

피부관통시 통증을 최소화하는 일회용 자동 모세혈액 채취기구

김현식 · 김경아 · 전명희* · 김태임* · 정용현** · 이태수 · 차은종

충북대학교 의과대학 의공학교실, 대전대학교 한의과대학 간호학과*, (주)거상화학**
(2002년 4월 9일 접수, 2002년 9월 30일 채택)

Single use Automatic Lancet to Minimize Pain During Skin Puncture

Hyun Sik Kim, Kyung Ah Kim, Myung Hee Chun*,
Tae Im Kim*, Yong Hyun Jung**, Tae Soo Lee, Eun Jong Cha

Department of Biomedical Engineering College of Medicine, Chungbuk National University

Department of Nursing Science Oriental Medical College, Taejeon University* Geosang Chemical Co., LTD.**

(Received April 9, 2002. Accepted August 30, 2002)

요약: 만성 당뇨병 질환자는 일 2회 이상 모세혈액을 채취하여 혈당검사를 행함으로써 자신의 혈당 수준을 지속적으로 관리해야 한다. 모세혈액 채취를 위하여 채혈침으로 빈번하게 피부관통을 행해야 하므로 채혈시 뒤따르는 통증은 대단히 중요한 문제이다. 본 연구에서는 기존의 수동 및 자동 채혈침들이 가지는 통증 유발요인들을 모두 최소화하는 기전을 고안하였다. 경사각을 이루는 taper형 스프링, 채혈침을 일관성있는 방향으로 이동시키는 guiding tunnel, 현존하는 기술로 제조할 수 있는 가장 가는 30G 채혈침을 적용함으로써 통증을 최소화 하였다. 침의 침투 깊이를 피하 2mm로 제한하여 통증을 최소화하는 동시에 출혈량을 감소시켰다. 또한 환자 간 감염 및 이차 감염을 방지하기 위하여 사용이 용이한 재사용 방지 기전을 설치하였다. 당뇨병환자, 일반인 및 간호실습생들을 대상으로 한 임상실험 결과 통증 및 사용편의성과 안전성 모두 우수한 것으로 입증되었다. 일회 채혈로 모두 성공적인 혈당검사가 가능하였으며 단순한 구조의 소형화·일체화된 일회용 자동채혈침의 형태로 구현하였다. 본 연구결과는 혈당검사를 위한 모세혈액 채취시 최적의 방법을 제공하였으며 실용성 또한 우수한 것으로 판단되었다.

Abstract: Chronic diabetic patients need to sample capillary blood for monitoring and controlling the blood sugar level. Frequent sampling requires to minimize pain during skin puncture. The present study developed mechanisms to minimize pain with effective sampling procedure, which consisted of tapered spring, guiding tunnel, and 30G needle. Penetration depth was limited to within 2mm for pain reduction as well as for safety. Simple no-reuse mechanism also prevented the cross-patient and secondary infection possibility. Clinical experiments demonstrated the best convenience and safety with minimal pain in the diabetes, normal, and nursing students groups. Single blood sampling was enough for successful blood sugar test by portable analyzer. The present single use auto-lancet should be of great convenience in frequent capillary blood sampling for the diabetes.

Key words: Capillary blood sampling, Auto-lancet, Single use device.

서 론

당뇨병 환자에 있어서 혈당수준의 적절한 유지는 필수적인 문제이다. 특히 만성 당뇨병환자는 자가에서 혈당수준의 관리

가 이루어져야 한다[1,2]. 일 2회 이상 빈번하게 혈액을 채취해야 하므로 정맥혈액보다는 피하 모세혈액을 채취하여 혈당검사에 사용하는 것이 일반적이며 정맥혈액 검사결과와 크게 다르지 않은 것으로 보고되어있다[3]. 그러나 모세혈액을 채취하고자 하면 침을 사용하여 피부관통을 행해야 하므로 통증이 뒤따르고 특히 유아에 있어서는 생리적·정신적 문제소지를 안고 있다[4,5]. 따라서 모세혈액 채취 전용침(채혈침)을 별도의 격발기구에 장착한 후 수동으로 피부관통하는 방법을 널리 사용하고 있으며, 통증을 최소화하는 연구도 활발하다[6]. 채혈침이

※ 이 논문은 보건복지부 선도기술·의료공학 기술개발사업(과제번호: HMP-98-G-1-030-A)의 지원에 의한 결과임.

