

생체역학에서의 PC 이용 현황

윤 용 산

한국과학기술원 기계공학과 교수



●1948년생
●인체의 동작해석, 인공관절의 설계, 기구의 설계 및 해석 등에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

생체역학(중국에서는 생물역학이라고도 함)은 생물에 관련된 역학을 다루는 분야로서 역학의 원리를 의학, 생물학, 및 체육학등에 응용하는 학문이다. 따라서 역학을 사용한다는 면에서는 일반적인 공학적 문제와 별다른 것이 없으나 그 대상이 형상이나 기능 및 거동에 있어 매우 복잡한 생명체이므로 이를 공학적으로 의미있는 분석을 하기 위한 역학적 모델링을 함에 있어 그 특수성이 있겠다. 생체역학은 오랜 옛날부터 그 기원을 찾을 수 있다. 그러나 전체적인 주기로 볼때 아직 발전단계에 있으며 산업화가 비교적 이루어지지 않아 주로 학교나 연구소에서 관심을 가지고 연구가 수행되어 왔다. 따라서 오래전부터 소형컴퓨터를 많이 이용하여 왔으며 최근에 PC의 급속한 발달로 상당한 부분을 PC로 해결하고 있다.

PC는 다른 종류의 컴퓨터와 마찬가지로 급격하게 발전하는 기술로 인하여 정확하게 정의하는 것이 매우 어려우나 쉽게 얘기하면 일반 개인이 소유하고 사용하는데 용이하도록 만들어진 범용 컴퓨터라고 할 수 있겠다. PC의 본격적인 보급은 1977년 애플사의 8비트 컴퓨터 애플 II로 부터 시작했다고 볼 수 있으나 주로 오락용으로 사용되었으며(Pless는 PC의 정의를 일반 지식노동자의 전자보조기라고 정의 하

였음⁽¹⁸⁾) 그런 관점에서는 1962년 MIT에서 개발하고 DEC에서 생산한 MINC컴퓨터를 PC의 효시로 볼 수 있음) IBM사가 인텔사의 16비트 8088 마이크로 프로세서와 8087 부동점계산용 보조프로세서를 사용하여 고속의 계산을 할 수 있는 대중용 컴퓨터 IBM-PC를 1981년 부터 보급하면서 엄청난 숫자로 퍼지게 되었고 지금은 PC라고 하면 대부분의 경우 IBM회사가 만든 IBM-PC 또는 그와 유사한 컴퓨터를 칭하게 되었으며 최근에는 32비트 마이크로 프로세서를 사용한 PC도 많이 보급되고 있다.

이러한 PC는 마이크로프로세서를 포함한 컴퓨터용 칩들과 또한 디스크와 같은 대용량 보조기억장치들의 눈부시게 빠른 속도의 성능향상과 가격인하, 그리고 매우 저렴하나 상당히 강력한 그리고 엄청나게 다양한 소프트웨어들의 보급들로 인하여 일반 대중용으로서뿐 아니라 전문업무용으로도 각광을 받게 되었다. 특히 여기에는 그 당시 IBM사의 기술공개주의로 다른 수많은 회사들이 같거나 유사한 종류의 컴퓨터를 만들수 있게 함으로써 더욱 쉽게 대중에 보급되었기 때문이다(요즘은 IBM이 다시 폐쇄적임으로 PC의 발전 방향이 혼미함). 그러므로 지금의 PC는 불과 수년전 대형 컴퓨터에 의해 수행되던 작업들을 무리없이 처리하고 있으며 PC의 현재의 이용 현황은 수년전의 대형 및 소형컴퓨터의 이용 현황과 크게 다를 것이 없고 생체역학분야에서도 역시 그러

한 현상을 볼 수 있다.

생체역학의 연구를 종류별로 보면 골-근육계, 순환기계통, 호흡기계통, 외상, 감각계, 비뇨기계, 재생계 및 생명공학등이 있고⁽⁹⁾ 응용면에서 보면 정형외과학, 재활의학, 외과학, 치과학, 생리학, 예술, 체육학, 동물학, 인간공학등이 있는데 이들 응용 분야별로 PC의 응용현황을 살펴 보고자 한다.

