



골프스윙 3분절 시스템의 Joint Torque의 산출

A Calculation of Joint Torque for Triple Segmental System in Golf Swing

임 정* · 황인승(연세대학교)

Lim, Jung* · Hwang, In-seong(Yonsei University)

ABSTRACT

J. LIM, I. S. HWANG, A Calculation of Joint Torque for Triple Segmental System in Golf Swing, Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 105-113, 2006. The purpose of this study was to analyze the joint torque of triple segmental system in golf driver swing. For this purpose, joint torque were calculated. In order to determine the load on the lumbar region, a triple segmental system was set for wrist, left shoulder and lumbar, torque working on the lumbar region were estimated.

For this study, a total of 7 professional golfers were sampled, and then, their driver swings were recorded with two high-speed digital video cameras (180 frames/sec.) to be synthesized into 3-dimensional images and coordinated. Then, Euler's equation was used to produce some kinematic data, which were used to calculate joint torque with Newton's function. All data were calculated using LabVIEW 6.1 graphic program.

The results of this study can be summarized as follows;

It was found that the joint torque was generated in the direction opposite the target on wrist and shoulder during down swing, while in the direction towards the target on the lumbar region. During impact and release, the torque on the wrist joint was converted from the direction opposite the target to the direction towards the target, while the torque on the lumbar region was generated vice versa.

The joints on the club-arm-shoulder were generated in the opposite direction at the beginning of down swing when the torque on the thorax-pelvis began to be generated, and then, the torque on the thorax-pelvis began to lower, while that on the club-arm-shoulder began to increase. Thus, a rapid decrease of the torque on the lumbar region linked to the low trunk acted to increase moment and joint torque on the arm-club region.

KEYWORDS: JOINT TORQUE, TRIPLE SEGMENTAL SYSTEM

I. 서론

골프스윙 연구에 있어서 기존의 운동역학적 연구들은 시스템을 왼팔과 클럽을 잇는 2분절 시스템(double segmental system)(황인승 등, 1990 ; Pink et al, 1993 ; Reyes & Mittendorf, 1999)을 사용하여 허리부위까지의 자료는 얻기가 어려웠다. 그러나 현대적 스윙에서 나타나는 어깨의 회전을 알아보기 위해서는 흉곽과 골반을 각각 분절로 구분할 수 있는 3분절 시스템(triple segmental system)에 대한 연구가 필요하다(임정, 문건필, 2005). 이 시스템은 흉곽의 운동을 골반에 대해 나타냄으로서 흉곽과 골반을 잇는 관절의 운동역학적 자료를 구할 수 있고 허리를 중심으로 한 상체 분절의 운동역학적 부하를 검사할 수 있을 것이다.

운동역학적 부하를 산출하는 방법 중 인접분절들에 대한 개개 관절들이 받는 영향과 일으키는 작용을 포함한 세밀한 운동역학적 연구를 위하여 운동종속상호작용(motion-dependent interaction)방법을 사용해야 한다. 특히 3분절 시스템(triple segmental system)에 대한 연구와 같은 다중분절 시스템의 연구에 있어서는 적용이 적절하다고 판단된다(임정, 문건필, 2005). 임정과 문건필(2005)은 이 방법을 사용하여 3분절 시스템의 관절의 reaction force를 세분화한 운동역학적 부하를 계산하였다. 따라서 관절의 reaction force에 산물인 분절상호간의 모멘트 즉, 관절 토크를 산출할 수 있다. 이 방법을 적용한다면 골프스윙 시 관절의 부하가 어떤 형태로 변화해 가는가를 조사할 수 있으며 부하의 진행형태를 예상할 수 있다. 기존의 운동종속상호작용(motion-dependent interaction)방법을 3분절 시스템(triple segmental system)에 적용하여 골프스윙의 운동역학적 자료 중 관절운동의 종합적 변화와 추이를 볼 수 있는 관절 토크(joint torque)를 조사해 볼 필요가 있다.

