



Electromyography 기법을 이용한 육상 크라우칭 스타트의 하체 근 동원 비교분석

신성휴* · 박기자**(성균관대학교)

ABSTRACT

Electromyography Analysis of Muscle Activities of Lower limb for Crouching Start Technique

Shin, Sung-Hyu* · Park, Ki-Ja*(Sungkyunkwan University)

Shin, S-H and Park, K-J. Electromyography Analysis of Muscle Activities of Lower limb for Crouching Start Technique. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 2, pp. 115-122. The purposes of this study were to analyze the muscle activities and the characteristics of muscle recruiting patterns of lower limb for crouching start technique using four elite sprint. The EMG technique was used to record muscle activities of both right and left sides of retus femoris, vastus medialis, biceps femoris, and gastrocnemius. Eight surface electrodes were placed on the surface of the selected muscles and one ground electrode was also attached on the back of neck(C7). One video camera was also used to record the crouching start motion to define 6 events and 5 phases for further analysis. The raw EMG data were filtered with band pass filter(10-350) to remove artifacts and then low pass filtered(4Hz) to find the linear envelope which resemble muscle tension curve. This filter EMG data were normalized to MVIC for the purpose of comparison between right and left sides muscle. The results of this study were as follows.

All four subjects showed that vastus medialis muscle activity was comparatively higher than those of retus femoris, biceps femoris, gastrocnemius. And left side of muscle activity was comparatively higher than right side of muscle activity. Therefore, when the subjects starting out crouching start position, we recognized that the muscle of lower limb showed interaction effect by each muscle.

KEY WORDS : MVIC, Dual electrode, Gastrocnemius

2003년 7월 2일(수) 접수

* Corresponding author, 교수, 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 스포츠과학과

** 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 스포츠과학과

I. 서론

육상경기는 크게 달리기로 구성되는 트랙(track)경기와 뛰뛰기와 던지기로 구성되는 필드(field)경기로 구분되어진다. 트랙경기 거리에 따라 단거리 달리기, 중장거리 달리기로 나누어진다(배성재 등, 1996).

단거리 달리기는 스타트(start), 중간 질주, 전력 질주, 피니시(finish)의 단계로 구분되며, 이 중 스타트가 전체 레이스의 10~15%를 차지한다(Jeff L. HosKisson, 1995).

단거리 종목에서는 정해진 거리내에서 최대의 수행력을 발휘하기 위해서는 스타트의 기술을 정확히 배우는 것이 매우 중요하다. 스타트 기술의 중요 포인트는 신호에 대한 빠른 반응, 중력의 효율적 이용, 인체 중심의 수평 방향 이동용이, 킥(Kick)에 의한 힘찬 출발에 있다. 특히 100m 경기에서 스타트는 경기의 승패를 좌우하는 중요한 부분이며 100분의 1초로 순위를 다투는 경기에서 빠르고 힘찬 스타트는 필수적이다(스포츠과학연구소, 1984). 따라서 보다 나은 기록 갱신과 세계적인 경기력 수준으로서의 향상을 위해서는 과학적인 동작 기술의 발달과 효율적인 트레이닝 방법이 필요하다.

이에 관한 선행연구들을 살펴보면, Ozolin(1988)은 스타트의 기술적인 면과 하지의 근력에 대하여 논하였으며, Guissard(1992)은 EMG를 통하여 스타트시 동원되는 하지의 주동근을 분석하였으며, 백형훈외2명(2002)은 EMG를 사용하여 측정된 결과 오른쪽 블록을 제대로 밀어주는 것이 효과적이라고 논하였으나, 하지 근육간의 비교를 할 수 있는 자료처리의 정량화 작업이 수반되어야 한다고 사료된다. 또한 단거리 경기에서 중요시 다루어지는 스타트에 관한 연구들이 수행되어왔으나, 운동학적연구(신성휴, 1982; 정재진, 1988; 이언석, 1993; 장영섭; 1999 등)들이 대부분이었다.

따라서 본 연구에서는 단거리 경기 크라우칭 스타트 수행시 동원되는 하지 근육을 중심으로 근전도를 측정하여 하지 근육간의 활동성을 평가해 보고자하며, 본 연구를 통해 좌우 근육간을 비교함으로써 좌우 근육의 바른 트레이닝법을 개발할 수 있는 기초자료로 제공하여 기록향상에 도움이 되 고자 한다.

