



# 생체공학과 인공췌장, 그 전망은

공상과학영화중에 주인공이 사고로 잃은 신체의 일부분을 일명 생체공학이라 불리우는 방법에 의해 대체한다는 내용이 있다. 생체공학다리를 가지게되면 일반인보다 2배정도는 빠르게 달릴 수 있으며 지치지도 않는다. 물론 이것은 어디까지나 공상에 지나지않지만 이런 따위의 연구는 현재도 진행중이다.

「인공췌장 및 대응품」도 그 중의 하나이다. 이것들은 환자용으로 오랫동안 개발되어 왔지만 크기가 클뿐 아니라 잠시동안만 작동되는 단점이 있다. 많은 어려움속에서 진행되어온 인공췌장개발에서 결국 해결해야할 과제는 손가락을 찌르지않고도 자동으로 혈당을 측정할 수 있는 믿을만한, 동시에 안전한 길을 찾는 것이다.

과학자들은 현재 이런 과제들이 거의 풀리고 있는 단계라고 말하고 있다. 이 말이 사실이라면 10년안에 란셋과 스트립이 필요없어질 것이다.

## 민감한 감지기능

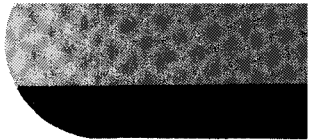
정상적인 혈당은 췌장이 제기능을 할때 유지

된다. 췌장의 알파와 베타세포에서는 혈당치에 민감하게 반응하면서 정상범위내로 혈당을 유지시킨다. 이것이 바로 조절기능이다. 혈당수치가 너무 높게 올라가면 베타세포에서 인슐린이 방출되고 이에따라 근육과 지방세포로 포도당(glucose)이 들어간다. 반면에 이 수치가 너무 낮게 떨어지면 알파세포에서 글루카곤을 방출해 간의 포도당생성작용을 촉진한다. 이를 췌장의 분비기능이라 한다.

인슐린 의존성 당뇨인과 몇몇 비인슐린 의존성 당뇨인은 베타세포가 거의 망가진 상태거나 제기능을 발휘하지 못한다. 즉 조절과 분비기능을 잃어버린 것이다.

이런 환자들은 췌장의 자동기능을 대신하기 위해 혈당을 검사하고 필요한 인슐린을 주사로 체내에 주입해야 한다. 혈당검사는 하루에 4번이상을 실시하도록 하고있으나 더 자주 한다고해서 정상혈당을 유지한다고는 자신있게 얘기할 수 없다. 확실한 원인도 없이 때때로 일어나는 고혈당이나 저혈당은 합병증의 발병과 관계가 있다.

앞으로 해결해야할 문제는 크게 2가지로 요약할 수 있다. 먼저 손가락을 찌르지않고도 혈



당을 계속 검사할 수 있는 것과 주사기없이도 혈당판독결과에 따라 인슐린을 체내로 분비할 수 있는 것.

이 2가지 요인 모두를 만족시키는 것이 인공 췌장이다. 인슐린분비쪽은 여러해동안 사용되어온 인슐린펌프를 모델로 삼을 수 있다. 그러나 조절쪽은 아직도 풀기 어려운 과제로 남아

## 혈당감지기능

과학자들은 여러가지 각도로 혈당측정방법을 고안중이며 대부분은 자가혈당측정기의 원리를 기초로 하고있다. 가정용 혈당측정기에 사용되는 스트립에는 포도당 산화효소 (glucose oxidase)가 부착되어 있다. 이 효소

---

**혈당센서를 고안하기 위해서는 이식에 따른 여러가지 문제가 감안되어야 한다. 즉, 체온에서 작동할 수 있어야하고 멸균될 수 있는 재료로 만들어져야 하며, 또한 감염이나 알레르기반응을 일으키지 않아야 한다. 이외에도 작고, 정확하고, 내구성이 강해야 한다. 좀더 이상적인 모델은 경보기능을 갖춘 것으로 혈당이 너무 낮을 경우 경보음을 낸다. 경보장치가 있으므로 해서 사람들은 저혈당을 방지하고 정상혈당을 유지하게 된다.**

---

있다.(조절을 위한 기기는 몸안에 이식하는 형태가 되어야할 것이다).