본 연구는 골프 드라이버스윙을 대상으로 3분절 시스템(triple segmental system)을 설정하고 운동종속상호작용(motion-dependent interaction)방법을 적용하여 손목, 어깨, 허리의 3관절에 관절 토크를 계산하여 관절의 변화추이를 살펴보는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 대상자

표 1. 대상자 정보

	신장 (cm)	체중 (kg)	나이 (년)	경력 (년)	핸디
sub. 1.	170	65	22	8	0
sub. 2.	172	65	22	8	0
sub. 3.	174	70	20	8	0
sub. 4.	178	75	24	9	0
sub. 5.	180	78	24	8	0
sub. 6.	181	74	22	8	0
sub. 7.	181	77	26	10	0

2. 실험절차

실험장소는 야외 드라이빙 레인지에서 실시하였다. 영상자료수집은 2대의 high speed video camera: 250FPS(VISOL inc.), 2대의 동조 타이머를 이용하였고 노출시간은 1/1000sec로 하였고 촬영속도는 180f/sec로 하였다. 영상의 저장은 그래픽 메모리 256M, Geforce FX 5950가 탑재된 데스크 탑 컴퓨터를 사용하여 실시간 영상으로 1024×768pixel의 32bit 크기로 저장하였다.

3. 자료의 분석

수집된 영상은 Arial Performance Analysis System (APAS)를 통해 인체해부학적 경계점과 골프클럽의 2개 점을 좌표화 하였다. 좌표화 된 자료는 12개의 통제점의 실측치를 이용하여 Direct Linear Transformation (DLT.) (Abdel-Aziz & Karara, 1971)방법으로 3차원 공간 좌표를 구하였다. 이렇게 얻어진 좌표값을 National Instrument사의 LabVIEW 6.1 그래픽 프로그램을 사용하여 계산하였다.

4. 모델의 설정

본 연구에서도 현대적 골프스윙의 동작이 하체와 연

결된 골반을 기시부(proximal)로 한 흉곽의 회전이 많은 신장성수축(eccentric contraction)이 큰 비중을 차지할거라는 예상으로 몸통을 이와 같이 2분할하였다. 그림 1. 에서와 같이 몸통을 2분할하여 척추에 의해 연결된 흉곽과 골반의 회전을 조사하고자 하였다. 하지만 I (moment of inertia)의 요소인 r의 결정에 있어서 흉곽과 골반의 해부학적 운동은 각각 다른 부위에서 일어나고 척추에 연결되어 움직이게 된다(Evans, C & Oldreive, W, 2000). 또한 요추부위의 L3-L4척추에서 흉곽운동의 가장 큰 부하가 나타나는 것으로 연구되고 있다(Evans, C & Oldreive, W, 2000, Hosea & Gatt, 1990)는 점에 착안하여 요추부위의 운동을 흉곽을 아래 방향 골두 방향에서 일어난다고 가정하고 상체상위분절(upper trunk)의 아래중양에 작용점을 정했다. 척추로 연결된 지점을 추정하고 각 각의 운동을 살펴보면서 척추의 굴곡과 신전의 경우 골반과 척추와의 연결점에서부터 흉곽의 질량중심(center of mass)까지의 길이를 r로 정하고 굴곡-신전, 내전외전의 경우 발생하는 I 를 계산하였다. 골반에 대한 흉곽의 회전은 해부학적으로 흉곽이 척추에 연결된 지점에서 발생한다고 단정할 수는 없으나 척추의 회전운동의 표현이 흉곽의 해부학적 회전운동이라는 가정 하에 흉곽의 r_{ut} 를 정하여 흉곽의 장축을 중심으로 한 회전에서 발생하는 I 을 정하였다.

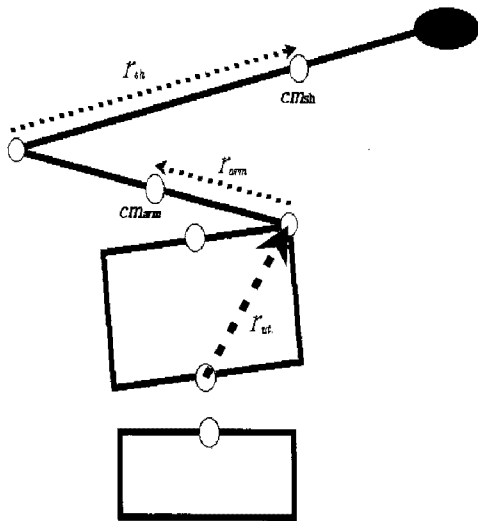


그림 1. 운동역학적 시스템의 설정

5. 좌표계의 설정

본 연구에서는 손목, 왼 어깨 그리고 요추부위의 관절토크(joint torque)를 설명하기 위해 임정(2005)이 사용했던 모델을 인용하여 다음과 같이 관성좌표계 X, Y, Z를 설정하였다.