II. 연구 방법

1. 피험자

본 연구는 국가대표급 육상선수 5명을 대상으로 피험자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

	피험자	나이(age)	몸무게(kg)	신장(cm)	경력(year)	종목	기록
단거리 선수	A(CWJ)	24	79	174	11	100M	10' 71"
	B(SMS)	22	68.2	172.3	11	100M	10' 71"
	C(LGW)	20	84.9	183	8	400M	49' 79"
	D(SY)	27	76.3	181	18	100M	10' 73"

2. 실험장비

본 실험에서 EMG 측정은 Telemetry 900(Noraxon, USA)을 이용하여 각 시기당 5초씩 측정하였으며, 이때 자료 샘플링 주파수는 1000Hz로 설정하였고, 동작구간 분석을 위해 비디오 카메라(Panasonic WV-CP 650, Japan; 60field/sec) 1대를 설치하였으며, 비디오 영상과 EMG 자료의 동조를 위해서 이벤트 동조기기(Visol, Korea)를 이용하였다.

3. 실험절차

피험자들에게 실험 목적과 주의사항을 전달하고, 양질의 EMG 자료를 얻기 위해 본 연구에서 선정한 하지의 좌·우측 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두, 비복근의 피부 표면의 털을 제거한 후, 알코올로 세척하여 Bipolar 표면전극(dual electrode, Noraxon, USA; 전극간 거리:1cm)을 부착하였으며, 접지전극은 목 뒤 경추 7번에 부착하였다.

EMG 측정은 Telemetry 900(Noraxon, USA)을 이용하여 각 시기당 5초씩 측정하였다. 이때 자료 샘플링 주파수는 1000Hz로 설정하였다. 매 수축운동시 EMG 측정 프로그램(MyoResearch 2.10)을 사용하여 MVIC를 기록하였으며, 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. MVIC 측정 후 각 피험자들은 자신이 선호하는 블록을 설치하고 실제 시합과 동일하게 제자리에-차렷-출발의 구령에 맞추어 실험을 진행하였다.

각 피험자간 근육별(좌·우측 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두근, 비복근) 최대 수의적 정적 수축(MVIC : Maximal Voluntary Isometric Contraction)을 Daniels and Worthingham's의 Muscle Testing(1995)에 기초하여 5초간 세 번 반복하여 측정하였으며, MVIC 측정시 사용한 테스트 방법은 다음과 같다.

1) 대퇴직근(Rectus femoris)

피험자는 검사대에 걸터앉힌 후 몸통의 안정을 위해 양손을 옆으로 벌려 검사대 위에 두거나, 검사대 모서리를 잡게 한다. 그리고 검사자는 피험자의 하지 옆에 선 후 저항을 주는 손은 발목 바로 위 원

위부에서 하퇴부의 앞쪽면을 가볍게 잡은 후 검사자는 저항을 아래쪽으로 무릎굴곡의 방향으로 가한다. 이때 피험자는 무릎관절이 신전상태로 유지하면서 5초동안 무릎을 최대한 신전되도록 시도 하였다.

2) 내측광근(Vastus medialis)

피험자는 검사하려는 측 하지를 위로 향하게 하고, 옆으로 누운 후 무릎을 약 90° 정도 굴곡한 상태로 유지한다. 그리고 검사자는 한쪽 팔로 대퇴부를 받치고 손은 무릎을 받쳐준다. 다른 손은 복사뼈 바로 위에 다리를 지지해준 후 고관절을 완전인 신전상태로 유지하면서 5초동안 최대한 신전되도록 시도 하였다.

3) 대퇴 이두근(Biceps femoris)

피험자는 하지를 곧게 펴고, 발가락을 검사대 끝에 걸치고 엎드려 눕힌 후 약 45° 정도 무릎굴곡 상태를 유지하게 한다. 검사자는 저항을 주는 손은 발목 바로 위 다리 후방부위를 가볍게 잡은 후 저항을 무릎 신전방향으로 가한다. 또 한쪽 손은 대퇴 후방부위의 슬와부 근육군의 건위에 위치시킨다. 이때 피험자는 무릎관절이 굴곡상태로 유지하면서 5초동안 무릎을 최대한 굴곡되도록 시도 하였다.