이러한 혈당센서를 고안하기 위해서는 이식에 따른 여러가지 문제가 감안되어야 한다. 즉, 체온에서 작동할 수 있어야하고 멸균될 수 있는 재료로 만들어져야 하며, 또한 감염이나 알레르기반응을 일으키지 않아야 한다.

이외에도 작고, 정확하고, 내구성이 강해야 한다. 좀더 이상적인 모델은 경보기능을 갖춘 것으로 혈당이 너무 낮을 경우 경보음을 낸다. 경보장치가 있으므로 해서 사람들은 저혈당을 방지하고 정상혈당을 유지하게 된다.

가 포도당(glucose)과 접촉을 하면 글루코오스분자를 분해해 글루코닉산과 과산화수소(hydrogen peroxide)를 생성한다. 이 결과 색이 변하게되어 혈당치를 결정하는 것이다. 이식될 센서도 아마 이와 비슷하게 과산화물(peroxide)이나 산소(oxygen)농도 또는 산도(acidity)의 변화를 이용해 혈당을 측정하게 될 것이다.

효소를 이용한 센서를 몸안에 이식하기 위해서는 많은 기술적인 문제가 먼저 해결되어야 한다. 효소활성기간은 제한되어 있는데 내구성이 강한 센서를 어떻게 만들 것인가? 당뇨



인에게 좀더 안전하고 편리한 방법은 어느 것인가. 센서를 완전히 이식할 것인가 아니면 피부아래에 살짝 넣을 것인가? 수명은 얼마나 되어야 하나? 센서를 수술에 의해 이식해야 한다면 번거로움을 줄이기 위해서라도 수명이 1년은 넘어야 한다.

혈액에서 직접 혈당을 측정할 수 있도록 혈관에 센서를 넣는 것이 나올 것인가, 아니면 피하에 넣어 세포를 둘러싸고 있는 간질액에서 측정하도록 하는 것이 나올 것인가?

다음에 소개될 세명의 과학자들은 각각 센서를 개발중인데 여러면에서 비슷한 점을 발견할 수 있다. 모든 센서에는 포도당 산화효소를 이용한다. 모두 신체가 받아들일 수 있는 물질 즉, 백금(platinum), 은(silver), 테플론(teflon), 규소(silicone), 폴리프로필렌(polypropylene), 유리(glass)를 이용해 만들어진다. 그러나 유사성도 여기서 끝이 난다.

## 주입방법은

George Wilson은 간질액에서 혈당을 측정하는 장치를 개발하고 있다. 그의 지적에 의하면 혈액중에 혈당수치가 인슐린이나 경구혈당강하제의 양을 결정하는데 큰 문제가 있지만 약 5분마다 변동이 있다고 한다. 그리고 혈액내 센서를 넣을 경우 혈액응고와 감염의 위험이 있다. 이들을 감안했을때 피하에 넣는 장치가 우수하다는 것이 그의 주장이다. 어

떤 장치건간에 몸안에 들어가면 감염의 위험은 있게 마련이지만 피부감염이 혈액내 감염보다 덜 위협적이라고 설명한다.

Wilson은 세명의 프랑스 연구자들과 함께 외부에서 통제가 가능한 센서와 미세한 바늘의 크기와 형태를 테스트하고 있다. 이 센서는 피하 특히 팔뚝쪽에 주입될 것이다.

Wilson은 “센서를 이식할때는 인슐린을 주사할 때보다 약간의 통증만이 가중될 뿐이다.”라고 말한다.

이식이 끝나면 센서와 연결된 줄은 피부밖으로 나오게 되고, 작은 상자 즉 모니터에 다시 연결된다. “시계만한 크기의 장치를 가지고 있으면 언제든지 보기만 하면 혈당치를 알게된다.” 이 상자는 또한 메모리기능이 있어 혈당변화를 기억한다. Wilson의 이 장치를 교체하려면 센서와 연결된 줄을 잡아당겨 빼내고 다시 새것을 주입한다.

Wilson에 따르면 다음 단계는 당뇨인에게 직접 센서를 주입해보는 테스트와 모니터를 작게하는 것이라고 한다.

## 보충되어야할 문제들

Ebtisam Wilkins 역시 피하용센서를 고안해왔지만 그녀가 해결해야할 센서의 내구성문제는 Wilson의 것과는 다르다.