2. 생체역학의 응용분야별 PC 이용

2.1 정형외과학

정형외과학은 신체의 자세 및 동작의 잘못을 예방 또는 치료하는 의학분야이다. 즉 인체의 일부를 일시적 또는 영구적으로 변형, 제거 또는 다른 것으로 대체하거나 보정장치를 사용하여 환자의 고통을 줄이고 기능을 살리며 외관을 정상인에 유사하게 하여준다. 이를 위하여

환자의 생체역학적 진단, 수술방법 및 도구의 개선, 체식물(implant) 및 보정구의 개발과 이들의 사용을 시뮬레이션하여 사용자(환자 및 의사)의 판단 및 선택에의 도움, 의료종사자의 교육 등에 PC가 활용되고 있다. 구체적인 예로 보행 해석시스템은 뇌성마비환자의 근육활동 및 동작의 특성을 규명하여 근육전이등의 수술계획을 도와주며, MYCIN과 같은 인공지능시스템은 의사들의 교육에 사용되고 있고, NMR(핵자기공명장치)이나 CAT(컴퓨터이용)를 이용한 단층촬영장치로부터 뼈의 형상을 구한후 CAPS(컴퓨터이용 체식물선택)/CAD/CAM시스템을 이용하여 자료기반으로부터 특수환자용 체식물의 선택이나 제작 및 수술의 계획을 할 수 있고, 또는 척추곡선을 계산하거나 구함으로써 척추측만증 환자의 조기발견 및 치료를 도우며, 수족의 운동을 분석함으로써 질환의 정도를 진단하거나 인공관절 설계의 자