통신저자: 차은종, (361-763) 충북 청주시 흥덕구 개신동 산 48번지
충북대학교 의과대학 의공학교실

Tel. (043)276-1495, Fax. (043)273-0848

E-mail. ejcha@med.chungbuk.ac.kr

피부를 관통할 때 발생하는 통증은 피부관통과정의 비일관성(속도 및 진동)과 침의 굵기 그리고 침투깊이에 관계된다. 이를 개선하는 방안으로 스프링을 사용하는 격발기구를 소형화하여 내장한 일회용 자동채혈침이 개발되었으며, 유아실험결과 통증이 유의하게 감소하였다[7,8]. 그러나 침을 격발한 후 침이 피부를 관통하는 과정에서 침의 진동을 방지하는 기전이 없고 굵은 침을 사용하는 것이 대부분인 바, 통증 최소화의 여지가 남아있다. 또한 사용자가 한번 사용한 침을 실수 혹은 고의로 재사용하면 환자 간 혹은 이차 감염의 소지가 매우 크며, AIDS와 같은 감염성 질환의 경우 그 결과는 치명적이다. 이에 본 연구에서는 과거 연구결과에 근거한 체계적인 설계를 통해 통증 유발의 소지를 최소화하고 이차적으로 재사용이 불가능하도록 재사용 방지기전을 내장한 자동채혈침을 개발하였다. 정상인파 환자들을 대상으로 임상실험을 수행하였으며 기존의 채혈침보다 통증 감소의 효과가 현저하였다.

재료 및 방법

기본원리

채혈침으로 피부를 관통하는 원리는 일반적으로 스프링의 탄성력을 이용한다. 그림 1(a)에 보인 바와 같이 질량 m 인 물체가 탄성계수 k 인 스프링에 연결되어 움직일 때 변위 $x(t)$ 는

$$x(t) = -L \cdot \cos(\sqrt{k/m} \cdot t) \quad (1)$$

이다. 이때 L 은 최대 압축 혹은 인장거리이다. 진동의 주기 T 는

$$T = 2\pi / \sqrt{k/m} \quad (2)$$

으로 표현된다. 그림 1(a)에서 스프링에 채혈침을 연결한 후 L 만큼($x=-L$) 압축하였다가 $x=0 \sim L$ 위치에 있는 피부를 향해 스프링을 이완시키면 침은 피부를 관통하며 좌우 이동할 것이다. 그러나 에너지 손실이 충분히 빨리 일어난다면 1회 관통 후 신속하게 $x=0$ 위치로 복귀한다. 이 때 통증을 유발하는 요소는 스프링의 이완시 침이 피부표면에 수직으로 진행되는 동작이 이상적일 수 없으므로 피부 표면과 평행한 방향으로 수평진동하는 현상과 침의 굵기, 그리고 피부관통거리(침투깊이)에 관계된다.

설계 및 제작

통증을 최소화하기 위하여 기존의 수동 및 자동 채혈침이 안고있는 문제점들을 고려하여 각각에 대해개선하는 방향으로 설계하였다. 우선, 가능한 가는 침을 사용하기 위하여 본 연구팀에서 기개발한 30G 침을 채택하였다. 30G 채혈침은 세계 최초의 채혈침 제품으로 본 연구팀에서 개발한 채혈침 자동제조 기술에 의해 가능하였다[9]. 채혈침 자동제조기술은 채혈침을

금형으로 이송하여 자동 사출하는 로봇 형태의 시스템으로 대량 생산이 가능하므로 가격 경쟁력을 확보할 수 있다. 자동채혈침의 제조공정은 채혈침 제작, 기구물 사출, 조립의 과정으로 이루어지는데 모두 별도의 자동 생산시스템에 의해 제작되므로 가격경쟁력이 충분하다. 한 예로 영국 Owen Mumford사의 Autolet 제품의 공장도 가격이 \$0.07 정도임에 비해 본 연구에서 개발한 제품의 단가는 약 \$0.05로 충분한 가격경쟁력이 있다.