클럽의 지역축 : 드라이버의 무게중심점(center of mass)에 구성된 x_{sh}, y_{sh}, z_{sh} 의 단위벡터

x_{sh} : anterior - posterior 방향을 나타내는 단위벡터

y_{sh} : medial - lateral 방향을 나타내는 단위벡터

z_{sh} : vertical 방향을 나타내는 단위벡터

왼팔의 지역축 : 왼쪽 팔의 무게중심(center of mass)에 구성된 $x_{arm}, y_{arm}, z_{arm}$ 의 단위벡터

x_{arm} : medial - lateral 방향을 나타내는 단위벡터

y_{arm} : anterior - posterior 방향을 나타내는 단위벡터

z_{arm} : vertical 방향을 나타내는 단위벡터

어깨의 지역축 : 왼쪽 어깨관절 중심에 구성된 $x_{sdr}, y_{sdr}, z_{sdr}$ 의 단위벡터

x_{sdr} : anterior - posterior 방향을 나타내는 단위벡터

y_{sdr} : medial - lateral 방향을 나타내는 단위벡터

z_{sdr} : vertical 방향을 나타내는 단위벡터

흉곽의 지역축 : 흉곽의 무게중심(center of mass)에 구성된 x_{ut}, y_{ut}, z_{ut} 의 단위벡터

x_{ut} : anterior - posterior 방향을 나타내는 단위벡터

y_{ut} : medial - lateral 방향을 나타내는 단위벡터

z_{ut} : vertical 방향을 나타내는 단위벡터

골반의 지역축 : 골반의 무게중심(center of mass)에 구성된 x_{lt}, y_{lt}, z_{lt} 의 단위벡터

x_{lt} : anterior - posterior 방향을 나타내는 단위벡터

y_{it} : medial - lateral 방향을 나타내는 단위벡터

z_{it} : vertical 방향을 나타내는 단위벡터

손목의 관절토크은 기시부(proximal)인 왼팔의 축 $x_{arm}, y_{arm}, z_{arm}$ 에 전환시켜 구하였고, 어깨의 관절 토크은 기시부인 어깨에 구성시킨 축 $x_{sdr}, y_{sdr}, z_{sdr}$ 에 전환시켜 구하였다. 마지막으로 요추부위의 관절토크은 골반의 무게중심에 축 x_{it}, y_{it}, z_{it} 을 구성하여 흉곽의 운동을 전환시켜 구하였다.

6. 분석 구간의 설정

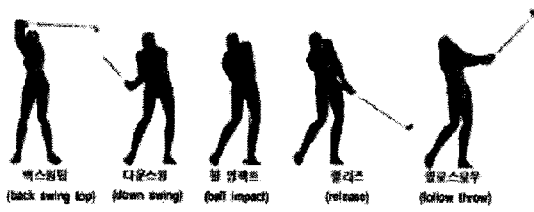


그림 2. 스윙구간의 설정

본 연구에서는 ① 백스윙 탑-다운스윙, ② 볼임팩트 릴리즈, ③ 팔로우스로우 3개 구간으로 나누어 설명하였다. 운동역학적 자료를 분석하는데 있어서 백스윙 탑 시점을 0.00sec로 정하고 그 후의 동작경과를 시간으로 나타냈다.

7. 관절토크의 계산

원위분절과 근위분절이 각각의 인접한 관절에 작용하는 총토크(Sum of Torque)를 구하기 위해 각 각의 분절에 지역축을 설정하였다. 골반에 설정한 축을 R_1 , 흉곽에 설정한 축을 R_2 , 왼팔에 설정한축을 R_3 , 클럽의 축을 R_4 라 하였다. 이와 같이 구성한 지역축을 이용하여 Euler's 함수(Ginberg & Genin, 1984)를 이용하여 각 분절에 질량중심(CM)에 작용하는 총토크(Sum of Torque) $\sum T_G$ 를 구하였다.

우선 총토크를 구하기 위해 각운동량 법칙에 의하여 총토크를 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\sum T_G = \dot{H}_G \dots\dots\dots (1)$$

\dot{H}_G 는 각운동량의 미분량을 의미하며 이를 다시 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{H}_G = & [I_{xx}^G \dot{\Omega}_x - (I_{yy}^G - I_{zz}^G)\Omega_y\Omega_z]i + \\ & [I_{xx}^G \dot{\Omega}_x - (I_{zz}^G - I_{xx}^G)\Omega_z\Omega_x]j + \\ & [I_{xx}^G \dot{\Omega}_x - (I_{xx}^G - I_{yy}^G)\Omega_x\Omega_y]k \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

이다. 함수 (3), (4), (5)에서 i, l, k 는 지역축의 x, y, z 방향의 단위 벡터이다.