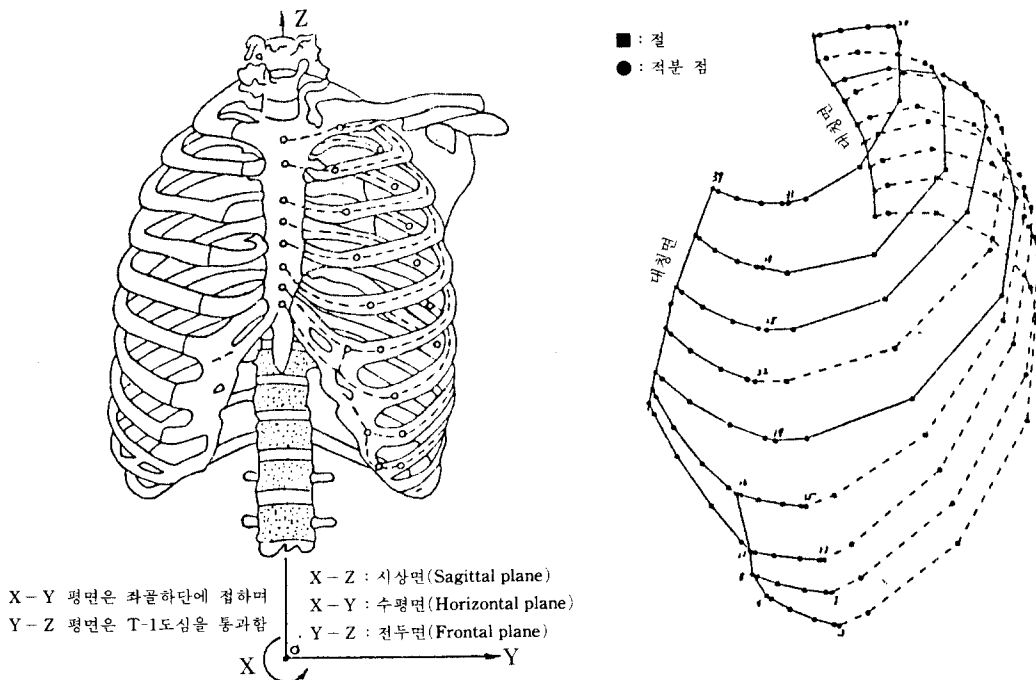


그림 1 늑골과 유한요소모델⁽³⁾

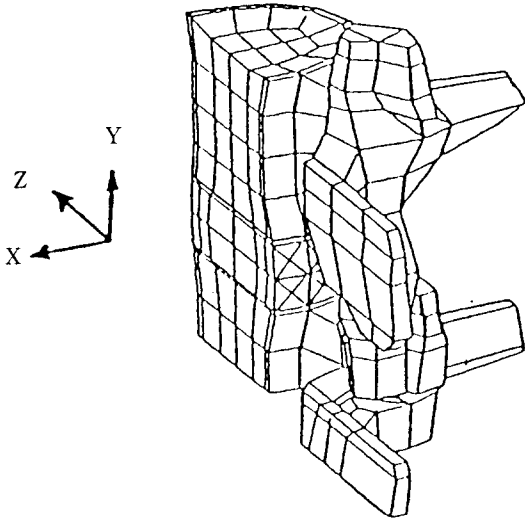


그림 2 요추의 유한요소모델⁽¹⁾

료로 삼으며 그 외에도 환자의 치유과정을 진단하는 시스템등 PC의 활용이 매우 광범위하다(그림 1, 2).

2.2 재활의학

재활의학은 불구환자를 치료하고 교육시켜 가능한 한 최대의 기능을 회복하고 정신적 만족을 얻게하며 독립성을 갖도록 하는 것이다. 불구의 종류는 선천적인것부터 질병에 의한 것, 사고나 전쟁에 의한 것, 또는 수술후유증 등 여러가지가 있으며 이들에 주로 많이 사용되는 장비로는 의수족 및 인공관절과 같은 보철구(prosthesis, 신체의 결여된 기능을 보충하기 위한 것), 보행이나 자세를 돕기위한 보정구(orthosis, 신체기능을 돕기위한 것), 눈, 귀, 입등의 기능을 도와주는 감각보조기구, 기타 의자차 및 지체 부자유자용 특수시설 등이 있다. 따라서 선진국들에서는 재활공학센터등을 운영하면서 이들 장비의 개발에 많은 투자를 하고 있으며 여기에 PC가 많이 활용되고 있다. 또한 이들 환자의 진단 및 치료에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며 역시 이들 연구에도 PC를 많이 활용하고 있다. 또한 이들 환



그림 3 마이크로컴퓨터에 의한 자극으로 걷는 대마비환자⁽²²⁾

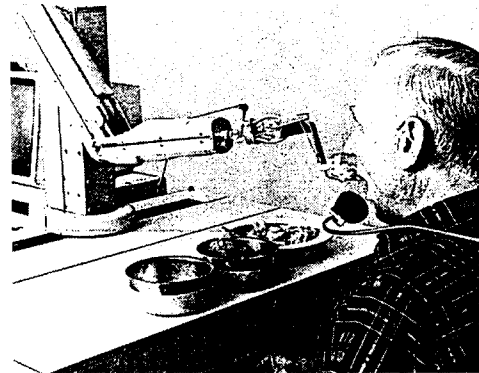


그림 4 구두명령에 따라 작동하는 로봇⁽¹¹⁾

자의 진단 및 치료에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며 역시 이들 연구에도 PC를 많이 활용하고 있다. 또한 최근에는 인건비의 상승 및 환자의 활동범위의 확대로 로봇 활용에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 예를 들면 길안내 또는 보조간호원 노릇을 하는 병원용 및 개인용 로봇이 개발되고 있으며 여기에 퍼스널 및 마이크로 컴퓨터가 활용된다(그림 3, 4).

2.3 외과학

외과학은 광의로는 일반외과, 정형외과, 성형외과, 구강외과, 흉곽외과, 신경외과 등을 포함하는 광범위한 의학분야이다. 생체역학은 서론에서 언급한 바와같이 신체의 기능을 연구함으로써 의사의 진단 및 치료에 관한 지식이나 도구를 제공할 수 있으며 신체의 일부를 인공으로 대체하는 경우에는 재료의 선택이나 형상의 설계 및 치수의 결정등에 역학적 기법을 이용하여 생체역학적 의견을 제시하고 수술의 방법을 대한 생체역학적 평가도 수행한다. 즉, 뼈, 근육, 인대, 피부등의 물성을 연구하며 인공뼈, 인공장기, 인공근육, 인공인대, 인공피부등의 개발에 참여하며 또한 수술기구나 시설 및 진단장치를 개발하게 되는데 여기에 많은