피부 관통시 통증 유발의 요인이 되는 침의 수평진동을 방지하기 위하여 2가지 기전을 고안하였다. 스프링을 taper 형태로 제작하여 직경이 작은 상부에 침을 장착시키고 직경이 큰 하부를 기구의 케이스에 고정함으로써 스프링 이완시 직경이 일정한 스프링에 비해 상부의 수평진동이 작아지도록 하였다. 직경 변화량은 기구 및 침의 크기에 제한을 받으므로 최대한의 경사각인 15°로 설정하였고 taper 형태가 되도록 직경을 줄이며 12번 감아서 제작하였다. 스프링 이완 후 침이 진행할 때 수평진동을 방지하기 위하여 침 몸체의 단면을 사각형으로 하고 진행방향과 평행한 형태의 터널구조를 케이스 내부에 형성하였다. 즉, taper형태의 스프링에 의해 침을 이완할 때 수평진동을 감소시키고, 스프링 이완후 침이 진행할 때 수직 방향의 터널을 통과하게 함으로써 수평진동을 최소화하였다. 최종적으로

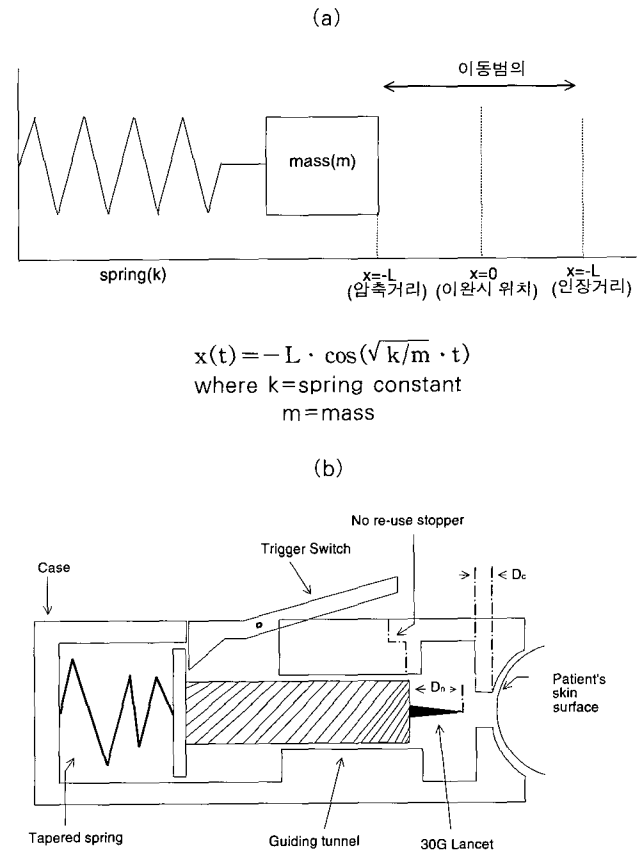


그림 1. 자동채혈침의 동작원리(a) 및 구조도(b).
 Fig. 1. Operation principle(a) and structure(b).

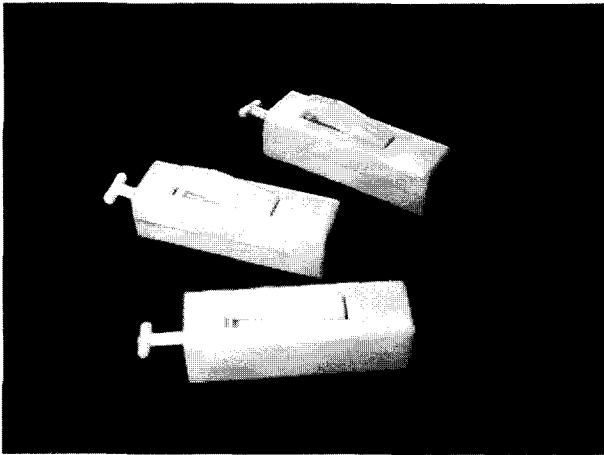


그림 2. 시제품의 형태로 완성한 자동채혈침의 실물사진.
Fig. 2. Proto-type implementation of the present auto-lancet.

로 고안된 자동채혈침의 구조를 그림 1(b)에 제시하였다. 스프링을 자체 제작한 후 넓은 범위(0~20mm)의 변위가 얻어지도록 추의 무게를 변화시키며 탄성계수를 10회 반복 측정하였다.

