

Expert System과 CAD를 이용한 역도경기 동작의 분석·평가방안

(An Analysis of Weight-lifting Motion
Using an Expert System and CAD Routine)

이 면 우*

Abstract

This study is concerned on computerized analysis of COG, torques and EMG amplitudes in weight-lifting motion. The results show that;

(1) torques on major joints show a rather consistent relationship with respect to the sequence of four distinct motions in weight-lifting, (2) analysis of EMG amplitudes is a sensitive measure of both athlete's skill and his potential capability, and (3) range of COG variations can be used as indicator of motion stability, existence of undesirable posture, and target muscle for intensive training.

A computerized routine, which includes analyses on COG, EMG and torque, is a scientific tool for coaching athletes.

In addition, an Expert System which includes CAD routine was developed in order to promote better understanding for athletes and coaches.

1. 서 론

역도경기의 생체역학적 연구결과에 의하면 역도의 순간동작 분석과 한계근육 및 한계 근력의 파악을 통한 인간공학적인 분석이 기록향상에 커다란 기여를 할 수 있는 것으로 판명되었다. [16, 17, 18, 20, 21, 22] 이는 과거 경기력과 몸무게의 상관관계를 다룬 통계적 접근방법에 의한 연구보다 개선된 방안을 제시하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 과거의 연구 결과물 토대로 다음과 같이 설정되었다.

• 자세-근력-토크(torque)의 연관관계 : 역도선수 각 지체(body segment)의 이동속도 및 가속도에 따른 토크를 측정하여, 일상 훈련과정에서 각 지체 및 근육의 근력-토크, 운동속도-토크의 관계를 용이하게 분석한다.

• 동작자세-COG의 역학적 분석 : 역도선수의 자세 변화에 따른 COG 위치 변화 및 이동속도 변화를 분석하고, 그 변화과정을 도면(graphical representation)으로 제시하여, 생체역학적(biomechanical) 해석이 현장의 코치와 선수에 의해 활용될 수 있는 체계를 구축한다.

*서울대학교 工科大学 産業工學科

•역도동작 단계별 발휘근력 분석 : 주동근육 (recruited major muscle groups)의 EMG 분석을 사진분석(film analysis)과 연관시켜 동작 구분에 따른 주동근육의 동원유무 및 동원시기를 파악함과 동시에, 미숙련자의 발휘근력(level of exertion)에 따른 EMG 분석을 기존 역도선수의 분석과 병행하여 합리적인 역도선수의 평가 및 비교방안을 제시한다.

•CAD와 Expert System 응용 : 과거 연구 결과의 효율적인 현장 활용을 도모하기 위하여, graphic output으로 표현하는 CAD와 전문가의 견제도(Expert System)를 응용하여 하나의 전산 program으로 완성한다.

2. 연구의 배경

역도경기에 대한 연구가 1982년부터 Lee Myun et. al. 에 의해 지속적으로 수행되었다.

1982년 압력판에서 발생하는 전위차와 사진분석에 의한 각 지체의 위치자료로부터 자세의 변위를 분석하였고, 1983, 84년에 걸쳐 사진분석·EMG 분석·COG 분석등이 종합적으로 이루어졌다. 그 내용은 Figure 1과 같다.

3. 연구방법

본 연구는 역도경기에 대한 여러 연구를 토대로 하여 역도경기의 장기적이고 종합적인 연구 방법론을 개발하고자 한다. 이러한 체제를 구축하기 위한 연구의 접근방법은 Figure 2와 같다.

3.1 피실험자의 선정

본 연구의 피실험자는 선수촌내의 국가대표 역도선수 SJH (52kg class), KJM (90kg class)이 선정되었다. 감독과 코치의 적극적인 연구참여와 함께 많은 대표선수의 지원이 있었으며,