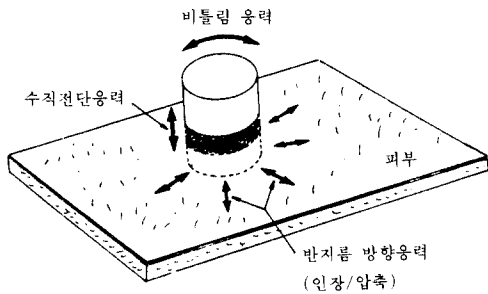


그림 5 경피장치 (petcutaneous device)에 의한 피부에서의 응력⁽¹⁷⁾

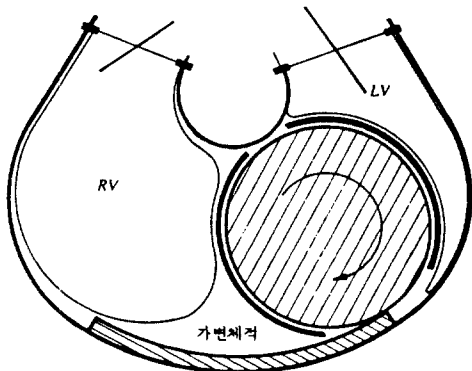


그림 6 모터구동형 인공심장⁽⁶⁾

컴퓨터에 의한 분석 및 시뮬레이션을 수행하게 되고 따라서 PC를 많이 사용하게 된다. 예로서 인공심장은 국내에서도 활발히 연구되고 있으며 보다 좋은 설계를 얻기 위하여 많은 분석 및 시뮬레이션을 컴퓨터를 이용하여 수행하게 된다(그림 5, 6).

2.4 치과학

치열의 교정, 의치 및 체식물들을 이용한 구강외과적 수술등에 새로운 재료 및 설계 또는 수술법의 도입등을 위하여 상악골(maxilla), 하악골(mandibular) 및 치아와 치관(dental crown)을 포함한 보철구의 응력 및 변형의 분석과 시뮬레이션등에 컴퓨터를 많이 이용하고 있다. 치과용 보철구들은 입속의 화학적 및 온도변화를 계속해서 받으며 막대한 하중까지 작용되는 매우 열악한 환경에 처해 있다. 특히 하중의 크기는 대단한 것으로 이러한 상황의 분석을 위하여 광탄성기법등이 많이 사용되었으나 최근에는 수치적인 유한요소해석법이 보편화 되었다. 또한 성형수술이나 미용술에서 사용되는 방법과 유사한 방법으로 의치나 치열 교정의 시뮬레이션에 의한 얼굴 형상변화의 예측도 가능 할 것이다(그림 7).

2.5 생리학

생리학은 생명체 및 구성요소의 기능과 그에 관련된 물리 및 화학적 과정을 규명하는 학문으로 의학의 바탕이 되며 생명체의 구조와 기능간의 상관관계를 이해하기 위해 수 많은 실험 및 이론적 모델에 의한 시뮬레이션을 실시하고 있다. 예로서 연조직, 뼈 및 연골의 점탄성적 모델, 근육수축 기구의 미세 및 거시적 역학적 모델, 기타 여러가지 실험을 위한 시스템의 구성등에 생체역학이 필요하며 대부분의 경우 컴퓨터를 이용하여 실험을 측정하거나 시뮬레이션을 수행하게 된다(그림 8).