따라서 클럽분절의 총 토크는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum T_{G_{sh}} = & (I_{x4x4}^G \alpha_{x4})i_4 + (I_{y4y4}^G \alpha_{y4})j_4 + \\ & (I_{z4z4}^G \alpha_{z4})k_4 \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum T_{G_{arm}} = & (I_{x3x3}^G \alpha_{x3})i_3 + (I_{y3y3}^G \alpha_{y3})j_3 \\ & + (I_{z3z3}^G \alpha_{z3})k_3 \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum T_{G_w} = & (I_{x2x2}^G \alpha_{x2})i_2 + (I_{y2y2}^G \alpha_{y2})j_2 \\ & + (I_{z2z2}^G \alpha_{z2})k_2 \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

8. 세분화된 분절의 토크

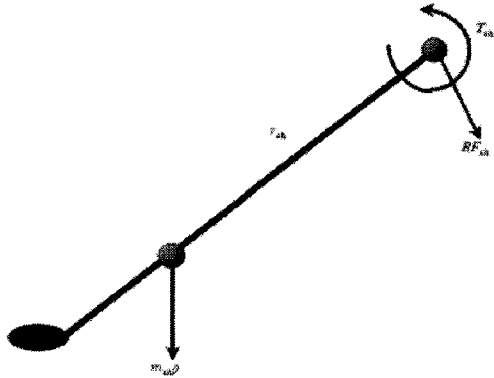


그림 3. 손목의 관절력과 토크

클럽에 의한 손목의 토크

$$T_{sh} = \sum T_{Gsh} + (r_{sh} \times F_{sh}) \dots\dots\dots (6)$$

이때 함수 T_{sh} 는 클럽에 의해 손목관절에 작용하는 토크로 다시 함수 (3)를 대입하면

$$T_{sh} \cdot i_4 = (I_{x_4x_4}^G \alpha_{x_4}) \cdot i_4 + (r_{sh} \times F_{sh}) \cdot i_4$$

다시 미리 구해놓은 F_{sh} 를 대입하여 x_4 축에 대한 토크를 구해보면 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned} T_{sh} \cdot i_4 = & (I_{x_4x_4}^G \alpha_{x_4}) \cdot i_4 + (r_{sh} \times m_{sh} a_w) \cdot i_4 \\ & + (r_{sh} \times (m_{sh} (\omega_{arm} \times (\omega_{arm} \times l_{arm})))) \cdot i_4 \\ & + (r_{sh} \times (m_{sh} (\omega_{sh} \times (\omega_{sh} \times r_{sh})))) \cdot i_4 \\ & + (r_{sh} \times (m_{sh} (\alpha_{arm} \times l_{arm}))) \cdot i_4 \\ & + (r_{sh} \times (m_{sh} (\alpha_{sh} \times r_{sh}))) \cdot i_4 \\ & - (r_{sh} \times (m_{sh} g)) \cdot i_4 \end{aligned}$$

같은 방법으로 각 축의 성분별 세분화된 토크와 각 클럽, 왼팔, 흉곽, 골반의 관절에 세분화된 토크를 구했다.

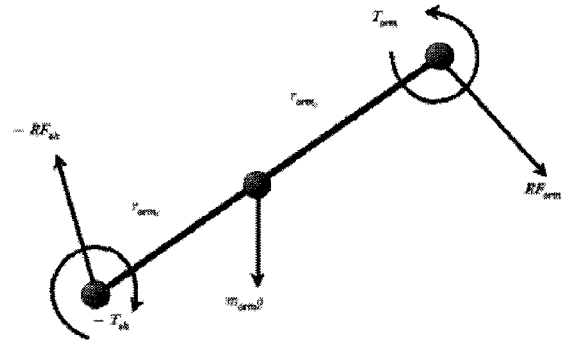


그림 4. 어깨의 관절력과 토크

$$\begin{aligned} I_{Garm} \alpha_{arm} = & T_{arm} - T_{sh} \\ & + (r_{arm_d} \times (-F_{sh})) + (r_{arm_p} \times F_{arm}) \end{aligned}$$

Upper Trunk의 기시점(ut. proximal)을 중심으로 한 Upper Trunk의 회전을 보기위해 다음과 같이 도출하였다.