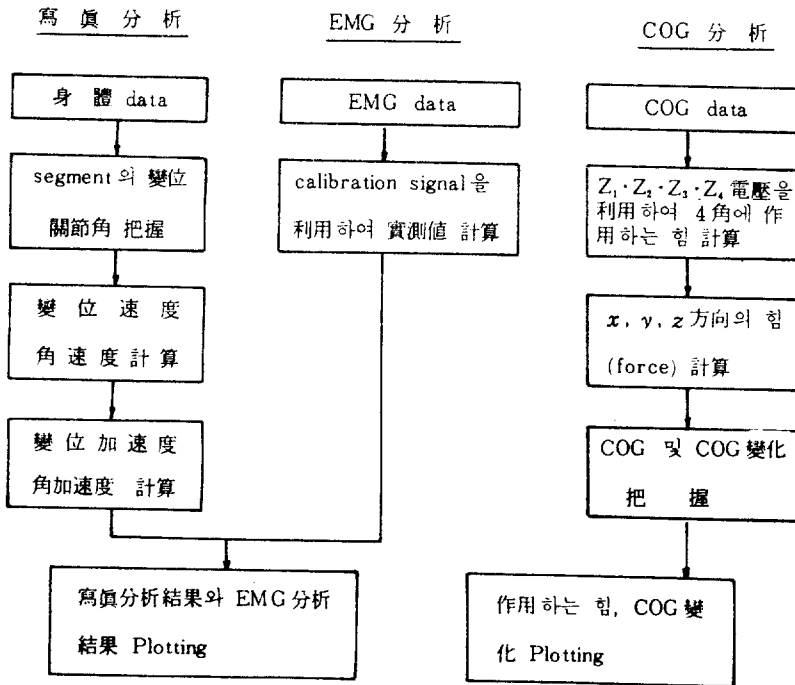


Figure 1. State-of-the-art

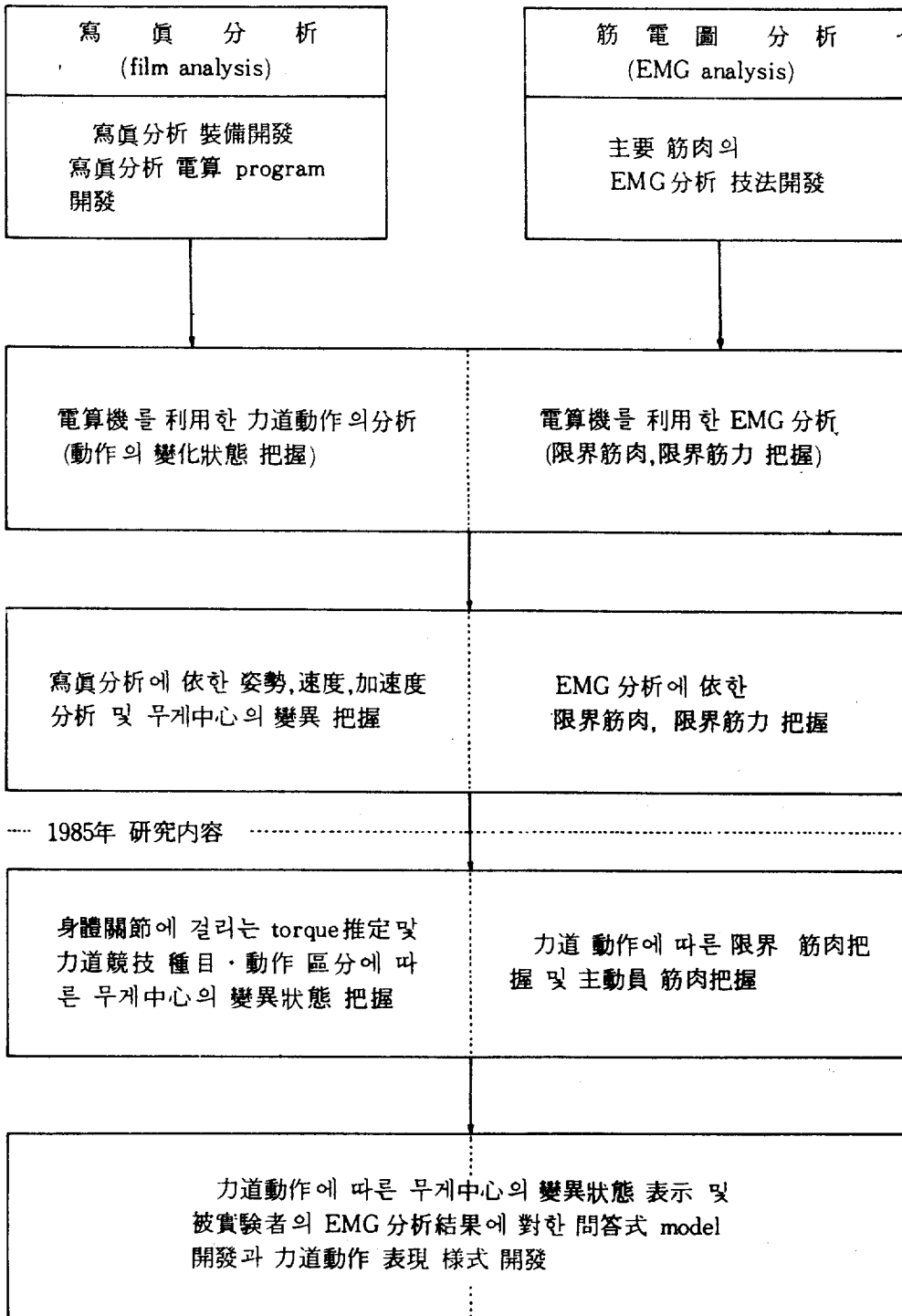


Figure 2. Structural approach of the study

피실험자로는 훈련계획에 큰 지장이 없고 동작·기록이 상당한 수준에 있는 선수 2명이 선정되었으며, 선정기준이 되는 체급, 경기력 등은 감독과 코치의 토의를 통해 결정되었다.

