가 후 0.2 초대에 낮아진다. 이

것은 초기 사격시에 발생한 충격에 이어 상체의 움직임, 즉 상체로부터 전달되는 충격력에 의해 하중이 증가한다. 오른쪽 골반은 사격시 상체를 지지하는 역할을 하므로 충격 발생시 상체에서 받는 하중에 준하는 충격이 동시에 발생된다.

무릎에 발생한 하중은 골반과 비슷한 크기를 나타낸다. 이것은 골반과 무릎이 상체를 받치는 역할로 거의 동시에 같은 하중을 받는다. 발목 또한 같은 크기를 보이는데 이러한 이유 역시 하체가 상체를 지지하는 역할을 수행하기 때문이다. 골반 → 무릎 → 발목 이렇게 각 관절이 경직된 상태로 뼈와 뼈로 전달되기 때문에 골반부터 시작된 하중은 발목까지 그대로 전달된다.

사격에 의한 충격력은 최초 0.1 초에서 총을 지지한 부분과 어깨, 쇄골, 손목에서 충격이 시작되며 0.1005 초에 나머지 부분도 충격이 시작되는 것을 볼 수 있다. 시간이 지남에 따라 충격력이 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 사격시 발생된 반동에 의한 하중의 증가현상이다. 또한 그 영향으로 약 0.102 초까지 충격력이 증가한다. 시뮬레이션 결과로 모델의 자세변화는 Fig. 7 과 같다. 십자형태의 점선을 기준으로 보면 앞쪽 총구가 약간 위로 올라가고 머리는 뒤쪽으로 밀려있으며, 상체가 뒤쪽으로 약간 치우친 것을 볼 수 있다.

사람형태의 도표에 시간, 하중의 크기 등을 기준으로 서서좌 자세에서 초기 사격 시작 시간인 0.1 초부터 사격이 끝난 0.101 초까지 그리고 최대 값이 발생한 시간까지를 종합하여 화살표로 표시하면 Fig. 9, Fig. 11, Fig. 13 과 같다. Fig. 8 는 충격력 이동을 X 축 기준으로 표시한 것이다. 총을 지지한 부분에서 충격이 시작되어 어깨와 쇄골부로 나뉘어 양쪽으로 보내지며 총을 잡고 있는 양쪽 손목에서 충격이 팔꿈치 쪽으로 이동하여 팔꿈치부분에서 하중이 집중되고 있다.

사격에 따른 충격하중은 상체에서 하체로 이동되고 있으며, 오른쪽에서 왼쪽으로 이동한다. 또한 주로 복부부위와 어깨부위에 하중이 크게 발생하는 것을 볼 수 있다. Fig. 10 에서는 Y 축에 대한 충격력 이동을 표시한 것이다. X 축과 비슷한 이동경로를 보이며 오른쪽 어깨부분과 복부에 하중이 집중되고 있다. X 축과 다른 점은 양 무릎에 하중이 걸린다는 것이며 이것은 지면으로부터 오는 반력과 상체에서 내려오는 충격력이 무릎에서 만났기 때문이다. Fig. 12 에서는 Z 축에 대한 충격력의 이동을 표시한 것이다. X 축과 동일한 이동경로를 보인다. 하중의 크기나 시간은 차이가 있지만 흐름은 거의 동일하다.

서서좌 자세를 정리하면 총기를 지지한 부분에 큰 하중을 받고 총을 잡고 받치는 부분인 손목 부위가 초기에 하중을 받는다. 또한 상체를 받치는 골반부에서도 초기 충격을 받으며 사격 후에는 상체의 가슴부분과 요추부분에서 하중을 받는다.