채혈침이 피부를 관통할 때 속도가 늦어질수록 그리고 관통 깊이가 깊을수록 통증은 증가한다. 피부관통은 스프링 이동의 한주기 내에서(실제는 반주기의 1/3~1/2 순간) 일회 이루어지므로 가능한 짧은 이동주기가 되도록 해야한다. 식(2)에서 스프링 이동의 주기는 침 및 스프링의 질량과 탄성계수의 함수이므로 제작시 한계를 고려하여 최대한 짧은 주기가 얻어지도록

침의 크기 및 질량을 결정하였다. 채혈침으로 피부를 관통하여 모세혈액을 채취할 때 모세혈관이 집중되어있는 부위까지 침투해야 혈당검사를 위해 충분한 양의 혈액을 얻을 수 있다. 모세혈관이 집중 분포하는 피하 깊이는 유아의 경우 0.35~1.6mm로 알려져 있으므로[10], 그 중간값인 1mm까지 침투하도록 침투 깊이(그림 1(b)에서 $D_n - D_c$)를 설정하였다. 그러나 이는 개인에 따라 혹은 인종에 따라 큰 차이가 있으며 성인의 경우 피부가 보다 두꺼우므로 2mm까지 침투하도록 D_c 를 조정하였다. 유아의 경우 2.4mm 이상 침투하면 위험한 것으로 알려져 있음[10]을 볼 때 침투깊이를 다소 증가시키는데 따른 위험성은 없다.

채혈침을 재사용하면 치명적인 감염가능성이 높아지므로 일회 사용후 다시 사용할 수 없도록 재사용 방지기전을 고안하였다. 그림 1(b)에서 트리거 스위치를 누르면 스프링이 이완되어 침이 피부를 관통한 후 케이스 내부에서 멈추어 선다. 이때 사용자가 한번 더 침을 눌러 케이스 내부로 넣으면 트리거 스위치의 끝이 걸림턱(No re-use stopper)에 걸려 빠지지 않도록 내부구조를 형성하였다.

상술한 대로 설계된 일회용 자동채혈침을 대량생산하기 위하여 금형을 제작하였다. 본 연구팀에서 개발한 채혈침 대량생산 시스템[9]을 사용하여 침을 제작하였고 케이스 및 스프링은 별도로 제작하여 조립하는 공정을 채택하였다.

임 상 실 험

본 연구에서 개발한 일회용 자동채혈침의 성능을 검증하기

표 1. 자동채혈침의 사용편의성 및 통증·안전성 조사결과

Table 1. Survey results of the convenience, pain, and safety scores of the auto-lancet.

사용편의성	준비단계	7.2±2.7
	채혈단계	6.4±4.8
	폐기단계	8.5±2.0
통증 및 안전성	채혈당시	4.1±5.7
	채혈 10분 후 감각	3.9±5.2
	채혈 10분 후 상처	4.2±5.0
	채혈 안전성	6.1±5.1

※ 평균±표준편차로 점수를 제시함.

점수는 -10~+10점 범위로 +, - 부호는 각각 자동채혈침과 수동채혈침 중 어느 것이 상대적으로 편리하고 안전한지를 나타내며 점수가 10점에 가까울수록 성능이 우수함을 나타냄.

표 2. 환자 교육의 난이도 조사결과.

Table 2. Survey results for patient education.

난이도 항목	빈도(명)	상대빈도(%)	제품 선호도에 따른 상대빈도(%)
수동이 훨씬 쉬움	1	3.2	10(수동)
수동이 다소 쉬움	2	6.5	
대동소이함	4	12.9	13(대동)
자동이 다소 쉬움	9	29.0	
자동이 훨씬 쉬움	15	48.4	77(자동)
계	31	100	

위하여 임상실험을 수행하였다. 본 연구와 유사한 형태의 일회용 자동채혈침이 일부 선진국에서 생산·판매되고는 있으나 국내에는 거의 보급되어있지 않으므로 가장 널리 사용되는 수동채혈침과 본 자동채혈침의 비교실험을 수행하였다. 수동채혈침은 동일한 스프링 탄성력을 이용하지만 별도의 격발기구를 사용하므로, 소형화·일체화에 따른 통증감소효과를 검증하기 위하여 적절하였다고 판단된다. 국내에는 거의 보급되어있지 않으나 선진국 제품 중 가장 우수한 성능으로 평가되는 자동채혈침 제품은 영국 Owen Mumford사의 Autolet 제품으로 본 제품과 동일한 원리를 사용하지만 침의 수평진동 방지기전과 재사용 방지기전이 없으므로 본 개발품의 성능이 보다 우월하다고 볼 수 있다.