실험은 올림픽 경기종목인 Clean & Jerk와 Snatch에 대하여 실시되었으며, 신체측정 및 역기의 무게, 체급 등은 Table 1과 같다.

Table 1. Subject Characteristics

姓名	年齢	體重(kg)	體級	種 目	力器의무게(kg)
SJH	23	55	52	Clean & Jerk	60
				Snatch	60
KJM	18	89	90	Clean & Jerk	60
				Snatch	80

3.2 실험기기

본 연구의 실험기기는 크게 사진분석기기, EMG 측정기기, COG 측정장비, 기록 및 분석장

비로 구분될 수 있다. 사진분석기기로는 16 mm movie camera, video camera, film reader, EMG 측정기기로는 telemetry system, oscilloscope, COG 측정장비로는 압력판(force platform), 기록 및 분석장비로는 FM tape recorder, A/D converter, plotter, PDP 11/44, graphic terminal 등이 사용되었다. 선수의 역도동작 측정을 위한 실험기기의 구성은 Figure 3과 같다.

3.3 Computer를 이용한 분석방안

본 연구의 토오크, EMG 및 COG의 분석을 위해 사진분석 결과 자료와 EMG 측정 자료를 입력file로 하여 다음과 같은 6개의 분석 program이 개발되었다.

COG.FTN : 선수의 동작에 따른 무게중심(COG)을 구한다.

ACCEL.FTN : 선수의 동작에 따른 가속도를 구한다.

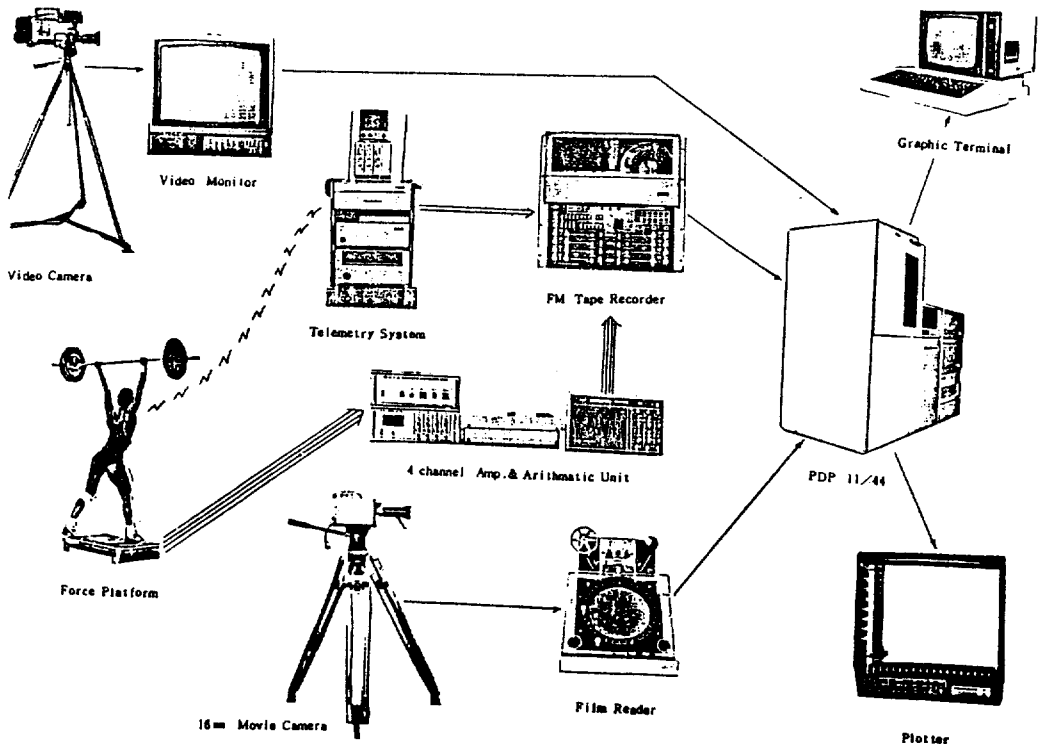


Figure 3. Experimental equipment layout

MOMENT : 선수의 동작에 따라 관절에 걸리는 토크 및 link force 값을 구한다.