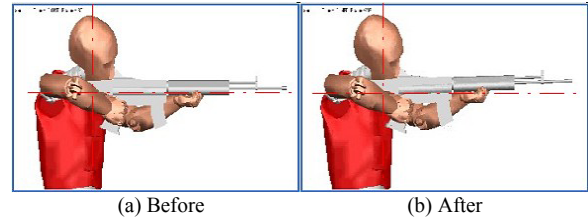


Fig. 7 Posture variation of human body model with the stand posture shooting

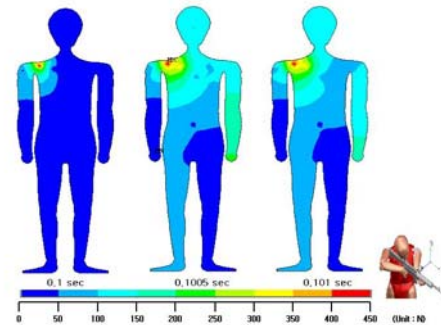


Fig. 8 Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the stand posture shooting

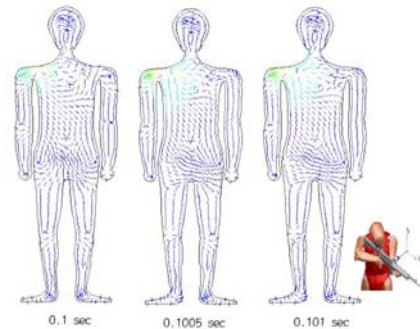


Fig. 9 Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the stand posture shooting

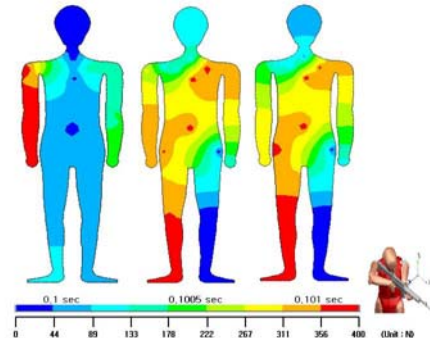
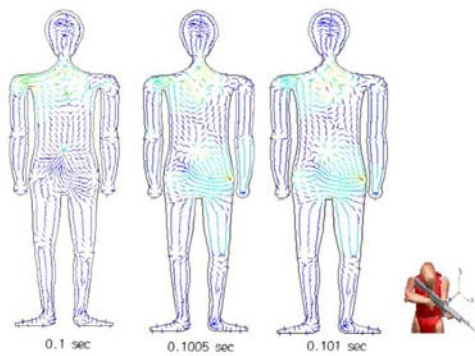
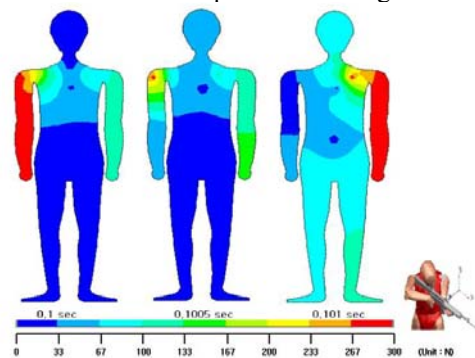


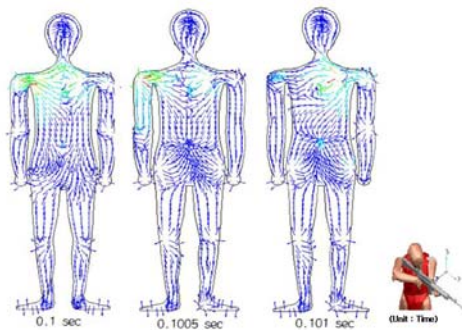
Fig. 10 Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the stand posture shooting