그녀가 개발중인 센서는 흑연(graphite)으로 채워져 있으며 여기에 포도당 산화효소도 첨가되어 있다. 이 효소는 화학적으로 탄소와



붙는 작용이 있기 때문에 보통 3개월간 작용할 수 있는 것에 비해 더 오래 효과가 지속된다. 그러나 보다 중요한 것은 「효소의 활성이 없어지면 직접 센서에 채워넣을 수 있다」는 점이라고 Wilkins는 말한다. 효소는 피부밖으로 나온 아주 작은 튜브를 통해 주입될 것이다.

쌀의 입자보다도 작은 센서는 피부의 틈을 통해 이식된다. 다음 단계에서 센서는 외부의 모니터에 연결된다. 현재 그녀가 연구중인 것은 원격조정장치이다. 이 장치가 개발되면 센서와 모니터사이에 물리적인 연결이 필요없어지고 무선이나 자기신호를 받아 결과를 알 수 있다. 그러므로 센서는 외부로 연결되는 줄이 필요없어지고 피하에 완전히 이식할 수 있

다. 이경우 내용물을 채워넣기 위해서는 이식된 인슐린 펌프를 채워넣는 것과 같이 피하세포막을 통해 주입한다. 그러나 지금까지는 이 연구들이 양을 대상으로만 시행되어져왔다. Wilkins은 빠른 시기에 개에게 실험할 수 있기를 희망하고 있다.

“대부분의 환자들은 피하용 장치를 좋아하지 않는다”고 David Gough는 말한다. “피부밖으로 나온 줄이 센서와 연결되어 있다면 불편하고 감염의 위험이 있다.” 그래서 Gough는 혈관에 이식되는 센서를 개발했다. 그에 의하면 응혈의 위험은 아주 낮다고 한다.

Gough가 개발한 센서는 포도당 산화효소와 더불어 카탈라제(Catalase)라는 효소도 포함



하고 있어 포도당 산화효소의 효과를 연장시킨다. 그가 행한 실험에서 이 센서는 개의 경우 100일간 효과를 나타냈는데 그가 예상하는 대로라면 1년이상으로 효과를 연장시킬 수 있을 것이다.

법이다.

**전망은**

이식할 수 있는 모니터와 인공췌장이 언제

**이식할 수 있는 모니터와 인공췌장이 언제 실험단계에서 벗어날지는 예측하기 어렵다.**

**인공췌장은 10년내에 실용화될 수도 있지만 경보장치가 달린 일종의 이식용 모니터는 2~5년내에 개발될 것이다. 혈당이 너무 낮게 내려갈 때 경보음을 낼 수 있기 때문에 이식용 모니터는 당뇨관리를 하는데 있어 모니터 장치와 미래인공췌장의 일부분이라는 이중역할을 할 수 있다.**

센서와 발신장치는 완전히 피하에, 동시에 센서의 끝은 혈관에 있도록 이식한다. 개를 통한 실험에서, 그는 센서의 끝이 심장으로 가는 혈관안쪽에 있도록 했다. 사람에게는 국소마취상태에서 심장박동기를 부착하는 식으로 이식될 수 있다고 한다. 발신기는 센서와 연결되어 있으며 센서의 크기는 클립만 하다. 이식후 무선신호는 시계나 허리띠에 부착된 외부의 송신기로 전달된다.

현재 Gough가 개발한 센서는 개의 경우 성공적이며 의학기기업체와 완성품을 만들기위해 접촉하고 있는 상태다. 사람에게 실험할 수 있는 FDA의 승인하에 올해부터 본격적인 실험이 시작될 것이다. 또 한가지 과제는 관독결과에 따라 당뇨인이 인슐린량을 조절하는 방

실험단계에서 벗어날지는 예측하기 어렵다. Gough는 1960년대 과학자들이 이식용 모니터는 1~2년내에 실용화될 거라고 예측했었던 것을 상기시키며 “실험실에서 글루코오스 측정기를 만드는 것은 쉽지만 실제로 인체에 적용하려면 복잡한 단계를 거쳐야 한다.”고 말한다.

인공췌장은 10년내에 실용화될 수도 있지만 경보장치가 달린 일종의 이식용 모니터는 2~5년내에 개발될 것이다. 혈당이 너무 낮게 내려갈 때 경보음을 낼 수 있기 때문에 이식용 모니터는 당뇨관리를 하는데 있어 모니터 장치와 미래인공췌장의 일부분이라는 이중역할을 할 수 있다.