ARC.FTN : 선수의 연속동작과 무게중심의 변이를 그린다.

MOTION : 3 차원 공간에서 본 선수의 역도동작을 그린다.

RECRUIT : 경기종목, 선수동작에 따라 동원되는 근육의 종류 및 동원시기를 나타낸다.

6 개 분석program의 연관관계는 Figure 4와 같다.

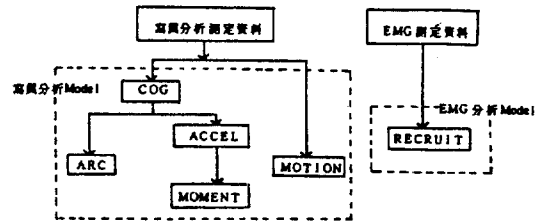


Figure 4. Structure of Expert System

4. 분석결과

3. 3 Computer 를 이용한 분석방안에서 개발된 program에 의해 제시된 결과는 Table 2, Table 3, Figure 5 등과 같이 나타났다.

Table 2. Result of film analysis

Z-AXIS FORCE (NEWTON)									
	I	TIME	WRIST	ELBOW	SHOULDER	HIP	KNEE	ANKLE	BALL
SUBJECT : KIM JONG MYUNG									
WEIGHT : 90 (KG)									
BODY WEIGHT : 99 (KG)									
1ST PULL	I	0.198	1173.45	1211.29	1280.04	1950.57	2159.54	2338.62	2265.94
	I	0.291	245.30	295.12	345.62	742.41	920.78	1009.01	1034.50
	I	0.375	991.37	910.93	959.04	1409.34	1589.59	1668.35	1694.27
	I	0.449	1124.37	1159.14	1218.97	1766.91	1950.79	2031.24	2059.44
	I	0.543	842.54	901.54	954.20	1517.40	1708.84	1789.54	1818.03
2ND PULL	I	0.655	1217.71	1241.12	1313.39	1702.97	1929.84	2021.46	2050.94
	I	0.750	985.12	1024.42	1119.11	2021.09	2209.04	2289.79	2318.53
	I	0.844	1024.18	1071.65	1147.39	1713.14	1991.75	1940.24	1943.13
	I	0.939	1238.92	1275.74	1345.41	1912.12	2009.66	2099.04	2122.68
	I	1.031	730.03	768.43	834.43	1271.39	1466.11	1563.10	1590.17
	I	1.125	1207.07	1248.45	1313.24	2119.69	2518.72	2650.08	2694.27
	I	1.219	846.18	852.07	927.00	466.20	492.20	526.48	547.51
LOCK OUT	I	1.313	846.18	834.71	820.24	798.46	770.23	795.84	819.02
	I	1.406	450.42	459.38	481.35	714.40	793.41	852.08	876.15
	I	1.500	-234.75	-163.55	-74.19	393.07	586.14	709.61	741.04
	I	1.594	-4.77	-21.20	1.46	938.11	1073.68	1184.75	1222.12
	I	1.689	207.97	250.89	330.92	1027.24	1238.97	1291.58	1299.61
	I	1.781	1106.01	1137.12	1199.30	1757.10	1903.37	2002.40	2024.88
STAND UP	I	1.875	918.73	850.98	997.25	1270.15	1450.55	1528.03	1555.08
	I	1.969	846.18	896.23	954.05	1326.83	1741.50	1824.20	1850.68
	I	2.063	1140.73	1179.51	1251.05	1990.52	2225.86	2318.79	2349.28
	I	2.156	846.35	881.41	937.92	1353.50	1488.71	1553.39	1578.97
	I	2.250	1075.63	1115.19	1184.09	1859.16	2079.96	2172.92	2204.29
	I	2.344	797.09	929.04	884.71	1343.59	1509.38	1591.93	1607.26
	I	2.438	1108.01	1152.78	1227.24	1899.75	2114.68	2194.65	2233.13
	I	2.531	953.28	895.19	919.68	1415.22	1622.51	1706.98	1732.84
	I	2.625	1199.69	1240.79	1305.16	1842.97	2021.64	2110.89	2143.11
	I	2.719	665.17	698.01	753.82	1224.84	1404.91	1472.13	1495.17
	I	2.813	649.80	673.72	713.09	1141.83	1351.51	1442.95	1472.19
I	2.906	955.53	990.87	1044.85	1739.27	1899.55	1994.83	2015.34	
I	3.000	474.66	503.89	549.03	918.91	1074.99	1140.09	1164.24	