충북대학교 병원 내과에 입원한 당뇨병 환자 31명을 대상으로 하였다. 남녀 각각 16, 15명으로 평균 연령은 약 60세이었다. 이들은 모두 일 2회 이상 혈당검사를 해야 하는 환자들로서 채혈침 사용에 익숙한 환자들이었다. 수동채혈침과 자동채혈침을 번갈아 사용하며 검사한 후 설문지를 작성하는 방식으로 임상실험을 진행하였다. 궁극적으로 자가 채혈이 목적이므로 담당 간호사가 사용자 교육을 시행하여 교육난이도를 평가하였다. 설문조사 양식은 사용단계별 편의성 3항목 및 통증·안전성 3항목을 -10~+10점으로 점수화 하였는데 0점은 수동 및 자동 채혈침이 동등함을 의미하고 +점수가 커질수록 자동채혈침이 우수함을 나타낸다. 기타 항목에는 5단계의 환자교육난이도를 조사하는 항목이 포함되어있다.

당뇨병과 혈당검사에 경험이 없는 일반인 28명과 대전대학교 간호실습생 37명을 대상으로 임상실험을 수행하였다. 이는 선입견이 없는 비전문가와 향후 환자관리의 주체가 되는 사용자들이 주관적으로 느끼는 통증과 사용편의성을 조사하기 위함이다. 자동채혈침 만을 제공하여 주관적인 통증정도를 0~10점의 절대점으로 기록하게 하였고 휴대용 혈당검사로 자가검사를 시행하게 하였다. 일반인 중에는 10세 미만의 어린이와 70세 이상의 노인도 포함되어 있었다.

결과 및 고찰

스프링의 탄성력을 10회 반복 측정한 결과 탄성계수는 $2.6776 \times 10^5 \text{ dyne/cm}$ 이었고 넓은 범위(0~20mm)에 걸쳐 선형적인 힘-변위 관계를 얻었다(표준편차<0.5%). 따라서 본 연구에서 제작한 스프링은 충분히 큰 힘으로 일관성있는 탄성력을 제공할 수 있음을 확인하였다. 스프링과 침의 무게는 약 0.3g으로 1회 진동 주기는 약 7msec이었다. 피부관통 순간은 반주기 이내에서 이루어지므로 적어도 3.5msec이내에 순간 관통이 이루어진다. 이는 크기가 큰 수동 격발기구에 비해 매우 신속하고 정교한 피부관통이 이루어짐을 의미한다.

당뇨병환자를 대상으로 수행한 임상실험에서 단계별 편의성은 준비-채혈-폐기 단계 모두 +6점 이상의 점수를 보였다(표 1). 통증 및 안전성을 반영하는 채혈당시 및 10분 후 감각과 상처는 약 +4점이었고 안전성에 대한 의견은 +6점이었다. 즉,

혈당검사에 경험이 많은 당뇨병 환자들이 본 연구의 자동채혈침이 보다 안전하고 통증도 적으며 사용하기 편한 것으로 평가하였다. 이는 본 연구에서 다각도로 고려한 통증 완화 및 사용자 편의성 설계 개념의 종합적인 결과로 판단된다. 간호사들이 평가한 환자 교육의 난이도 조사결과를 표 2에 제시하였다. 자동채혈침이 훨씬 쉽다고 답한 간호사가 가장 많았으며(48.4%), 77%는 자동이 쉽다고 답하였다. 수동이 쉽다고 답한 간호사는 10%에 불과하였다. 객관적인 관점에서 보면 복잡한 10가지 사용단계를 행해야 하는 수동채혈침에 비해 5가지 단계만 행하면 되는 자동채혈침의 사용법 교육이 훨씬 용이한 것이 자명하지만, 일부 간호사들이 과거의 수동채혈침 사용경험에 익숙해있었기 때문에 수동을 선호한 것으로 판단된다. 대부분의 환자 및 간호사들이 자동채혈침의 성능이 훨씬 우수한 것으로 평가하였으므로 본 개발품의 효용성이 검증되었다. 기존에 생산·판매되는 가장 선진 제품은 Owen-Mumford사의 Autolet 제품(WO 93/019671, 1993)으로 본 연구와 유사하지만 26G 침을 장착하였고 Guiding tunnel이 없으므로 침의 수평진동이 상대적으로 심하며 통증 또한 클 것으로 예상할 수 있다. 본 연구는 기존의 개발제품에 비해 통증 최소화 기전이 가장 잘 고려된 것이다.

