요 스트립검사 자동화를 위한 동시 비교 스캔 기법 예비 연구

이상봉 · 최성수 · 이인광 · 한정수 · 김완석 · 김원재* · 차은종 · 김경아†

Automation of urine dipstick test by simultaneous scanning : A pilot study

Sang-Bong Lee, Seong-Su Choi, In-Kwang Lee, Jeong-Su Han, Wan-Seok Kim,
Wun-Jae Kim*, Eun-Jong Cha, and Kyung-Ah Kim†

Abstract

Urinalysis is an important clinical test to diagnose urinary diseases, and dipstick method with visual inspection is widely applied in practice. Automated optical devices recently developed have disadvantages of long measurement time, big size and heavy weight, accuracy degradation with time, etc. The present study proposed a new computer scanning technique, in which the test strip and the standard chart were simultaneously scanned to remove any environmental artifacts, followed by automated differentiation with the minimum distance algorithm, leading to significant enhancement of accuracy. Experiments demonstrated an accuracy of 100 % in that all test results were identical with the human visual inspection. The present technique only uses a personal computer with scanner and shortens the test time to a great degree. The results are also stored and accumulated for later use which can be transmitted to remote locations through a network, thus could be easily integrated to any ubiquitous health care systems.

Key Words : urinalysis, dipstick method, simultaneous scanning, euclidean distance

1. 서 론

요(urine)는 혈액속의 노폐물과 수분이 신장에서 여과된 후 방광에 저장되었다가 요도를 통하여 신체 밖으로 배출되는 체액이다. 요의 구성 물질은 요소, 요산, 크리아틴, 아미노산 등의 신진대사 물질과 여러 종류의 유·무기염류 및 해독 물질들, 미량의 비타민, 호르몬, 효소 등이며, 신체에 이상이 생기면 요 성분의 조성이 변화한다. 색깔이나 혼탁 정도가 변하거나, 단백질, 당, 적혈구, 세균, 백혈구 등의 이상 물질이나 세포들이 요에 출현한다^[1].

요검사(urinalysis)는 이러한 요의 물리화학적 변화로부터 신체 일부의 기능을 평가하는 검사로서 건강상태

에 대한 정보를 조기에 얻을 수 있으므로 건강검진이나 질병의 진단시 가장 기초가 되는 중요한 검사이다^[2-5]. 또한 반복하여 시행함으로써 환자의 질환상태를 정기적이고 지속적으로 평가할 수 있다^[6].

요검사는 요침사(urinary sediment) 검사, 요의 색깔 및 혼탁도(turbidity) 검사, 스트립을 이용한 비색표 검사(dipstick method) 등이 있다. 요침사 검사는 채뇨 후 1시간 이내의 신선한 요를 원심분리하여 요 내에 있는 적혈구, 백혈구 및 세균의 질과 양을 정량적으로 판정하는 검사이다. 요의 색깔 및 혼탁도는 육안으로 그 정도를 판별하는데, 연한 미색(pale yellow)을 띠고, 맑고 투명한 것이 정상이다. 스트립의 색 변화를 이용하는 비색표 검사는 스트립을 요에 담갔다가 꺼내어 스트립의 색과 가장 유사한 색을 나타내는 차트(시험지)를 표준비색표 상에서 육안으로 판정, 검사결과를 선택한다. 검사항목은 총 10개로 구성되는데 검사목적에 따라 5~10개로 결정된다. 비색표 검사는 요, 스트립, 표준비색표만 있으면 간단히 수행할 수 있으므로 일반인도 손쉽게 검사할 수 있어 자가 채택검사도 가능하다.

비색표 검사 시 육안 판별은 주관적일 수 있고, 나

충북대학교 의대 의공학교실(Department of Biomedical Engineering, Chungbuk National University), 충북대학교 의학전문대학원, BK21 차세대 선도 의과학 전문인력 양성사업단(BK21 Chungbuk Biomedical Science Center)

*충북대학교 의대 비뇨기과학교실(Department of Urology, Chungbuk National University)

†Corresponding author : kimka@chungbuk.ac.kr

(Received : January 19, 2010, Revised : February 25, 2010)

Accepted : March 12, 2010)