SNATCH - COG

SUBJECT A: KJM - 90KG CLASS

80KG BARBELL

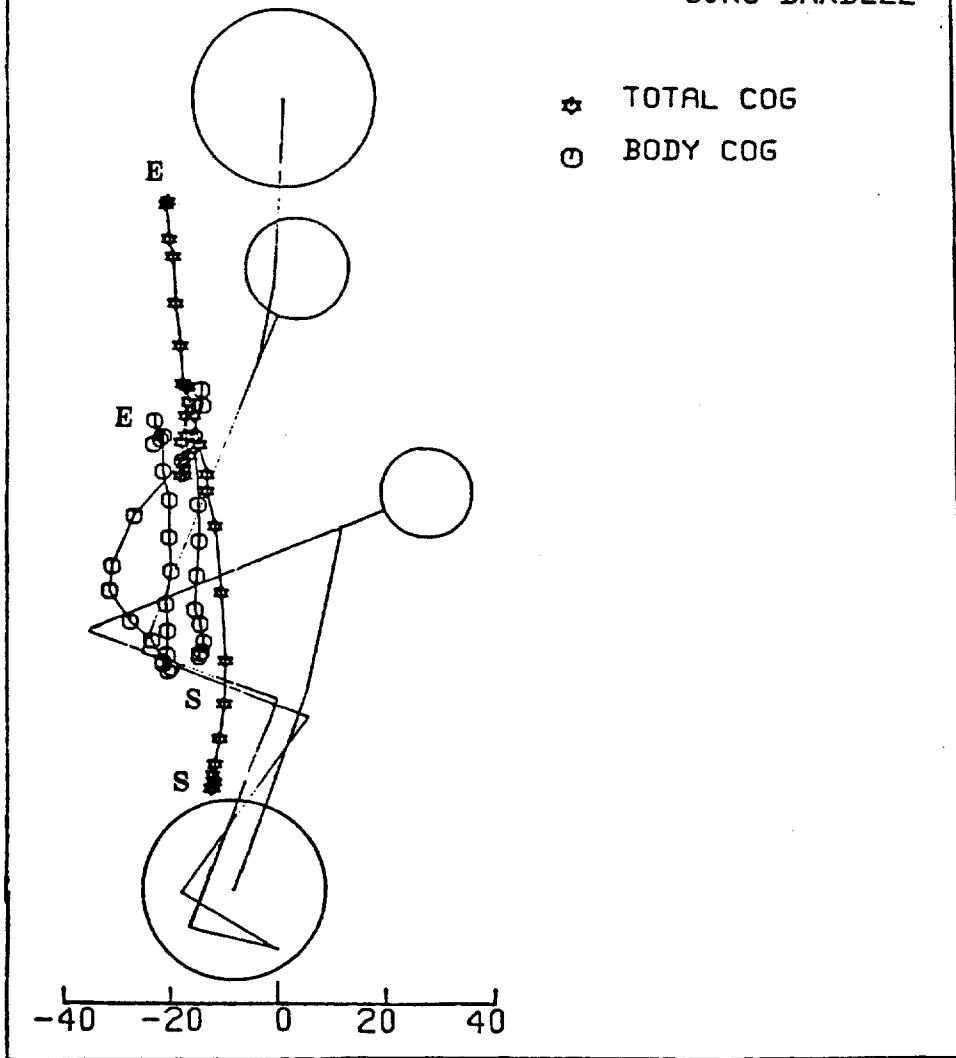


Figure 5. Result of COG analysis

5. CAD와 Expert System 의 역도경기에의 응용

Expert System 이란 1970년대 후반에 등장한 새로운 컴퓨터 활용분야로 특정분야의 전문적 지식을 컴퓨터에 입력시킴으로써, 전문지식과 컴퓨터 이용경험이 한정된 실무자들이 전문가 수준의 업무를 수행할 수 있도록 지원하는 컴퓨터 소프트웨어 System이라 할 수 있다.