절대적이고 주관적인 통증 평가를 위하여 일반인과 간호실습생들을 대상으로 임상실험을 수행하였다. 상대 비교가 아닌 절대적으로 느끼는 통증을 0~10점 스케일로 기록하게 한 결과 간호실습생의 경우 약간(혹은 다소) 따끔한(통증 점수 5.1 ± 0.50) 정도로 기록하였고 일반인은 오히려 덜 따끔한(통증 점수 3.5 ± 0.63) 것으로 느끼는 것을 알 수 있었다. 통증은 선입견에 의해 많이 좌우되므로 객관적 척도를 얻는 것이 어려우나 본 조사결과에 의하면 부담스럽지 않은 약간 따끔한 정도의 통증으로 평가된다. 본 연구에서 시행한 통증 실험은 일반인의 경우 절대적인 통증 조사, 그리고 당뇨병 환자의 경우 수동과 자동채혈침의 비교 조사로 이루어져 있다. 당뇨병 환자의 경우 통증점수의 평균값이 +4~6점 정도로 이는 자동채혈침이 수동채혈침에 비해 상대적으로 통증이 적다는 것으로 평가할 수 있다. 점수의 범위가 -10~+10점이므로 자동채혈침의 통증이 수동에 비해 대략 1/2 정도의 통증인 것으로 생각할 수 있을 것이다. 수동채혈침에 비해 자동채혈침의 통증이 약 반 정도에 해당하는 것은 빈번히 채혈해야 하는 환자들의 공포감을 현격하게 줄여줄 수 있을 것으로 사료된다. 일반인 중에는 10세 미만의 어린이도 2명 포함되어 있었으며 모두 특별한 통증을 느끼지 못하였다. 채혈 5분후 감각은 참여자 모두 별 이상이 없다고 답하였으며 특별한 불편사항은 없었다. 스스로 채혈하여 혈당검사를 행하게 한 결과 모두 1회 채혈로 혈당 검사가 가능하였으며 약 90%의 대상자들이 걱정한 혈액량을 얻었다고 답하였다. 휴대용 혈당기가 검사를 위하여 필요로 하는 혈액량은 0.2~0.5ml이므로 너무 작지도 많지도 않은 0.5ml 이하의 최적의 혈액량을 얻을 수 있었다. 통상 가장 널리 사용하는 23G 채혈침은 상당히 많은 출혈을 유발하며 일부 환자들은 뒷처리에 곤란을 겪는 수도 있다. 이는 또한 이차적

인 감염 가능성도 내포하고 있다. 침이 가늘고 얇게 침투할수록 통증과 감염가능성이 적어지지만 소량의 혈액이 얻어지므로 검사 수행이 불가능할 수 있다. 그러나 본 실험을 통하여 모두 일회 채혈로 성공적인 검사가 가능하였으므로 최적의 혈액량을 얻었다고 판단된다. 본 연구에서는 30G 채혈침을 불과 2mm 침투시켰으므로(통상 3mm정도 침투시킴) 통증이 최소화된 상태에서 검사에 필요한 충분한 양의 혈액을 얻었다고 할 수 있다. 매일 수 차례 혈당검사를 행해야 하는 만성 당뇨병환자에게는 통증 완화가 대단히 중요한 문제로써 본 연구의 타당성과 효용성을 뒷받침해 준다. 본 연구에 참여한 일반인 중에는 70세 이상의 노인이 2명 포함되어 있었으며 스스로 채혈, 검사하는데 있어서 어려움이 없었다.