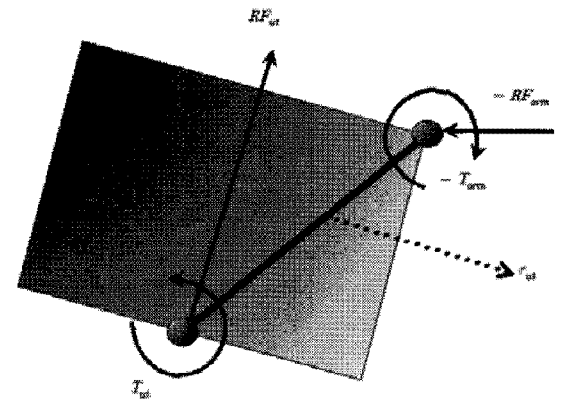


그림 5. 요추부위의 관절력과 토크

$$\begin{aligned} I_{Gut} \alpha_{ut} = & T_{ut} - T_{arm} \\ & (r_{ut_p} \times (-F_{arm})) + (r_{ut_d} \times F_{ut}) \end{aligned}$$

III. 결과 및 논의

2 각 관절의 토크

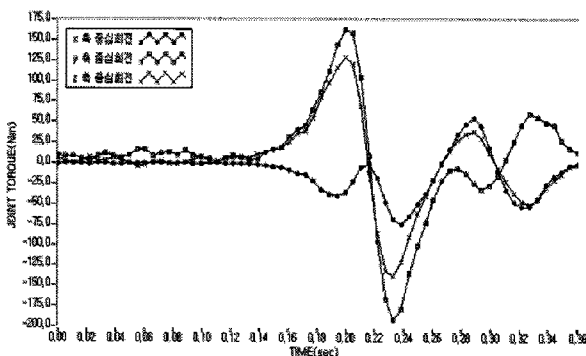
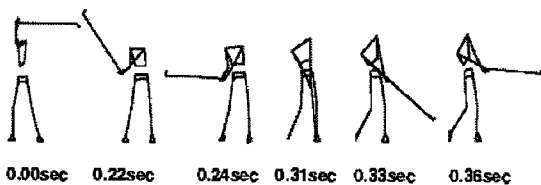
2.1. 손목관절의 토크

손목관절과 어깨관절 그리고 요추부위의 torque는

다음과 같이 정의 하였다. 손목관절의 경우 왼팔의 무게중심점에 구성해 놓은 지역축(local axis)에 대한 클럽과 손의 회전은 표현하였다. 따라서 왼팔의 지역축의 각각 x, y, z축에 대한 클럽관절의 회전을 나타내었다.

왼팔손목에서 발생한 클럽(Club)의 회전 중 x축을 중심으로 한 회전은 어드레스 시 왼팔의 앞쪽으로 뺀 축을 중심으로 한 회전이므로 손목의 굴곡신전 방향과 유사하다. 따라서 손목의 굴곡(flexion)방향으로의 회전은 flexional torque(-)로, 손목의 신전(extension)방향으로의 회전은 extensional (+)로 나타난다.

y축을 중심으로 한 회전은 어드레스 시 왼팔의 왼쪽으로 뺀 축을 중심으로 한 회전이므로 손목의 내전(adduction), 외전(abduction)의 방향과 유사하다. 따라서 손목의 내전방향으로의 회전은 adduction torque (+)로 손목의 외전방향으로의 회전은 abduction torque (-)로 나타난다.



torque	(+)	(-)
X_{arm} rotation	extensional torque	flexional torque
Y_{arm} rotation	adduction torque	abduction torque
Z_{arm} rotation	external rotation torque	internal rotation torque

* 어드레스 시 왼팔의 지역축을 기준으로 클럽의 flexional-extensional torque: 손목의 굴곡신전방향 회전, abduction-adduction torque: 손목의 외전-내전방향 회전, external-internal rotation torque: 클럽의 외측-내측방향 회전(손목-왼팔:경첩관절(hinge joint))

그림 6. 손목관절의 토크

z축을 중심으로 한 회전은 어드레스 시 왼팔의의 장 축을 중심으로 한 회전이므로 클럽(Club)의 내, 외측(internal rotation, external rotation)과 유사하다. 따라서 손목의 내측회전은 internal rotation torque (-)로, 외측 회전은 external rotation torque (+)로 나타난다. 단 손목은 해부학적 관절의 특징상 경첩관절(hinge joint)이므로 클럽의 내-외측 회전을 손목의 회전으로 간주하였다.

손목의 관절토크는 x축을 중심으로 신전과 굴곡의 방향으로 교호하며 나타나는데 0.19sec에서 굴곡방향으로 약간의 회전을 보이다가 코킹이 유지되고 있는 0.22sec에서 굴곡방향으로 이전보다 큰 회전은 보인다.