지식(knowledge)은 두가지 종류로 공적인 지식과 사적인 지식으로 나눌 수 있다. 공적인 지식은 학문분야마다 전형적으로 복합된 정의, 실무, 정리 등이라 할 수 있다. 전문지식은 이 공적인 지식 이상의 것으로 사적인 지식을 포함하며, 이 사적인 지식은 휴우리스틱스(heuristics)라 불리는 경험법칙(rule of thumb)을 포함하고 있다. 이 휴우리스틱스는 전문가로 하여금 필요할 때에 교육된 추리를 할 수 있고, 문제에 대한 바람직한 접근방향을 인식하고 불안정한 자료를 효과적으로 다룰 수 있도록 한다. Expert System은 이러한 지식을 설명하고 실무자의 분석업무의 지원을 주목적으로 한다. [35]

Expert System의 적용이 필요한 곳은

- 전문이론을 적용하는 현장의 여건변화가 심한 실무부서
 - 모호하거나, 어려운 이론이 필요하여 전문가의 자문이 수시로 요구되는 업무
 - 관계자료보다는 전문가의 특수한 지식을 기초로 하는 작업(knowledge based area)
 - 업무의 범위와 내용이 특수하여 일반적인 지식으로는 문제의 해결이 어려운 분야
- 등이라 할 수 있다.

Expert System을 역도경기에 도입함으로써 on-line 측정, 분석방안에 활용할 수 있다. 즉, 컴퓨터 program의 내용에 익숙치 않은 선수나 코치가 컴퓨터 단말기의 화면에 나타나는 menu를 보고 그들이 원하는 특수한 분석방법을 선택하여, 요구하는 과학적인 경기지도를 연계함

으로써 선수와 코치가 수시로 이용할 수 있는 소프트웨어용 Expert System을 구축할 수 있다.

본 연구에서 개발된 선수의 동작모형을 관찰하는 분석방법은 다음 절차를 따라 진행된다.

STEP 1. 선수의 신체 관절에 대한 위치 자료를 컴퓨터에 입력시킨다.

STEP 2. Program을 run시키면 다음과 같은 안내문이 화면에 나타난다.

지금 역도선수의 3차원 좌표를 계산하고 있습니다.

잠시 기다려 주십시오.

STEP 3. 약 20초를 기다리면 다음과 같은 질문내용이 나온다.

어떤 자세를 보시려 합니까?

-
- 1 : 1ST PULL 2 : 2ND PULL
3 : LOCK OUT 4 : STAND UP
-

보고 싶은 그림은(#)?

STEP 4. 이때 원하는 자세에 대응하는 숫자를 누른 후 Return key를 누르면 다음과 같은 질문내용이 나타난다.

-
- 1 : 정면도 2 : 측면도
3. 평면도 4 : 투시도
-

보고 싶은 그림은(#)?

STEP 5. 이때 원하는 내용에 대응하는 숫자를 누른 후 Return key를 누르면 다음과 같은 menu 내용이 나타난다.

(MENU)

1. 화면 크기 2. 최대 크기

어떤 그림 크기를 원하십니까?

STEP 6. 원하는 크기에 원하는 숫자를 누른 후 Return key를 누르면, 잠시후에 역도선수의 동작모형이 화면에 그려진다.

이상에서 설명한 방법을 통하여 얻어진 결과는 Figure 6과 같다. (Figure 6 : 용상의 4단계 구분에 대한 $\phi = 140^\circ$, $\theta = 45^\circ$ 의 위치에서 관찰할 때의 clean & Jerk 동작모형)