환자가 실수 혹은 고의로 채혈침을 재사용하면 혈액접촉을 통한 감염가능성이 발생한다. 재사용이 아니더라도 수동채혈침의 경우 침이 노출된 상태에서 조작해야 하므로 안전과 감염의 위험이 상존한다. 또한 채혈 후 폐기과정에도 특별히 주의할 기울여야만 안전한 사용이 보장된다. 본 연구에서는 채혈을 위하여 트리거스위치를 누른 후 단순히 한번 더 누르면 트리거 스위치가 케이스 내부에 고정되어 다시 사용할 수 없는 상태가 된다. 사용 후 침의 끝은 케이스 내부에 위치하므로 폐기과정에서 외부로부터 침 끝에 접근할 수 없다. 따라서 특별한 조작이나 주의없이 폐기할 수 있다. 감염방지를 위한 재사용방지기전은 AIDS와 같은 치명적인 질환의 감염을 방지할 수 있는 중요한 기전으로 선진국 제품에서도 채택한 바 있으나(U.S. Patent No. 5,100,427, 1992), 조작이 번거롭고 새로운 폐기물을 배출시키는 기전으로써 본 연구에서 고안한 것보다 훨씬 불편하다. 본 연구에서는 통증 완화기전과 재사용방지기전이 독창적이고 기능적으로 우월하다고 판단되어 발명특허를 출원하였다(출원번호 10-2000-0055280, 2000). 시제품의 형태로 완성된 본 자동채혈침의 실물사진을 그림 2에 보였다.

결 론

본 연구에서는 스프링을 사용한 격발기전을 소형화·일체화하여 내장한 일회용 모세혈액 채취기구인 자동채혈침을 개발하였다. 기존의 연구결과에 입각하여 기술적으로 가능한 가장 가는 침인 30G 채혈침으로 가능한 얇은 피하 2mm까지만 순간 침투(<3.5msec)하여 소량의 모세혈액을 얻을 수 있도록 체계적으로 설계·제작 하였다. 침의 수평진동을 방지하는 스프링의 taper구조와 guiding tunnel을 고안하여 채혈시의 통증을 최소화하였다. 단순한 재사용방지기전을 고안함으로써 감염가

능성 역시 최소화하였고 사용 편의성을 증진시켰다. 임상 실험 결과 환자들에게 교육하고 사용하는데 있어 기존의 채혈침보다 월등한 성능을 입증하였으며 일반인 및 간호실습생 역시 최소한의 통증 밖에 느낄 수 없었다. 혈당검사를 위하여 채취하는 혈액량도 적절하였다. 따라서 본 연구결과가 실용적으로도 응용 가능성을 입증하였다.

참 고 문 헌

1. J.D. Baum, "Home monitoring of diabetic control", Arch Dis Children, Vol. 56, pp. 897-899, 1981
2. J.H. Baumer, A.D. Edelsten, B.C. Howlett, C. Owens, C.A. Pennock, D.C. L. Savage, "Impact of home blood glucose monitoring on childhood diabetes", Arch Dis Children, Vol. 57, pp. 195-199, 1982
3. R.M. Cowett, L. D'Amico, "Capillary(Heelstick) versus venous blood sampling for the determination of glucose concentration in the neonate", Biol Neonate, Vol. 62, pp. 32-36, 1992
4. D.P. Barker, N Rutter, "Exposure to invasive procedures in neonatal intensive care unit admissions", Arch Dis Childhood, Vol. 72, pp. F48-F49, 1995
5. N. McIntosh, L. van Veen, H. Brameyer, "Alleviation of the pain of heel prick in preterm infants", Arch Dis Childhood, Vol. 70, pp. F177-F181, 1994
6. M.E. Loveland, S.D. Carley, N. Cranfield, V.F. Hiller, K. Mackway-Jones, "Assessment of the pain of blood-sugar testing: a randomized controlled trial", Lancet, Vol. 354, pp. 921, 1999
7. V.A. Harpin, N. Rutter, "Making heel pricks less painful", Arch Dis Children, Vol. 58, pp. 226-228, 1983.
8. R.C. Turner, R.R. Holman. "Automatic lancet for capillary blood sampling", Lancet, Vol. 333, pp. 712, 1978
9. 김현식, 정용현, 이태수, 차은중, "일회용 채혈침 대량생산 기술", 한국산학연논문집, 제 1권, pp. 140-145, 2001.
10. T.M. Blumenfeld, G.K. Turi, W.A. Blanc, "Recommended site and depth of newborn heel skin punctures based on anatomical measurements and histopathology", Lancet, Vol. 334, pp. 230-233, 1979