

바이오공학부문

김 완 두 · 부문회장(한국기계연구원, 책임연구원)

_e-mail : wdkim@kimm.re.kr

이 글에서는 올해 대한기계학회에 새롭게 설립된 바이오공학부문의 2007년 한 해 동안의 연구 동향을 생체역학, 의용기기, 자연모사(생체모방 유동제어, 생체모방형 로봇, 마이크로/나노 스케일의 생체모방) 등 분야로 나누어 소개한다.

생체역학

광범위한 분야를 포함하는 의공학 분야 중 생체역학 분야는 기계공학 연구자들의 적극적인 참여로 지난 1년간 많은 발전을 이루었다. 기계공학의 많은 분야 중 고체 및 유체역학 분야가 의공학자 혹은 의료계 종사자들과의 공동연구로 많은 결과를 도출, 국내외 학회 및 저널을 통해 발표되었다. 특히 2007년 대한생체역학회 및 대한기계학회 바이오 부문이 설립되면서 보다 활발한 연구 및 토론의 장이 제공되어 앞으로 더욱 더 많은 결과가 기대되고 있다. 관련된 협동연구의 시작은 초기에 유한요소의 응용에 출발하여 최근에 이르러 다양한 실험과 병행하는 보다 구체

적인 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 의공학의 특수성, 즉 임상예의 적용이라는 보다 가시적인 목표에 대한 인식이 공학자와 의학 관련 종사자의 활발한 교류로 확대되면서 확연히 설정되었다. 예를 들어 과거 혈류역학에 대한 연구는 주로 유한요소를 기반으로 한 simulation 및 prediction에 관한 연구가 주류를 이루었으나, 최근 다양한 실험 기법의 도입으로 실제 혈류의 흐름을 측정하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 실험은 비단 과거 유체역학의 similarity 기반에, 실제 의학에서 사용되는 다양한 의료 진단용 기기가 더 해져 다양한 방법론의 실험적 연구가 진행되고 있다. 이에 더 하여 보다 microscopic한 연구가 진

행되면서 혈류현상의 분석에서 일반적인 응력, 변형률에 초점을 맞추어왔던 인조혈관에 대한 연구가 생리학적 적합성으로 확대되는 경향이 국내에서도 시작되었다. 이의 한 예로 혈류로 인해 혈관에 부과되는 다양한 형태의 응력이 혈관내피세포에 미치는 영향에 대한 연구도 진행되고 있다. 한편 이러한 세포에 대한 응력의 영향력에 대한 연구는 세포생체역학(cell-mechanics)라는 주제에 포함되는 것으로 볼 수가 있다. 세포생체역학은 생명체의 기초단위인 세포에 대한 연구에 역학이론을 도입하는 것으로 볼 수 있다. 과거 세포에 대한 연구는 생화학, 생물학, 분자생물학적 연구방법의 틀을 벗어나지 못하여 온 것이 사실이다. 재료역학 이

론이 세포에 적용되는 근거는 이미 여러 국내외 문헌에서 입증되었다. 간단히 말하면 일정한 응력 혹은 외력 하에서 대부분의 세포는 보다 왕성하게 증식, 분화가 이루어진다는 것이다. 이는 인간이 일상생활에서 보행으로 시작하여 다양한 활동으로 외력이 인체에 가해지고 궁극적으로는 세포에 전달되는 사실이다. 반대로 아무런 외부 자극이 없는 경우에는 조직이 퇴화되는 경향이 있고, 그 퇴화의 기본은 세포에서 일어난다는 사실이다. 이러한 간단한 사실을 보다 공학적으로 접근하기 위해 단위세포의 물성치 측정에 대한 연구도 진행되어왔다, AFM(Atomic Force Microscope)의 활용, indentation, 혹은 aspiration 기술을 이용하여 세포의 물성치를 측정하는 단계에 이르렀고 이를 기반으로 유한요소를 이용한 mechanical modeling이 제시되고 있다. 이와 같이 기계공학의 경험 및 이론을 바탕으로 한 연구는 최근 각광을 받고 있는 줄기세포, 그리고 관련 조직공학 분야에서의 응용 등으로 확대되고 있는 추세이다. 특히 'Cell'이라는 세계최고학회지(IF > 40)에서 줄기세포가 안착된 물질의 강도에 따라 그 분화의 방향이 다르다는 것이 보고되었다. 이는 앞으로 기계공학의 새로운 역할을 암시하는 좋은 사례로 여겨진다.