4) 비복근(Gastrocnemius)

피험자는 무릎을 신전시킨 상태로 검사발을 다리로 선 후 검사자는 피험자의 양 어깨에 손을 위치시킨 후 지면 위에서 아래로 저항을 가한다. 이때 피험자의 발이 최대 저축굴곡이 될 때까지 발꿈치를 들어 올리 후 5초동안 측정하였다

4. 자료 분석 및 처리

본 연구에서는 총 6개의 이벤트(RP : Ready Position, FHO : First Hand Off; SHO : Second Hand Off, RTO : Right Toe Off, LTO : Left Toe Off, RTO : Right Toe Off)로 나누어 분석하였으며, 이벤트를 총 5구면(P1 : Ready Position - First Hand Off, P2 : First Hand Off - Second Hand Off, P3 : Second Hand Off - Right Toe Off, P4 : Right Toe Off - Left Toe Off, P5 : Left Toe Off - Right Toe Off)으로 설정하여 분석하였다.

본 실험에서 얻어진 EMG Raw data를 Ascii file로 만든 후 측정된 이 근전도치들은 전자필터(Matlab Elliptic filter, 8차, 10⁻³ 350Hz Band-pass)를 이용하여 필터링 한 후 full wave rectification 처리를 거쳐 저역 통과 필터링(Butterworth, 7차) 시켰으며, 이때 차단주파수는 4Hz였다. 이 자료를 MVIC를 이용하여 표준화(normalization)시킨 후 결과를 도출하였다. 여기서 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용한 이유는 전과 정류된 신호를 저역 통과 필터를 사용하여 필터링을 하면 이때의 선형포락선(linear envelope)은 근육의 힘(tension)을 나타내는 그래프와 매우 유사한 특성을 갖기 때문이다(Winter, 1990).

III. 결 과

본 연구는 현 육상단거리 국가대표급 선수 4명을 대상으로 단거리 출발자세인 크라우칭 스타트시 하지의 좌·우측 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두, 비복근의 각 국면별 EMG 평균값을 측정하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 하지 근육의 국면별 평균값

하지 근육의 국면별 평균값의 결과는 <표 2>와 같다.

표 2. 하지 근육의 국면별 평균값

단위 : %MVIC

피험자	근육 국면(P)	원. 대퇴		오. 대퇴		원. 대퇴		오. 대퇴	
		직근	근	광근	광근	이두근	이두근	비복근	비복근
A	P1	35.01	11.03	89.42	35.01	25.53	19.18	12.11	88.25
	P2	71.63	34.57	170.80	183.70	103.82	61.10	58.69	239.28
	P3	134.37	54.12	131.27	260.98	89.48	51.14	177.35	202.73
	P4	183.13	52.48	231.97	209.66	22.01	39.62	190.57	31.22
	P5	114.62	54.41	302.03	239.74	23.27	93.63	22.28	77.69
B	P1	73.86	14.42	80.56	192.92	56.28	68.52	100.22	93.91
	P2	143.92	43.79	59.76	303.28	66.82	78.83	203.18	133.50
	P3	140.01	56.01	44.36	273.35	60.35	62.63	211.88	106.06
	P4	100.96	68.74	133.32	288.95	76.41	77.53	149.02	35.83
	P5	126.70	70.19	233.92	363.82	125.92	131.40	67.06	70.30
C	P1	21.03	15.86	50.55	40.75	39.26	53.86	23.09	36.66
	P2	86.07	69.38	40.14	117.18	79.64	64.70	57.81	60.82
	P3	121.10	91.36	35.98	82.67	46.25	37.39	70.04	28.87
	P4	111.25	75.23	126.78	67.65	29.93	45.81	61.02	7.72
	P5	97.71	61.35	150.05	67.34	73.99	54.07	20.41	68.37
D	P1	23.73	18.37	13.85	14.51	24.45	12.40	8.26	24.70
	P2	47.46	42.85	26.77	50.63	57.11	25.28	34.97	68.81
	P3	61.92	41.25	16.34	57.95	50.39	16.73	56.27	48.87
	P4	112.80	51.46	39.64	42.52	41.48	19.73	48.94	33.83
	P5	119.74	58.75	51.10	32.21	30.71	28.88	15.82	72.50

* P1 : Ready Position - First Hand Off, P2 : First Hand Off - Second Hand Off, P3 : Second Hand Off - Right Toe Off, P4 : Right Toe Off - Left Toe Off, P5 : Left Toe Off - Right Toe Off