이것은 지연히팅을 위한 코킹각의 유지가 영향을 준 것으로 판단된다. 일부 대상자에게는 전혀 나타나지 않고도 있다. 코킹의 풀림이 일어나는 0.24sec를 지나 임팩트 직전까지 신전방향의 회전이 일어났다. 그 후 임팩트와 릴리즈까지 굴곡방향으로 회전하고 있다.

z축을 중심으로 한 회전은 0.20sec시점에서 129Nm의 외측회전방향으로 이루어지고 있다. 0.22sec에서 내측회전 쪽으로 회전하는데 이는 왼팔의 회전에 따라 클럽이 뒤따라오는 현상으로 내측회전방향으로 쳐지는 모양의 회전이 나타났다. 이 후에는 타깃방향으로의 회전을 나타내는데 이 부분에서의 외측회전이 타깃방향과 동일하기 때문이다. 임팩트 직전인 0.29sec에서 줄어들기 시작하여 임팩트 시에는 내측회전쪽으로 나타난다.

y축을 중심으로 한 회전은 코킹이 유지되는 0.22sec 이전에 내전방향으로 가장 크게 나타난다. 그 후 급격하게 외전방향으로 선회하여 0.23sec에서는 최고점에 달한다. 이는 코킹을 유지하는 현상의 대표적인 것이라고 할 수 있겠다. 이후 회전을 감소시키다가 임팩트 이후 내전방향으로 약간의 회전을 보인다.

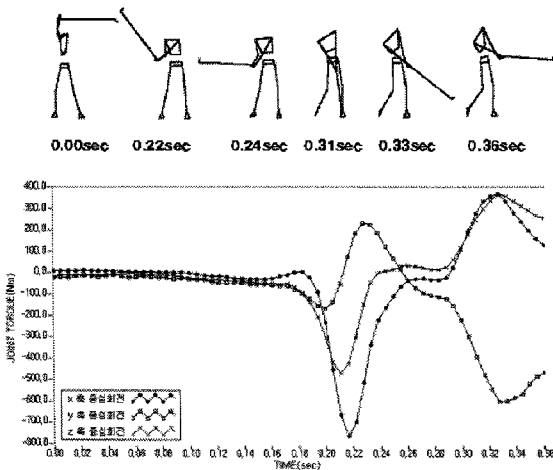
손목의 토크의 경우 코킹이 유지되는 0.22~0.24sec사이에 운동 진행방향의 반대방향으로의 회전이 발생한다. 이는 다시 0.24sec 이후 타깃방향으로의 회전을 발생시키고 임팩트 직전에 감소시키는 경향을 보였다.

2.2 어깨관절의 토크

어깨관절의 경우 왼쪽 어깨에 구성해 놓은 지역축에 대한 왼팔의 회전을 표현하였다. 그러나 최저 말초부인 클럽의 경우와는 다르게 손목에서 발생한 토크를 말초부(distal)의 토크로 간주하여 가시점(proximal)인 어깨관절의 토크에서 제외시켜서 어깨관절의 순수관절토크를 구하였다. 손목관절과 마찬가지로 어깨에 구성된 지역축의 각각 x, y, z축에 대한 왼팔의 회전을 나타내었다. 따라서 다음과 같이 해석할 수 있다.

왼쪽어깨에 발생한 왼팔의 회전 중 x축을 중심으로 한 회전은 어드레스시 흉곽의 앞쪽으로 나온 축을 중심으로 한 회전이므로 어깨에 대한 왼팔의 내전(adduction), 외전(abduction)방향과 유사하다. 따라서 내전방향으로의 회전은 (-), 외전방향으로의 회전은 (+)로 나타난다.

y축을 중심으로 한 회전은 어드레스시 흉곽의 왼쪽 방향을 향해 설정된 축을 중심으로 한 회전이므로 어깨에 대한 왼팔의 굴곡(flexion)과 신전(extension)방향과 유사하다. 따라서 굴곡방향으로의 회전은 (+)로 신전방향으로의 회전은(-)로 나타난다.



torque	(+)	(-)
X_{sdr} rotation	abduction torque	adduction torque
Y_{sdr} rotation	flexional torque	extensional torque
Z_{sdr} rotation	external rotation torque	internal rotation torque

* 어드레스 시 왼쪽 어깨의 지역축을 기준으로 왼팔의 flexional- extensional torque: 어깨의 굴곡-신전방향 회전, abduction-adduction torque: 어깨의 외전-내전방향 회전, external-internal rotation torque: 왼팔의 외측-내측방향 회전

그림 7. 어깨관절의 토크

z축을 중심으로 한 회전은 어드레스시 흉곽의 위쪽 방향을 향해 설정된 축을 중심으로 한 회전이므로 어깨에 대한 왼팔의 내측 회전(internal rotation), 외측 회전(external rotation)의 방향과 유사하다. 따라서 내측회전 방향은 (-)로, 외측회전방향은 (+)로 나타난다.