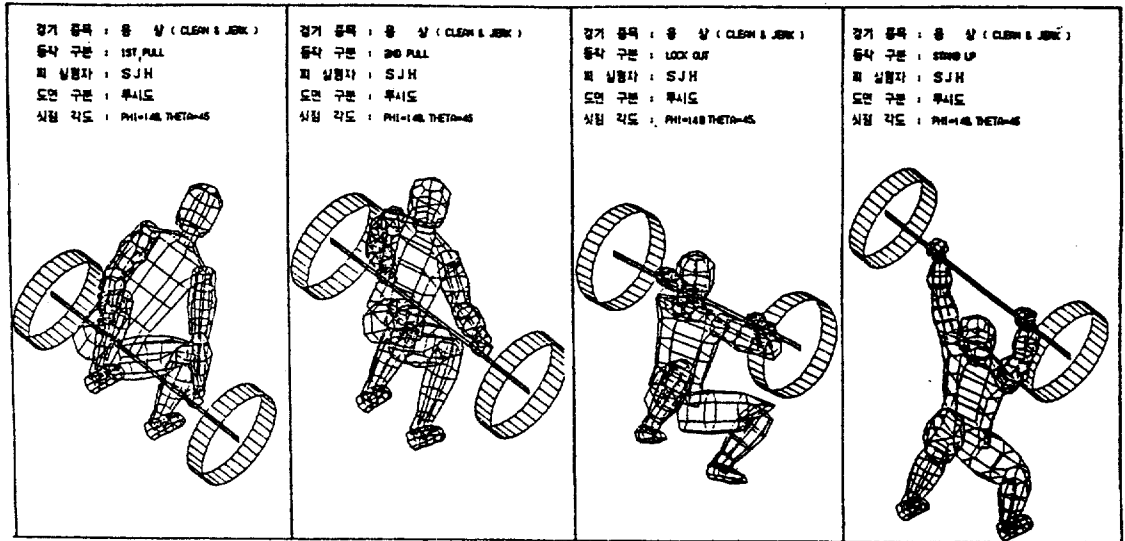


Figure 6. Motion of Clean & Jerk

6. 결론 및 추후 연구과제

본 연구의 분석결과로부터 다음과 같은 결론을 도출, 요약할 수 있다.

사진분석, EMG 분석, COG 분석에서 공통적으로 나타난 사실은 역도경기에서 역도 선수의 하체부위의 관절과 근육이 매우 중요한 요소라는 것이며, 이들의 집중적인 훈련의 필요성과 더불어, 상체부위의 순발력 보완, 내측근육(medial muscle)의 강화 및 심한 Y축 COG 변이를 초래하는 자세의 수정이 강조되었다.

본 연구의 결과를 토대로, 선수의 선발 및 훈련방안의 구체적인 응용을 이루기 위하여 다음과 같은 사항에 관한 추후 연구가 제안된다.

(1) 사진분석, COG 분석, EMG 분석 간의 상호 연관관계 파악과 훈련지침, 선수간 비교를 통한 선발지침을 상세히 제시하여 줄 수 있는

컴퓨터 program의 개발이 착수되어야 한다.

(2) CAD/Expert System의 응용을 위한 program, 전문가 의견과 선수의 분석 program의 현장활용방안을 강구하여야 한다.

(3) 전산분석 model의 입력자료, 즉 국내외 역도동작의 자세변화, EMG 전압, 신체 측정치를 Data Base에 내장함으로써

- 선수의 동작별 비교
 - 선수간의 근력, 자세의 비교
 - 우수선수의 자료를 통한 신인선수의 잠재력 추정
 - 국내외 선수의 비교
 - Data Base의 자세, EMG, COG 자료를 이용한 훈련성과의 과학적 평가
- 등이 현장에서 즉시 활용될 수 있는 지속적인 확장이 이루어져야 한다.

References

1. 金京澤(1983) E.M.G를 이용한 척추기립근의 피로현상에 관한 연구(A study on the muscle fatigue of erector spinae using electromyogram), 서울대학교 工學碩士學位論文.
2. 金榮吉(1983) 컴퓨터를 이용한 인체동작의 분석(An analysis of human motion using computer-aided location analyzer), 서울대학교 工學碩士學位論文.
3. 金義煥, 李緝世(1980) 대퇴사두근 Isometric 수축의 생체역학적 분석, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 17, No. 1 ; 85 - 102.