한편, 스포츠역학 분야는 재활공학이라는 범주와 같은 맥락에

서 연구가 진행되어 왔다. 인체의 최적 거동 및 다양한 재해로 인해 발생하는 신체적 불구(부자유스러움)에 대한 재활(교정, 일상생활에로의 복귀)은 동역학적 견지에서 꾸준히 국내외의 여러 연구소를 중심으로 이루어지고 있다. 몇 해 전에는 기구학적 접근 방법이었으나, 최근에는 안전성을 기준으로 힘이 추가되면서 그 범위가 더욱 더 넓어지는 필연적인 추세가 도입되고 있다. 보다 구체적으로는 인체의 운동을 직접적으로 관장하는 골격근의 변화를 측정하는 시도도 다양하게 이루어지고 있다. 즉, 과거 기구학의 결과를 바탕으로 근육의 힘과 변형을 측정하여 보다 실질적이고 환자 혹은 운동선수에게 개별화된 연구도 진행되고 있다.

이와 같이 차세대 미래산업인 의공학 분야에서 기계공학의 축적된 지식의 활용 가능성은 앞으로도 더욱 더 확대될 것으로 사료된다. 최근 외국의 경우 비단 재료(고체), 유체, 혹은 동역학의 범위를 벗어나 열역학, 열전달도 그 역할이 중시되고 있다. 예를 들어 초저온에서의 수술, 열(에너지)역학 관점에서의 세포의 대사에 대한 연구 등 그 범위가 급격히 확대되는 경향이다. 따라서 국내에서도 기계공학 관련 연구자의 보다 적극적이고 도전적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(신정욱, 인제대학교)

의용기기

의용생체공학(Biomedical Engineering)이란 생체공학의 기술을 의학 분야에 이용하려는 기술 및 학문. 기초의학에서부터 의과 분야의 재료·기기·기술에 이르기까지 전 분야를 포괄하고, 생체역학, 생체의용센서, 의료기기, 생체계측기기, 의학영상, 의료정보 등의 성과를 거둠으로써 종합적인 의료산업으로 발전하고 있다. 이에 의용생체공학 분야에서 의용기기에 관한 바이오센서/기기/바이오 로봇/의료공학 가공 분야를 한정하여 기술하고자 한다.

의용기기 분야에 대한 연구를 살펴보면 크게 실버의료기기핵심기반기술개발사업(산업자원부), 헬스케어기술개발사업단(교육인적자원부), 스포츠과학기술기반기술사업(문화관광부)의 의공학 관련 프로젝트와 헬스케어기기 및 고령친화복지기기 관련 대형 사업을 수행하고 있는 실정이다. 대한기계학회에는 최근 바이오공학 부문의 신설이 진행되어 왔으며, 2007년도부터 부분적으로 의공학 관련 논문이 게재되었다.

생화학적인 신호를 감지하고 측정하는 기계 전류, 전위차, 전도도, 광학 등 반도체나 금속과 같은 전기적 성질을 검출하는 바이오센서 분야에서는 전기화학 바이오센서의 전극물질로 응용을 위한 열분해 탄소의 제작 및 특성에 관한 연구(10월호 국문)가 이루어졌고, 의료기기분야에서는 청각 유모세포를 모사한 미소기계적 능동증폭기에 관한 연구(11