가 의도하지 않은 실수로 검사오류의 가능성을 피할 수 없다. 최근, 검사결과와 객관화를 위해 비색표 검사결과를 자동으로 판별하는 분석기기들이 국내외에서 개발되고 있다^[7-10]. 국내에 시판되고 있는 대표적인 외국 제품으로는 URISYS 1100(roche, swiss), Clinitek (SIEMENS, Germany), URITEK series(teco, U. S. A.), Mditron M(behringer manhein, Germany) 등이 있으며, 국내 제품으로는 CYBOW Reader((주)디에프아이사, Korea), URISCAN S-300(영동전자, Korea) 등이 있다. 이러한 기기들은 대부분 분광분석법을 적용하여 광원에서 빛을 스트립에 조사하고 이로부터 반사 및 분산되는 빛을 포토다이오드와 같은 광센서로 검출한 후 분석하여 색을 판별한다^[11-13]. 기기 내에 위치하는 광원은 스트립 차트별로 순차적으로 빛을 조사하기 때문에 측정시간이 수분 정도 소요되며 차트별로 빛을 조사하기 위해 스트립이나 광원을 이동시켜야 하므로 전기모터의 사용이 필수적이다. 따라서 크고, 무거우며, 가격이 상승한다는 문제점을 가지고 있다. 이에 더하여, 시간이 지남에 따라 광원의 특성이 변화하므로 기기 수명이 단축되고 정확도 역시 떨어지는 문제점 또한 가지고 있다^[9,10].

본 연구에서는 기존 스트립 검사결과 분석기기들의 문제점들을 해결할 수 있는 요 성분검사 비색표 자동 분별기구를 새로이 개발하였다. 색을 구성하는 5가지의 요소들을 산출하여 특정색을 5차원 공간상의 한 점에 대응시키고 기하학적 거리(euclidean distance)를 비교함으로써 가장 유사한 색을 선별하였다. 스트립과 표준비색표를 동시에 스캔하여 항상 동일한 측정환경을 유지함으로써 기기의 환경적 변화요인을 근원적으로 제거하였다. 정상 성인남성을 대상으로 실험을 수행하여 본 기법의 정확도를 실험적으로 검증하였다.

2. 실험 방법

2.1. 스트립 및 표준비색표

스트립은 얇고 긴 플라스틱 판 위에 요 성분을 검사할 수 있는 차트가 붙어 있는 형태로 제작되며, 각 차트에는 해당 성분의 이상 유무를 판단할 수 있는 시약이 도포되어 있다(Fig. 1). 검사항목으로는 잠혈(blood), 빌리루빈(bilirubin), 우로빌리노겐(urobilinogen), 케톤체(ketones), 단백질(protein), 아질산염(nitrite), 포도당(glucose), 산도(pH), 비중(specific gravity), 백혈구(leukocytes), 비타민 C(vitamin C) 등이 있으며 검사목적에 따라 이 중 5~10개 항목을 검사한다. 한 예로 건강검진시에는 통상 단백질, 포도당, 잠혈, 산도의 4종을

Fig. 1. Test strip.

검사부분	시 실험 결과	단 위
잠 혈 Blood	neg. Hemolysis + ++ +++ Non Hemolysis + ++	RBC/μL
빌리루빈 Bilirubin	neg. + ++ +++	
우로빌리노겐 Urobilinogen	0.1 ~ Normal 1(16) 2(33) 4(66) 8(131)	mg/dl (μmol/L)
케톤체 Ketones	neg. ± 5(0.5) +15(1.5) ++40(3.9) +++100(10)	mg/dl (mmol/L)
단백질 Protein	neg. trace +300(3) ++100(1.0) +++300(3.0) ++++1000(10)	mg/dl (g/L)
아질산염 Nitrite	neg. trace pos.	
포도당 Glucose	neg. ± 100(5.5) +250(14) ++500(28) +++1000(58)	mg/dl (mmol/L)
pH	5 6 6.5 7 8 9	
비중 Specific gravity	1.000 1.005 1.010 1.015 1.020 1.025 1.030	
백혈구 Leukocytes	neg. +25 ++75 +++500	WBC/μL

Fig. 2. Standard chart.

검사하고 있다.

표준비색표는 각 검사항목을 단계적으로 구분하며, 요를 묻힌 스트립의 각 차트와 해당 검사항목의 육안 판별시 기준값으로 사용한다. Fig. 2에 표준비색표(CYBOW10, (주)디에프아이사, Korea)의 실험사진을 제시하였다.