4. 馬健一, 李緝世(1977) 배구 Straight Spike의 動作分析, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 14, No. 1; 7-18.
5. 문교부(1978) 역도(체육 교육자료 총서 50)
6. 朴贊弘(1981) 역도 스내치動作의 生體力學的 分析, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 18, No. 1; 45-56.
7. 백상호(1977) 기초 인체해부학(Basic human anatomy), 대한간호협회.
8. 成德鉉(1984) 운동자세-근력의 분석에 대한 동시실험방안, 서울대학교 공학석사학위논문.
9. 宋基善, 李緝世(1980) 궁도선수 상지근의 근전도분석, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 17, No. 1; 57-64.
10. 申東薰, 鄭觀鎬, 金基煥, 金貞子(1966) 중량거상의 생리학적 분석, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 3, No. 1; 1-12.
11. 李緝世, 이구형(1979) Simulation을 이용한 테니스 경기, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 16, No. 1; 66-70.
12. 李冕雨(1984) 근전도를 이용한 역도경기의 과학적 분석방안, 국제 스포츠 과학 세미나 보고서; 20-29.
13. 李冕雨(1979) 근피로의 수학적 Model (A stochastic model of muscle fatigue in frequent strenuous work cycles), Michigan大學校 博士學位論文.
14. 李冕雨, 張元奘(1983) 역도동작의 EMG測定 및 寫眞分析의 전산화 연구, 서울大學校 工大 연구보고 Vol. 15, No. 2; 103-112.
15. 李冕雨, 張元奘, 成德鉉(1983) 方道競技의 運動學的 姿勢와 근수축 水準에 關한 전산분석, 대한 산업공학회 Vol. 9, No. 2; 9-25.
16. 李冕雨, 張元奘, 成德鉉, 鄭儀承(1983) EMG를 利用한 力道競技의 선발과 訓練基準에 關한 生體力學的 研究, 서울大學校 工科大學 생산기술연구소 연구보고서.
17. 李冕雨, 鄭庚奘, 韓成鎬, 李緝世, 李春殖(1985) 역도경기의 자세, 무게중심, 가속도가 발휘근력에 미치는 영향에 관한 생체역학적 연구, 대한산업공학회지 Vol. 11, No. 2; 87-99.
18. 李冕雨. Chaffin D. B., Freivalds A. (1980) Muscle strength assessment from EMG analysis, *Med. Sci. Sports. Exercise* 12(3); 205-211.
19. 張元奘(1983) 인체동작의 EMG 측정 및 사진분석의 전산화연구, 서울대학교 공학석사학위논문.
20. 韓相弼(1966) 〈역도〉 T.D. 활동상황보고서, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 13, No. 1; 109-112.
21. 黃德浩(1974) 역도경기의 동작분석, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 11, No. 1; 99-106.
22. 현우영, 구정, 정행도(1972) Weight lifting의 효과가 근수축 속도에 미치는 영향, 스포츠 과학 연구보고서 Vol. 9, No. 1; 45-50.
23. Anna-Liisa Kairento and Goran Hellen (1981) Biomechanical analysis of walking, *Journal of Biomechanics* Vol. 14, No. 10; 671-678.
24. Aurelio Cappozzo(1975) A general computing method for the analysis of human locomotion, *Journal of Biomechanics*. Vol. 8; 307-320.
25. Basmajian J. V. (1978) *Muscles Alive*.
26. Chaffin, D. B., (1975) *Low back stress during load lifting*.

27. Chaffin, D. B. and Baker W. H. (1970) A Biomechanical Model for Analysis of Symmetric Sagittal Plane Lifting, *Trans. AIIE*, 2; 16-27.
28. Cooper, J. M. and Glassow, R. B. (1976) *Kinesiology*, Mosby Company.
29. Garhammer, J. (1978) Longitudinal analysis of highly skilled Olympic weight lifters, *International Congress of Sports*; 117
30. Hay, J. G. (1978) *The Biomechanics of Sports Techniques*, Prentice Hall.
31. Hay, J. G. (1982) *The Anatomical and Mechanical Bases of Human Motion*, Prentice Hall.
32. Hay, J. G., Barry, D. Wilson and Jesus Dapena, George G. Woodworth (1977) A computational technique to determine the angular momentum of a human body. *Journal of Biomechanics* Vol. 10; 269-277.
33. Hayes-Roth, Frederick, Waterman, D. A., Lenat, D. B., (1983) *Building Expert Systems*, Addison-Wesley.
34. Huss, W. D., Niemeier, R. K., Olson, H. W. and Friedrich J. A. (1969) *Physical Activity in Modern Living*, Prentice Hall.
35. John, P. Boysen, Peter R. Francis and Rex A. Thomas (1977) *Interactive computer graphics in the study of human body planar motion under free fall conditions*.
36. Lee, K. S. (1978) Transfer of momentum from a body segment to the total body, *International Congress of Sports Sciences*; 165.
37. Mathews, D. K., Fox, E. L. (1971) *The physiological basis of physical education and athletics*, W. B. Saunders Company.
38. Mc Cormic, E. J. and Mark S. Sanders (1982) *Human factors in engineering and design*.
39. Myers, Roy E. (1982) *Microcomputer Graphics*, Addison Wesley.
40. Portney, H., Morin F. (1956) EMG Study of Postural Muscles in various position and movement, *Am. J. Physiol*, 186; 122-126.
41. Rasch, B. (1960) *Kinesiology & Applied Anatomy*. Lea & Febiger.
42. Robert, D. L. Jr., Poppen, R. L. (1978) An EMG Analysis of the Olympic Power and Squat Clean, *International Congress of Sports Science*; 119
43. Roebuck, Jr. J. A., Kroemer K. H. E., Thomson W. G. (1975) *Engineering Anthropometry Methods*, John Wiley & Sons.
44. Whitney, R. J. (1958) The Strength of the Lifting Action in Man, *Ergonomics*, Vol. 1; 101-128.
45. Williams, Marrian, Lissner Herbert R. (1962) *Biomechanics of Human Motion*, W. B. Saunders Company.
46. Winter, D. A. (1979) *Biomechanics of Human Movement*, John Wiley & Sons.