**Fig. 11** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the stand posture shooting



**Fig. 12** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the stand posture shooting



**Fig. 13** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the stand posture shooting

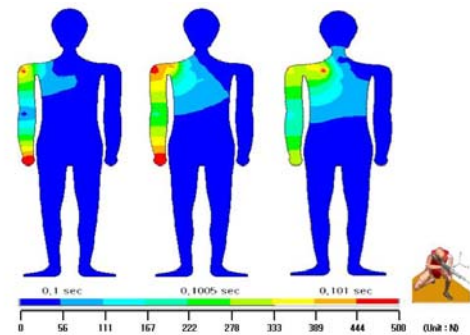
4.2 무릎 쏘 자세에 따른 충격특성

무릎 쏘 자세는 지면과 3 점이 지지된다. 또한 왼쪽 팔꿈치를 왼쪽무릎에 지지되기 때문에 서서 쏘 자세와 비교하여 안정적인 자세이다. 무릎 쏘 자세는 3 점 지지상태로 사격이 이루어지기 때문에 사격시 지면에서 올라오는 하중과 상체에서 내려오는 하중의 영향으로 가슴보다 가슴보다 요추에서 더 큰 하중이 발생한다. 또한 사격으로 인해 발생한 충격은 왼쪽손목에서 팔꿈치 무릎으로 전달된다. Fig.14 에서와 같이 충격하중은 X 축을 기준으로 총을 지지한 부분에서 어깨와 쇄골로 분산

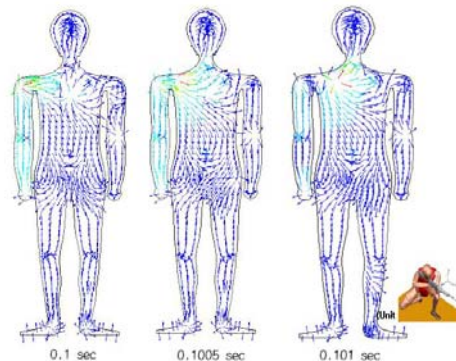
되어 전달된다.

무릎 쏘 자세에서 사격시 발생된 하중 대한 충격하중전달경로는 Fig. 15, Fig. 17, Fig. 19 에서 각각 나타내었다.

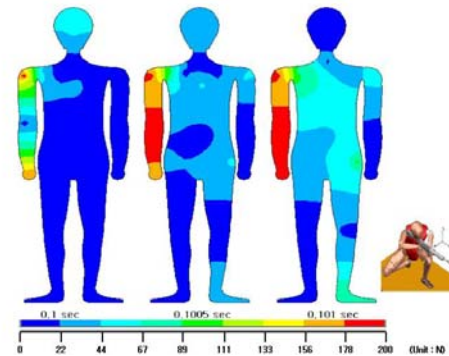
무릎 쏘 자세의 충격하중은 전체적인 서서 쏘 자세와 비슷하게 전달된다. 하체의 경우 양발목에서 시작된 반력은 상체로 향하여 이동하다가 골반부에서 집중되고 있다. Y 축을 기준 충격전달경로는 Fig. 16 에서 나타낸 것과 같이 오른쪽 상체에서 발생된 충격하중이 왼쪽 하체부분으로 전달되고 있다. Z 축의 경우 Fig. 18 에서 나타낸 것 처럼 초기의 충격하중이 왼쪽 손목으로 전달된다.



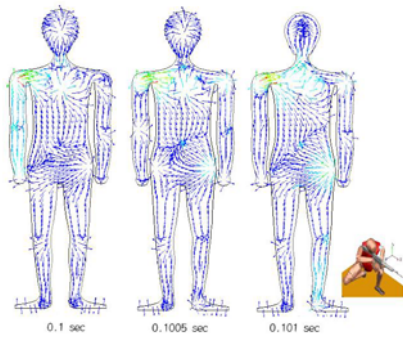
**Fig. 14** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the knee posture shooting



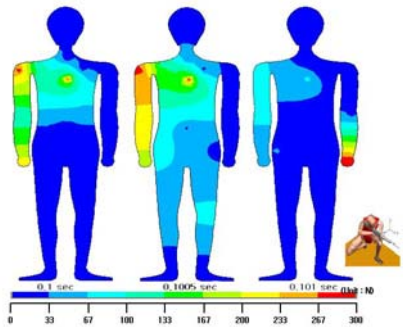
**Fig. 15** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the knee posture shooting