〈표 2〉에서 나타난 바와 같이 하지 근육의 국면별 EMG 평균값을 살펴보면, 피험자 A는 P1에서 왼쪽 내측광근(89.42%)과 오른쪽 비복근(88.25%)이 높게 나타났으며, 비복근을 제외한 다른 근육들에서는 왼쪽이 오른쪽보다 높게 나타났다. P2에서는 오른쪽 비복근(239.28%)에서 높게 나타났고 내측광근과 비복근에서만 오른쪽이 크게 나타났다. P3에서는 오른 내측광근(260.98%)이 높게 나타났으며, 내측광근과 비복근에서 오른쪽이 크게 나타났다. P4에서는 왼쪽 내측광근(231.97%)에서 높게 나타났으며, 오른 대퇴이두근을 제외한 다른 근육들에서는 왼쪽이 오른쪽보다 높게 나타났다. P5에서도 왼쪽 내측광근(302.03%)에서 높게 나타났고, 대퇴이두근과 비복근에서 오른쪽이 왼쪽보다 높게 나타났다.

피험자 B는 오른쪽 내측광근이 P1(192.92%), P2(303.28%), P3(273.35%), P4(288.95%), P5(363.82%)에서는 높게 나타났으며, P5에서 오른 비복근이 왼쪽보다 높게 나타난 것을 제외하고 대퇴직근과 대퇴이두근, 비복근은 왼쪽이 오른쪽보다 높게 나타났다.

피험자 C는 P1에서 오른쪽 대퇴이두근(53.86%)이 높게 나타났으며, 대퇴이두근과 비복근은 오른쪽이 왼쪽보다 높게 나타났다. P2에서는 오른쪽 내측광근(117.18%)에서 높게 나타났고 내측광근과 비복근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P3에서는 왼쪽 대퇴직근(121.1%)이 높게 나타났으며, 내측광근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P4에서는 왼쪽 내측광근(128.78%)에서 높게 나타났으며, 대퇴이두근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P5에서도 왼쪽 내측광근(150.05%)에서 높게 나타났고, 비복근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 높게 나타났다.

피험자 D는 P1에서 왼쪽 대퇴이두근(23.73%)과 오른쪽 비복근(24.7%)이 높게 나타났으며, 내측광근과 비복근은 왼쪽이 오른쪽보다 높게 나타났다. P2에서는 오른쪽 비복근(68.81%)에서 높게 나타났고 내측광근과 비복근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P3에서는 왼쪽 대퇴직근(61.92%)이 높게 나타났으며, 내측광근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P4에서도 왼쪽 대퇴직근(112.8%)에서 높게 나타났으며, 내측광근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 크게 나타났다. P5에서도 왼쪽 대퇴직근(119.74%)에서 높게 나타났고, 비복근에서만 오른쪽이 왼쪽보다 높게 나타났다.

IV. 논 의

본 연구는 단거리 육상선수 4명을 대상으로 크라우칭 스타트 동작시 동원되는 하지 근육을 중심으로 근전도를 측정하여 하지 근육간의 활동성을 평가하기 위해 좌·우 근육간을 비교 분석하였다.

크라우칭 스타트시 피험자 A와 B는 왼쪽 대퇴직근과 오른쪽 내측광근에서 큰 활동이 큰 것으로 나타났으며, 두 팔이 지면에서 떨어지는 P3에서 왼쪽, 오른쪽 비복근의 큰 활동이 큰 것으로 나타나 본 연구의 피험자들은 왼쪽, 오른쪽 하지의 추진력이 유사한 것으로 사료되며, 이는 Delecluse 외 5

명(1995)은 높은 강도의 저항과 속도 훈련이 단거리선수들에게 미치는 영향에서 오른쪽 보다 왼쪽 하지의 추진력이 높은 선수들이 좋은 기록을 가지고 있었다고 언급한 결과와 같이 피험자들 중 피험자 A와 B가 가장 좋은 기록을 보유하고 있으므로 본 연구와 일맥상통한다고 볼 수 있다.

Kraan 외 3명(2001)등은 스탠딩 스타트 자세에서 한 발을 뒤로 빼서 출발을 하는 것은 짧은 시간 안에 밀어내는 힘을 얻는 것과 동시에 최대의 힘을 얻기 위해서이며, 또한 보다 신속히 가속도를 얻어서 빠른 출발을 위함이라고 밝힌바 있다. 크라우칭 스타트 역시 출발의 한 형태로서 스타트 블록에서 준비를 할 때 한 발을 뒤로 빼게 된다.