월호 국문), 박수경 연구팀은 선형 운동 지각에 있어서 하지 체성 감각의 기여도를 정량적으로 분석하고, 하지 체성 감각이 선형 운동 지각에 미치는 영향에 대해서 고찰(6월호 국문)하였다. 또한, 바이오 로봇 분야에서는 인공 근육형 LIPCA를 이용한 물고기 모방 로봇의 설계, 제작 및 실험에 관한 연구(1월호 국문)가 각각 수행되었다. 그러나 우리 학회 의용생체공학 분야의 활동은 아직 까지도 미비한 실정이다. 또 다른 기계공학 분야인 한국정밀공학회의 바이오 부문에서는 2007년도 한 해 동안 의공학 분야에 많은 활성화를 기여하였다. 바이오 센싱 분야에서는 시청각 자극의 시간적 인지판단, 고령자 샤워 시행동 특성 분석 등 8편, 재활 의료기기 분야는 불안정판과 힘판을 이용한 평형감각 훈련시스템 개발, 자세균형 재활 훈련을 위한 가상 자전거 시뮬레이터 개발 등 3편의 논문, 의료공학설계 분야에서는 4편이 발표된 바 있다. 또한, 2007년에는 대한생체역학회가 10월 창립총회 및 학회를 개최하여 생체역학분야에 다양한 연구 결과들을 발표하였다.

이에 대한기계학회 바이오공학 부문을 기반으로 새로운 의용기기 분야의 다양한 연구가 개진되어야 할 것이며, 바이오 부문에 대한 대형 프로젝트 기획 및 재정지원을 통한 연구 여건의 개선과 의료공학 융합기술의 지원이 선행된다면 한국의 의공학 분야에서 경쟁

력을 갖출 것으로 기대한다.

(권대규, 전북대학교)

생체모방공학

자연계의 생명체들은 적자생존의 원리를 통해 끊임없이 진화하면서 그들의 형태적, 기능적 특징을 효율적으로 발달시켜 왔다. 생체모방공학은 이와 같은 생명체들의 형상, 구조, 재료 및 동작원리 등을 모방하거나 응용하여 공학 문제에 적용하는 학문이다. 그리스 신화에 나오는 하늘을 나는 이카루스 이야기에서부터 상어피부의 리블렛을 이용하여 항력을 감소시킨 전신수영복에 이르기까지 생체를 모방하여 실제 문제에 적용하는 일은 오랜 시간동안 폭넓게 이루어져 왔다. 최근 다양한 형태의 로봇 개발이 요구되고 대부분의 공학문제에서 성능 및 효율성 증대가 중요한 문제로 대두됨에 따라 생체모방적 접근을 통해 이를 해결하고자 하는 움직임이 활발하게 이루어지고 있다. 2007년에도 이와 관련된 연구가 많이 수행되었으며, Journal of Mechanical Science and Technology, 대한기계학회논문집 등에 게재된 논문과 대학기계학회 춘계 및 추계학술대회, International Symposium on Nature-Inspired Technology 등에서 발표된 생체모방공학과 관련된 연구를 크게 생체모방 유동제어, 생체모방로봇, 마이크로/나노 스케일의 생체모방으로 나

누어 정리하고, 각 분야별 연구동향을 소개하고자 한다.

생체모방 유동제어

운송체의 항력감소, 비행체의 공력성능 향상을 위해 생명체의 형태적 특징과 운동 메커니즘을 분석, 응용하는 유동제어기술이 개발되고 있다. 대부분의 생명체는 물과 공기와 같은 유체 안에 존재하고 있기 때문에 생체모방 접근방법을 통해 유동제어 기술을 개발하는 것은 무한한 가능성을 내포하고 있다. 바다에서 가장 빠른 물고기인 돛새치의 표면 구조를 응용하여 저항을 줄이기 위한 연구결과가 발표되었고, 글라이딩하는 비행체의 공력성능 향상을 위해 날치 날개의 공력특성 측정과 제비나비의 날개 주위의 유동장 분석, 공력특성 측정 및 꼬리날개 역할 규명에 대한 연구결과가 제시되었다. 이와 더불어 플래핑하는 날개에 의한 양력 발생 메커니즘을 규명하기 위해 수치해석과 실험을 수행하여 초파리, 잠자리 등의 날개짓 운동 메커니즘을 분석하는 연구도 진행하였다. 자유롭게 비행하는 딱정벌레의 날개 움직임과 비행특성을 관찰하여 공력특성을 알아보는 연구와 선회하는 2차원 유연 날개의 유체-구조 상호작용에 대한 수치해석 연구도 수행되었다.