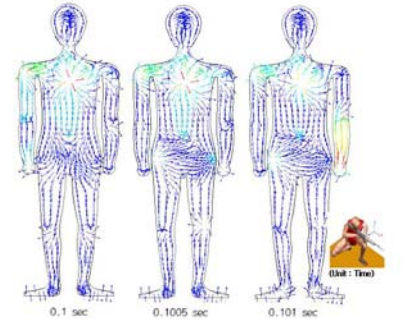
**Fig. 16** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the knee posture shooting



**Fig. 17** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the knee posture shooting



**Fig. 18** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the knee posture shooting



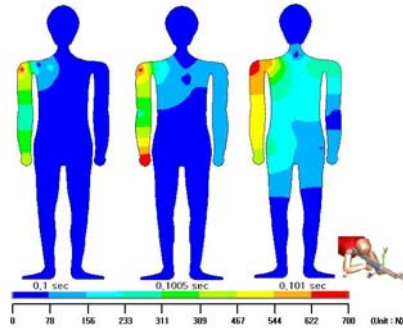
**Fig. 19** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the knee posture shooting

4.3 엎드려 쏘 자세에 따른 충격특성

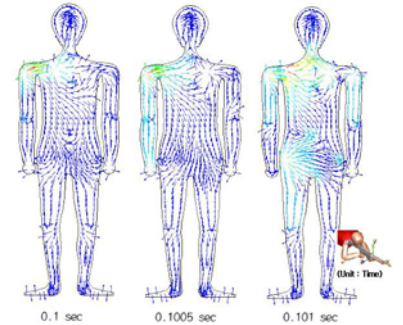
엎드려 쏘 자세는 하체가 완전히 지면에 닿고 상체는 양팔꿈치를 지면에 지지한 상태이다. 사격시 조준력은 안정적이지만 하체와 양팔꿈치가 지면에 지지되어 충격을 인체에 그대로 전달되는 단점이 있다. 양팔꿈치는 지면에 지지한 상태이므로 사격시 발생하는 충격력과 지면에서 생긴 반력을 같이 받기 때문에 다른 자세와 비교하여 상대적으로 더 큰 하중을 받는다. 하중의 이동이 오른쪽에서 왼쪽으로 매우 빠르게 진행된다. 하체의 하중은 지면과 지지되어 있는 상태이므로 하중이 거의 발생하지 하지 않는다.

엎드려 쏘 자세의 충격력전달은 초기 쇄골에서 발생된 충격하중은 목부분을 거쳐 머리와 가슴으

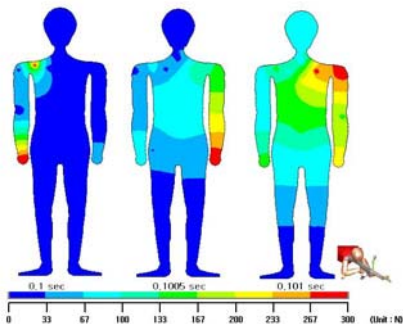
로 전달되며 일부는 왼쪽 쇄골을 통해 왼쪽 어깨로 전달된다. Fig. 20 에서 나타낸 것과 같이 X 방향 충격력은 어깨, 손목, 팔꿈치에서 발생하여 왼쪽 어깨로 이동하며, 일부는 오른쪽 골반으로 전달된다. Fig. 22 에서 나타낸 것과 같이 Y 방향 충격력은 탄두 진행방향과 일치하기 때문에 충격력이 빠르게 전달된다. 쇄골과 손목에서 발생된 충격력은 빠르게 왼쪽으로 전달되며 양골반부분으로 충격력이 전달된다. Fig. 24 는 Z 축 방향의 충격력 이동경로이다. Z 축 방향 충격력은 오른손 손목과 쇄골에서 발생하며 양팔꿈치와 양손목으로 하중이 전달되며 최종적으로 양팔, 가슴과 요추로 충격력이 전달된다.