어깨의 관절토크는 x축을 중심으로 0.18sec 이후 내전방향으로 767Nm까지 회전을 보인다. 그 후 0.21sec 이후 급격히 내전방향의 회전을 감소시킨다. 0.28sec를 지나 임팩트와 릴리즈까지 외전 방향의 회전이 발생하였다. 이 현상은 왼팔의 스윙이 일어나기 전에 흉곽의 회전에 의해 끌려온 왼팔이 0.18-0.22sec사이에 내전방향의 회전을 일으킨 것으로 간주된다. 이후 흉곽의 회전이 멈추고 왼팔의 스윙이 x축을 중심으로 타깃방향으로 이루어지는 것으로 나타났다.

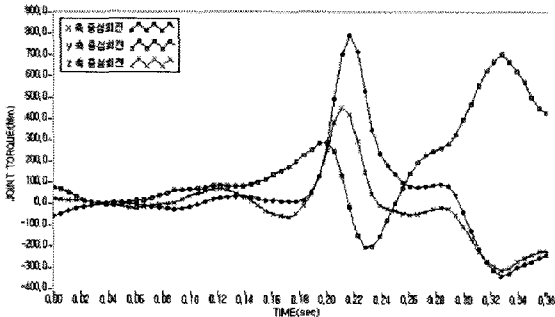
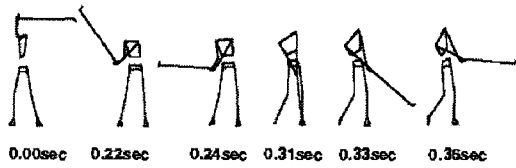
z축을 중심으로 한 회전은 0.18~0.21sec에서 내측회전이 일어나는데 이 현상도 x축과 같이 몸통의 회전에 의해 왼팔이 끌려오는 현상중의 하나로 보인다. 그 후 임팩트와 릴리즈까지 외측회전을 일으키고 있으며 이 방향은 타깃방향과 동일하다.

y축을 중심으로 한 회전은 0.20~0.23sec에서 굴곡방향회전이 나타났고 그 후 임팩트와 릴리즈(0.33sec)까지 신전방향의 회전으로 선회하는 것으로 나타났다. 이것은 임팩트(0.31sec)직전부터 왼팔분절의 회전을 감소시켜 클럽의 회전을 높이기 위한 동작으로 보인다. 따라서 몸통 쪽으로의 회전의 발생이 나타났다.

2.3 요추부위의 토크

요추부위의 경우 골반의 질량중심점(center of mass)에 구성해 놓은 지역축에 대한 흉곽의 회전을 표현하였다. 이 부위도 앞선 어깨 부위와 마찬가지로 말초부(distal)인 어깨의 기시점인(proximal) 요추부위에서 제외시켜서 요추부위의 관절토크를 구하였다. 따라서 다음과 같이 해석할 수 있다.

흉곽의 골반에 대한 회전 중 x축을 중심으로 한 회전은 어드레스 시 앞쪽으로 y축을 중심으로 한 회전이므로 요추부위의 좌우 기울임의 방향과 유사하다. 따라서 요추부위의 오른쪽 기울임(right side bending)은 (+)로 왼쪽 기울임(left side bending)은 (-)로 표현된다.



torque	(+)	(-)
X_{lt} rotation	right side bending	left side bending
Y_{lt} rotation	flexional torque	extensional torque
Z_{lt} rotation	left rotation torque	right rotation torque

* 어드레스 시 골반의 지역축을 기준으로 흉곽의 flexional-extensional torque: 요추의 골곡 신전방향 회전, left-right side bending: 요추의 좌-우 기울임, left-right rotation torque: 요추의 좌-우측방향 회전

그림 8. 요추부위의 토크

z축을 중심으로 한 회전은 어드레스 시 골반의 수직 축을 지역축으로 구성하여 그 축을 중심으로 한 회전을 나타낸 것이므로 요추부위의 우측회전(right rotation)과 좌측회전(left rotation)의 방향과 유사하다. 외측회전일 경우 (+)로 내측회전일 경우 (-)로 표현된다.