생체모방형 로봇

생명체의 형태, 운동 메커니즘, 생체기관의 기능 등을 모방하여

로봇 제작에 응용하기 위한 연구가 수행되었다. 수중 운송체의 효율성 및 기동성을 증가시키기 위해 물고기의 움직임을 모사한 로봇 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 인공근육형 LICPA(Light-weight Piezo-Composite Actuator)를 이용한 물고기 모방 로봇의 설계, 제작 및 실험이 수행되었고, 꼬리지느러미의 진동과 형상이 생체모사 물고기 로봇의 성능에 미치는 영향을 연구한 결과가 발표되었다. 일련의 DC 서보모터를 이용하여 고등어의 움직임을 모사한 물고기 로봇이 제작되어 이에 대한 유체역학적 해석이 수행되었다. 돌고래 로봇의 추진 성능 향상과 효과적인 위치와 방향 제어에 관련된 연구, 초소형 의공학용 유영로봇을 위한 플래핑하는 평판들의 추력 발생 메커니즘에 관한 연구 등 물속에서 유영하는 로봇 개발에 대한 연구들이 많이 발표되었다. 새의 날개 형상을 본 뜬 플래핑하는 마이크로 비행로봇 개발, 다양한 지면 형상에서 효율적으로 움직일 수 있는 생체모방형 4족 보행 로봇의 동작, 생성 및 제어에 관한 연구, 탐사를 위한 뱀 로봇의 개념설계 등과 같이 육상로봇과

공중로봇을 개발하기 위한 연구 결과도 다양하게 제시되었다. 뿐만 아니라 안정적으로 구와 원기둥과 같은 물건을 잡을 수 있도록 인간 손의 동작과 모양을 모방한 휴머노이드 로봇 손이 개발되었고, 벌의 겹눈과 기능적, 해부학적으로 유사한 인공 겹눈을 개발하기 위한 미세 고분자 포토닉 구조의 구면배열에 관한 연구와 압전 외팔보를 이용한 생체모방형 음향방출센서에 대한 연구도 수행되었다. 생체모방 작동기인 셀룰로즈 종이로 만들어진 EAPap(Electro-Active Paper)는 낮은 작동전압과 적은 전력소모로 큰 변형을 낼 수 있는 장점이 있다. 생체모방 종이 작동기의 전기기계적인 구동 시뮬레이션이 수행되어 실험 결과들과 비교 분석이 이루어졌다.

마이크로/나노 스케일의 생체 모방

마이크로/나노 스케일의 제작 기술이 발전함에 따라 자연계에 존재하는 마이크로/나노 스케일 구조의 역할을 규명하고 이를 공학적으로 적용하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 연꽃잎에 존재하는 마이크로/나노 병합구조를

모사한 초소수성 표면과 게코도마뱀의 발바닥에 존재하는 미세 구조인 강모를 모사하여 유효강성을 줄인 새로운 형상의 건식부착물이 제작되었다. 소금쟁이가 수면 위로 도약할 때 필요한 에너지에 관한 연구가 수행되었고, 달팽이관의 유모세포의 원리를 응용하여 변위와 힘을 증폭시키는 미소기계적 능동증폭기의 개발이 이루어졌다.

생체모방공학은 기존의 수학적, 물리적 접근방법으로 해결하지 못한 공학적 난제들을 극복하기 위한 대안으로 각광받고 있다. 최근에 관련 분야의 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 자연계에 존재하는 생명체들은 모두 생체모방공학의 대상이 될 수 있기 때문에 그 확장범위도 무궁무진할 것으로 기대된다. 그리고 자연계의 생명체는 하나의 목적을 위해 발달된 것이 아니라 다양한 목적을 위해 그들의 형태적, 기능적 특징을 발달시켜왔다. 따라서 반드시 성공적인 결과가 수반되지 않는다는 위험성이 존재하지만 반대로 자연보다 더 뛰어난 성능을 가지는 공학 시스템을 설계하는 것도 가능할 것으로 생각된다. (최해천, 서울대학교)