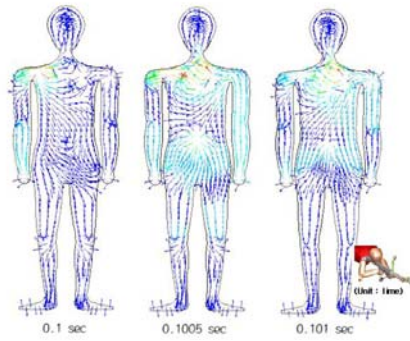
**Fig. 20** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the prone posture shooting



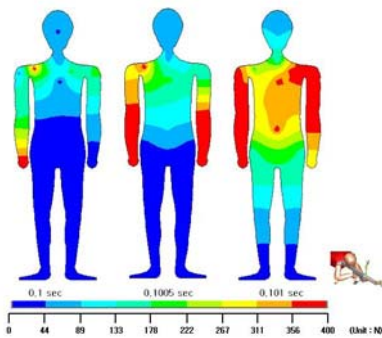
**Fig. 21** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the longitudinal direction (X) with the prone posture shooting



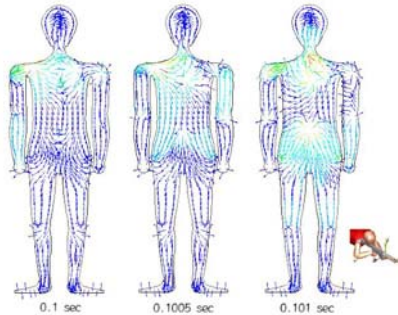
**Fig. 22** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the prone posture shooting



**Fig. 23** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the vertical direction (Y) with the prone posture shooting



**Fig. 24** Contour plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the prone posture shooting



**Fig. 25** Vector plot of impulse transfer path of the human body part in the horizontal direction (Z) with the prone posture shooting

### 5. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 내용을 확인할 수 있다.

- 1) 사격시 발생하는 충격력은 총기와 접촉한 부분부터 동시에 발생된다.
- 2) 총기에서 탄두가 진행되는 방향의 반대 방향으로 가장 큰 힘을 받는다.
- 3) 총기를 지지한 상체에서 하체로 충격력이 이동하고, 총을 견착한 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하며, 가슴과 요추 부분에 과중한 하중이 걸린다.
- 4) 자세를 유지하기 위해 접촉하고 있는 각 부위

가 다른 부위에 충격을 유발한다.

### 후 기

본 연구는 국방과학연구소 기초연구(UD040002AD)의 지원을 받았으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- (1) Kim, H.J., Park, Y.P., Yang, H.S., Choe, E.J., Lee, S.B., Hong, K.J., 2002, "Investigation of Dynamic Absorbing System in the Gas-operated Gun with High Transmitted Shock Force", Journal of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 12, No. 5, pp. 389-396
- (2) Park, Y.P., 1999, "Design of Dynamic Absorbing System Considering Human Model Characteristics", Agency for Defense Development Report, No. UD980022CDLee,
- (3) Y.S, Choi, K.J., Cho, K.H., Lim, H.K., 2002, "Development of Design Techniques of Plastic Ankle Foot Orthosis for the Hemiplegics I : An Approach through Stress Analysis ", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol.26, No.1, pp. 7-14
- (4) Lee, Y.S., Lee, S.K., Kim, C.J., Park, S.J., 1996, "A Study of Measurement on Range of Arm Joint Motion of Korean Male in Twenties", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol.15, No.1, pp. 39-52
- (5) Zakharenkov,V.F., Arseniev,S.E., Belov,A.V., Agoshkov,O.C., Lee,Y.S., Kim,I.W., and Chae, J.W., 2002, "Modelling and Numerical Investigation of the Stochastic Biomechanical Interaction Human-Rifle System". Proceedings of the 20th International Symposium on Ballistics
- (6) Chae, J.W., 2001, "Human Anthropological and Biomechanical Model of Human-Rifle System ", Agency for Defense Development Report, No. GSDC-619-011092
- (7) Yuan, C.K., 1997, "Effects of Rifle Weight and Handling Length on Shooting Performance", Applied Ergonomics, Vol. 28, No. 2, pp. 121-127