2.6 예 술

예술가들 특히 연주가들은 연습을 위하여 똑

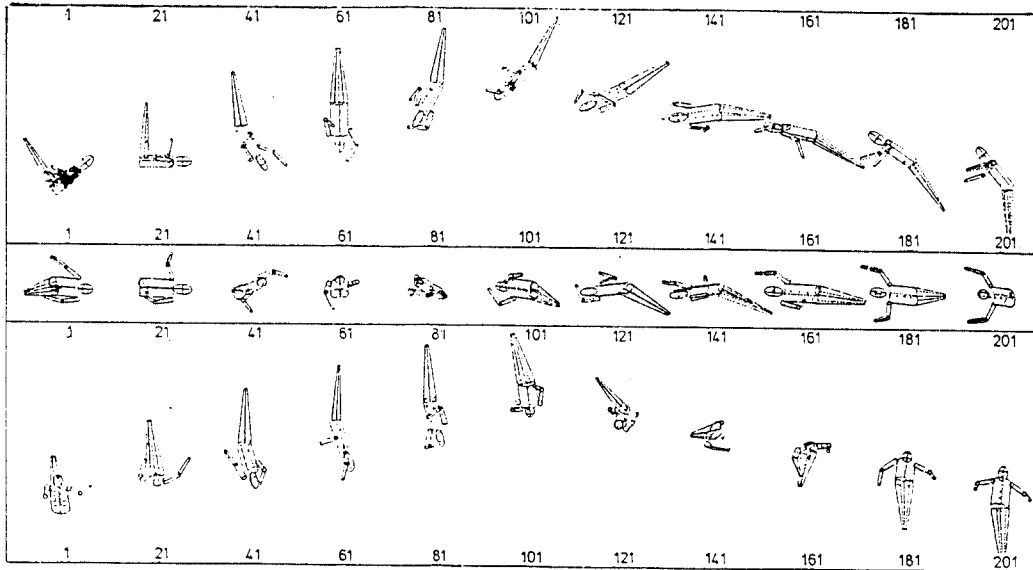


그림 10 인체의 공중제비의 시뮬레이션⁽²⁶⁾

같은 악기를 가지고 같은 동작만을 수없이 되풀이 하여 신체의 특정부분이 무리를 하게됨으로써 고통을 얻게되거나 신체적 불구의 경우에 까지 이르게 된다. 따라서 최근에 이에 대한 예방 및 치료를 위하여 예술의학이 발전되었다. 생체역학분야에서도 이들 악기들 및 치료를 위하여 예술의학이 발전되었다. 생체역학분야에서도 이들 악기들 및 연주동작에 대한 재평가를 하고 있으며 컴퓨터에 의한 분석 및 시뮬레이션을 통하여 악기 및 연주기법의 개선점을 모색하기 시작하였다(그림 9).

2.7 체육학

체육분야에서의 생체역학은 주로 인체의 운동과 평가 및 그에 관련된 장비나 시설에 관하여 다루고 있다. 생체역학의 활용목적은 인체의 보호와 기록향상, 우수한 자질의 선발 및 개발등에 있으며 인체 및 장비와 시설의 역학적모델을 컴퓨터에 의해 시뮬레이션하고 새로운 개선책을 찾게된다. 구체적인 예로서 운동

(모텔없음) L.A. RYGG 철마
1893년 2월 14일 특허

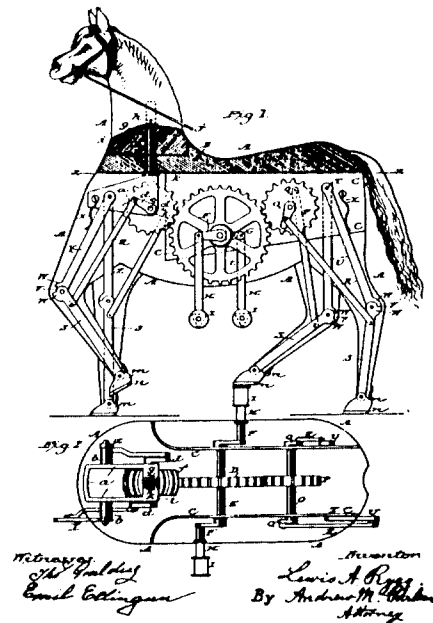


그림 11 기계 말(Rygg, 1893)