본 연구에서는 모든 피험자들이 오른발을 뒤로 빼서 실험에 임하였으며, 이때 선행연구에서 언급한 바와 같이 뒤쪽에 있는 발을 신속하고 강하게 밀어주는 것이 출발에서 중요한 요소이다. 따라서 오른쪽 하지의 근 활동이 클수록 블록을 밀어내는 힘이 증가하게 됨으로써 빠른 출발을 할 수 있다. 따라서 크라우칭 스타트 동작시 하지 좌우의 근육을 활용할 수 있는 훈련법이 개발되어야 할 것이며, 선수의 오른쪽 근력에 맞는 스타팅 블록의 길이와 높이를 조절하여 훈련시키는 것이 경기력 향상에 기여할 수 있을 것이라 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 육상 크라우칭 스타트 동작시 하지 근육간의 활동성과 좌우 근육의 EMG 분석을 통해 추정하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 육상 단거리 국가대표급선수 4명을 대상으로 하지의 좌우측 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두, 비복근에 표면전극을 부착하여 근 활동을 EMG 기법을 통해 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 하지의 근 활동성은 피험자간 약간의 차이를 보였으나, 전체적으로 내측광근이 높았으며, 대퇴직근, 비복근, 대퇴이두근의 순으로 나타났다.

둘째, 하지 좌우 근 활동성은 왼쪽 대퇴직근이 오른쪽 대퇴직근 보다 높았으며, 오른쪽 내측광근이 왼쪽 내측광근 보다 높았고, 대퇴이두근에서는 피험자 C, D는 왼 대퇴이두근이 피험자 A, B는 오른쪽 대퇴이두근의 근 활동성이 높았다. 비복근의 근 활동성에서는 피험자 A, C, D가 P1, P2, P3에서 오른 비복근이 높게 나타났으며, 피험자 D는 P5에서만 오른 비복근이 높게 나타났다.

이를 종합해 보면, 하지의 좌우 근육들이 상호적으로 작용하고 있음을 알 수 있으며, 이는 스타팅 블록에 의한 출발은 몸의 중심이 앞쪽으로 향하여 불안정한 상태이므로 좌우의 근 활동에 의한 힘의 불균형을 제거하기 위하여 근육들이 상호적인 작용을 하고 있었다. 따라서 기록의 향상을 위해

서는 출발과 동시에 불안정한 상태의 동작을 수평추진력으로 전이할 수 있는 훈련법과, 출발 시 하지의 균형적인 근력향상이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 백형훈, 권오성, 성봉주 (2002). 크라우칭 스타트시 단거리선수와 일반인의 근전도 비교. *한국체육학회지*, Vol.41(4), pp. 581-589.
- 스포츠과학연구소 (1984). *육상경기의 코칭(1)*. 서울 : 대한체육회, pp. 175-179.
- 신성휴 (1982). Crouching Start의 기능학적 분석. *성대논문집*, 제31지. pp. 383-396.
- 이언석 (1993). 육상 단거리 출발유형별 동작 분석. 미간행 석사학위논문, 부산대학교 교육대학원.
- 장영섭 (1999). 육상 단거리 차렷동작의 고관절 높이와 출발 동작의 운동학적 요인과의 관계. 미간행 석사학위 논문, 한국체육대학교 대학원.
- 정재진 (1988). Crouching Start의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문, 성균관대학교 교육대학원.
- Daniels and Worthingham's (1995). *Muscle Testing*. W. B. Saunders Company.
- Delecluse C., Van Coppenolle H., Willems E., Van Leemputte M., Diels R., Goris M. (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), pp. 1203-1209.
- Kraan G. A., Van Veen J., Sniijders C. J., Storm J. (2001). Starting from standing; Why step backward?. *Journal of Biomechanics*, 34, pp. 211-215.
- Guissard N, Duchateau J, Hainaut K. (1992). EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities.
- Hos Kissan. Jeff. L. (1992). Sprint start. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(11), pp. 1257-1263.
- Marras W. (1987). Preparation, recording and analysis of the EMG signal, *Trends in Ergonomics/Human Factors IV*, Elsevier Science Publishers B. V., 701-707.
- Ozolin (1988). The Technique of the sprint start. *Modern Athlete and Coach*. Vol.26(3), pp. 38-39.
- Proakis, J. and Manolakis, D. (1996). *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications (3rd Ed.)*, Prentice Hall Inc.
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 2nd Ed. A Wiley-Interscience Publicatio.