요추부위의 관절토크는 x축을 중심으로 0.19sec 이후 0.22sec까지 오른쪽 기울임(right side bending)쪽에서의 회전이 795Nm까지 일어나고 그 후 급격히 감소한다. 임팩트 직전 구간에서 들어서면서 85Nm정도의 회전으로 오른쪽 기울임이 유지되다가 임팩트 직전에 0.30sec에서 왼쪽 기울임(left side bending)방향으로 회전이 발생한다. 이는 릴리즈까지 흉곽의 더 이상의 회전 없이 스윙을 하고 있는 것으로 판단된다.

z축을 중심으로 0.19sec 이후 0.21sec까지 좌측회전(left rotation)방향으로 흉곽이 회전하다가 0.24sec까지 급격히 감소한다. 임팩트 직전구간에서 거의 회전 없이 유지하다가 0.29sec에서 우측회전(right rotation)이 발생하는데 이것은 타깃방향의 반대 방향으로서 임팩트와 릴리즈 구간에서 더 이상의 좌측회전을 일으키지 않

기 위해 나타난 현상이다.

y축을 중심으로 한 회전은 0.10sec부터 서서히 골곡방향으로의 회전이 일어나 0.20sec에서는 290Nm의 회전이 발생한다. 그 0.20~0.23sec까지 신전방향으로의 회전이 나타나다가 임팩트 구간까지 급격히 선회하여 골곡방향으로 회전이 작용한다. 이는 릴리즈까지 702Nm의 토크를 발생시켰다.

IV. 결 론

관절에서 발생한 관절토크(Joint Torque)를 알아본 결과, 다운스윙구간에서 손목관절의 토크와 어깨관절의 토크는 타깃반대방향으로 토크를 발생시키고 요추부위에서는 타깃방향으로 토크가 발생했다. 임팩트와 릴리즈 구간에서는 손목관절의 토크가 타깃반대방향에서 타깃방향 쪽으로 전환되면서 그 토크의 크기가 증가하는 것으로 나타났다. 하지만, 반대로 요추부위의 토크는 타깃반대 방향으로 젖혀지는 듯한 토크를 보인 것으로 나타났다.

말초분절(club-arm-shoulder)의 관절들은 다운스윙 시작 단계에서 기시분절(thorax-pelvis)의 관절 토크가 발생하면서 운동방향의 반대방향으로 토크가 발생했고 그 후 기시부의 관절토크가 감소하면서 말초부의 관절 토크가 증가 하는 현상을 보였다. 따라서 회전하고 있는 기시부인 골반(low trunk)이 연결된 요추부위 토크의 급격한 감소는 흉곽(upper trunk)과 나머지 말초분절(arm - club)에서의 모멘트(moment)와 관절토크를 증대시키는 효과를 보였다.

참 고 문 헌

임정, 문건필(2005). Inverse Dynamics 함수를 이용한 골프 스윙 3분절시스템의 적용. 한국운동역학회지, 2005. 제15권 2호 56-67.
 황인승, 이성철, 강민식, 김주선 (1990). 골프스윙의 운동역학적 분석. 연세논총. 연세대학교
 Abdel-Aziz, Y.I. & Karara, H.M. (1971). Direct Linear Transformation. : from comparator coordinates

- into object coordinates in close-range Photogrammetry, Urbana Illinois(pp. 1-19). Falls Church, VA : *American Society of Photogrammetry*.
- Evans, C. and Oldreive, W. (2000). A study to investigate whether golfers with a history of low back pain show a reduced endurance of transverse abdominis. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 8(4), 162-174.
- Hosea, T.M, Gatt, C.J., Galli, K.M, Langrana, N.A and Zawadsky, J.P. (1990). biomechanical analysis of the golfer's back. *Science and Golf*. Proceedings of the world Scientific Congress of Golf. Cochran, A.J. (Ed), E & FN spon, London, 43-48.
- Pink, M, Perry, J. and Jobe, F.W. (1993). Electromyographic analysis of the trunk in golfers. *American Journal of sports Medicine*, 21, 385-388. & *Science Sports & Exercise*, 32(10), 1667-1673.
- Reyes, M. G., Mittendorf, A. (1999). A Mathematical Swing Model for a Long-Driving Champion : *Golf*, 13-19.

투 고 일 : 2006. 10. 30

심 사 일 : 2006. 11. 10

심사완료일 : 2006. 12. 20