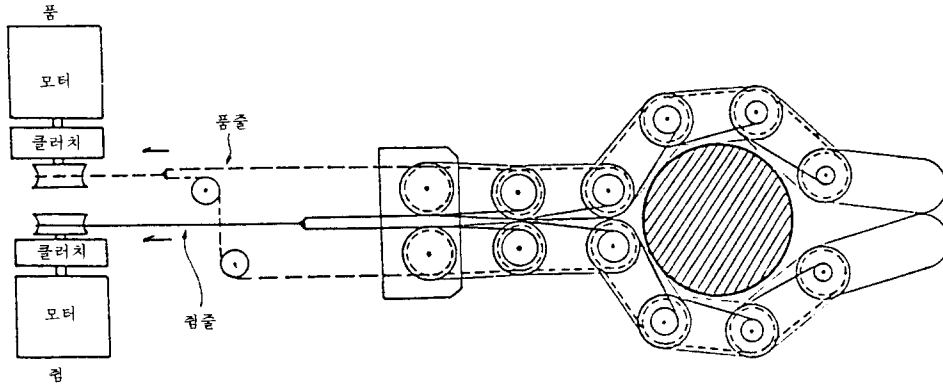


그림 12 힘줄을 이용한 유연한 집기구⁽¹³⁾

선수의 동작과 지면반력 및 가속도를 측정하고, 장비 및 시설의 변형, 변위 및 응력등도 측정하여 분석하고 이를 바탕으로 역학적 모델을 시뮬레이션하며 최적설계기법등을 이용하여 자세 및 동작의 변화를 통하여 또한 장비 및 시설의 개선을 통하여 기록을 향상 또는 신체의 보호를 꾀한다(그림 10).

2.8 동물학

동물의 기능이나 동작은 오래전부터 많은 연구의 대상이 되어 왔으며 동물들의 질병 치료에 직접적으로 사용되는 경우도 있으나 인체에 실시하기 곤란한 많은 실험들을 동물로 대체하여 수행하고 있으며 또한 동물의 특성으로부터 간접적으로 의학이나 체육에, 또는 기계의 설계등에 많은 응용되어 왔다. 예로써 뱀이나 코끼리의 코등의 동작원리는 특수로봇의 설계에 응용되고 있으며 말의 여러가지 보행법이 보행로봇에 적용되고 있다(그림 11, 12).

2.9 인간공학

인간공학이란 어떤 대상물이나 환경을 인간이 잘 사용할 수 있도록 설계하는 공학으로⁽²⁾ 인간에 대한 생체역학적 지식이 중요한 요소를 이루고 있다. 즉 운동학적 측면에서의 적절한 작업공간의 계획, 근육의 활동에 따른 에너지

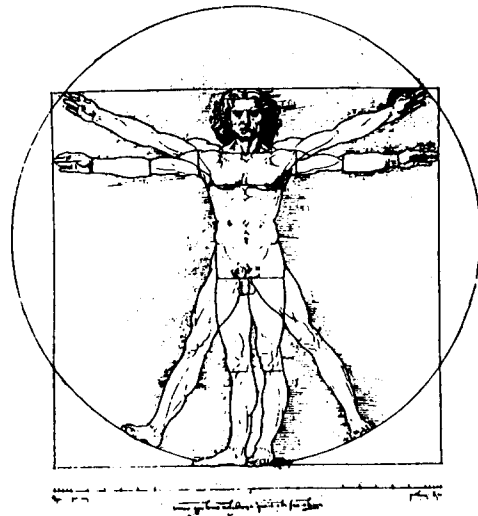


그림 13 원과 장방형속의 사람 (Leonardo da Vinci)

의 소모 및 피로 방지, 온전하지 못한 자세나 도구의 설계에 따른 신체의 부분적 손상 또는 작업능률의 저하의 예방등 많은 분야에서 컴퓨터를 이용한 측정, 분석, 시뮬레이션 및 설계가 이용되고 있다(그림 13).

3. 맺음말

생체역학 분야는 선진국에서는 매우 활발한

분야이며 이웃 일본, 중국등에서도 여러분야에 걸쳐 광범위하게 활용하고 있으며 이 분야의 연구 및 개발에 컴퓨터 특히 PC를 많이 사용하여 왔다. 우리나라에서는 사실 이 분야에 대하여 소홀히 하여 왔으나 최근 이 분야에 대한 관심이 고조되어 여러 연구소가 세워지고 있고 대학에서도 이 분야의 학과를 신설하고 있다. 앞으로 국민복지 향상을 위해서 또한 제품의 고급화를 위하여서도 생체역학 분야의 연구가 더욱 활성화 되어야 하겠다.

참 고 문 헌

- (1) 김영은, 1988, "Denucleation 이 미치는 영향", 제6차 대한정형외과 생체역학회, pp. 33~41.
- (2) 박경수, 1980, 인간 공학(작업경제학), 영지문화사, p. 4.
- (3) 염영일, 1989, "생체역학에서의 유한요소법 응용사례", 제9차 대한정형외과 생체역학회 논문집, pp. 1~8.
- (4) 윤용산, 1985, "생체역학의 개요", 대한기계학회지, 제25권, 제4호, pp. 327~329.
- (5) 이궁세, 1982, 바이오메카닉스(신체운동의 과학), 체육과학전서, 동서문화사.
- (6) 천길성, 1988, "모터구동형 인공심장의 기계적 설계에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문.
- (7) Asmussen, E., 1976, "Movement of Man and Study of Man in Motion: A Scanning Review of the Development of Biomechanics", Biomechanics V-A, Proceedings of the Fifth International Congress of Biomechanics, Finland, pp. 23~33.
- (8) Bejjani, F.J., 1989, "The Biomechanical Profile: Its Use in Performing Arts Medicine", Proceedings of the International Symposium on Orthopaedic Management of Joint Disease, Shanghai, pp. Ⅲ. 1~Ⅲ. 16.
- (9) Chien, S. et al., 1986, "Future Research Needs in Biomechanics", United States National Committee on Biomechanics.
- (10) Gallagher, R.H., et al., 1982, "Finite Elements in Biomechanics", John Wiley & Sons.
- (11) Giannini, M.J., 1986, "Rehabilitation R&D Progress Reports 1985", Veterans Administration.
- (12) Hayashi, K. et al., 1989, "Artificial Organs Development and Mechanical Engineering", J. JSME., Vol. 92, No. 844, pp. 22~53.
- (13) Hirose, S. and Umetani, Y., 1978, "The Development of Soft Gripper for the Versatile Robot Hand", Mechanisms and Machine Theory, Vol. 13, pp. 351~359.
- (14) Huxley, A.F., 1957, "Muscle Structure and Theories of Contraction", Pro. Biophys. biophys. Chem. Vol. 7, pp. 255~318.
- (15) Kyle, C. et al., 1984, "Engineering for the Human Body", Mechanical Engineering, pp. 35~86.
- (16) McMahon, T.A., 1984, "Muscles, Reflexes, and Locomotion", Princeton University Press, p. 91.
- (17) Park, J.B., 1984, "Biomaterials Science and Engineering", Plenum Press, p. 312.
- (18) Press, L., 1984, "What is a Personal Computer?", The IBM PC and Its Applications, Wiley Press, pp. 3~21.
- (19) Redford, J.B., 1984, "Orthoses", In: Basmajian, J.V. and Kirby, R.L.: Medical Rehabilitation, Williams & Wilkins, pp. 100~114.
- (20) Skalak, R. and Chien, S., 1987, "Handbook of Bioengineering", McGraw Hill.
- (21) Song, S.M. and Waldron, K.J., 1989, "Machine That Walk: The Adaptive Suspension Vehicle", The MIT Press, pp. 1~10.
- (22) Stanic, U., 1983, "A Heuristic Approach

- to the Synthesis of Movement by Functional Electrical Stimulation Orthoses”, Biomechanics IX-A, Proceedings of the Ninth International Congress of Biomechanics, Canada, pp. 3~ 11.
- (23) Williams, K.R. and Edmundson, J.T., 1984, “A Finite Element Stress Analysis of an Endodontically Restored Tooth”, Proceedings of the First International Conference on Engineering and Clinical Aspects of Endoprosthetic Fixation, I Mech E Conference Publications, London, pp. 87~97.
- (24) Yoon, Y.S., Park, H.S. and Shon, W.H., 1988, “Foot Strike Simulator for Running Shoe Evaluation”, New Horizons of Human Movement, Seoul Olympic Scientific Congress, p. 194.
- (25) Yoon, Y.S., Chag, G.H. and Kim, Y.Y., 1990, “Optimal Design of the Shape of the Artificial Hip Joint”, In press on the J. Biomechanics.
- (26) Van Gheluwe, L., 1981, “Computer Simulaton of an Airborne Backward Twist Somersault”, Biomechanics VII-A, Proceedings of the Seventh Internatonal Congress of Biomechanics, Warsaw, pp. 200~207.