2.2. 자동분별 기법

색(color)을 구성하는 중요한 세 가지 속성은 색상(hue, H), 명도(brightness or lightness, Br), 채도(saturation or chroma, St)이며 H는 빨강(red, R), 녹색(green, G), 파랑(blue, B)의 조합으로 표현된다. Br은 색의 명암에 관한 시각각이며, St는 색의 뚜렷함으로서 색의 선명도를 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 색 분별을 위한 구성요소를 R, G, B, St, Br로 결정하였다.

두 개의 변수로 표현되는 임의의 물리량은 Fig. 3에 보인 것처럼 2차원 평면상에 위치하는 한 개의 점으로 표기될 수 있으며, 두 점간의 직선거리(euclidean distance, L_D)는 식 (1)과 같이 피타고라스 정리에 의해 구해진다.

$$L_D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

이때 두 점의 좌표가 유사하다면 직선거리는 상대적으로 작아질 것이며, 동일한 경우 0을 나타낸다. 색의 구성요소를 5개로 설정하였으므로 5개의 변수로 이루어

x좌표와 y좌표가 동일한 경우 $L_D=0$
Fig. 3. Euclidean distance between two points.

어지는 5차원 공간으로 확장하면, 5차원 공간에서 두 점간의 L_D 는 식 (2)와 같이 구할 수 있다. 만일 임의의 두 가지 색이 상이한 경우 L_D 는 상대적으로 큰 수치를 나타낼 것이며, 동일한 색의 경우에는 5차원 공간에서 동일한 지점을 나타내므로 0이 된다. 따라서 색의 구성요소를 5차원 공간에 위치시킨 후 두 점간의 L_D 값을 산출하여 비교함으로써 색상의 유사 정도를 자동분별할 수 있을 것이다.

$$L_D = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2 + (St_1 - St_2)^2 + (Br_1 - Br_2)^2} \quad (2)$$

2.3. 컴퓨터 비교스캔에 의한 요성분 검사

동일한 표준비색표(CYBOW10, (주)디에프아이사, Korea) 간의 색 비교를 위해 2장의 표준비색표를 임의로 테스트비색표와 표준비색표로 구분하여 동시에 스캔(PSC 2310, HP, Korea)한 후, 각 차트의 중심에서 가로×세로=30픽셀을 선택하여 차트의 색 구성요소를 대표하는 영역으로 설정하고, R, G, B, St, Br을 각각 산출하였다. 표준비색표에서 구한 각 차트의 색 구성요소의 값과 테스트비색표에서 구한 동일 차트 간의 절대오차를 각각 산출하여 크기별 빈도를 계수하여 비교하였다.

색 구성요소의 표시범위는 R, G, B의 경우 0~255, St와 Br은 0~100이다. 각 요소의 최대 표시범위가 다르므로 동일한 비중으로 평가하기 위해 모두 0~1의 범위로 정규화하였다. 정규화된 값으로부터 테스트비색표의 특정 차트에 대해 동일 검사항목을 나타내는 모든 표준비색표 차트와의 L_D 값들을 각각 산출하였다

Fig. 4. Euclidean distance comparison of the test chart.

(Fig. 4 참조).

건강한 20~30대 남성 5인을 대상으로 비색표 검사를 수행하였다(Fig. 5 참조). 배뇨가 시작되면 초기 요는 버리고 중간요를 깨끗한 용기에 모은 후 스트립을 1초간 담갔다가 꺼내어 흡수성 물질에 가볍게 두세번 두드려 과잉의 요를 제거하였다. 약 40초가 지난 후에 육안으로 표준비색표와 스트립을 비교하여 항목별로 가장 유사한 색을 나타내는 차트를 선택하여 수기 기록하였다. 이어서 표준비색표와 스트립을 동일 재질의 얇은 투명 비닐봉투에 넣어 동시에 스캔한 후 그림 파일로 저장하였다. 상용되는 그림 편집 프로그램인 Adobe Photoshop(adobe photoshop CS, U.S.A.)에서 지원되는 스타일(style) 기능에서 가로×세로 픽셀을 30×30으로 지정하였다. 차트의 중심을 육안으로 선정하고 그림 내에서 원하는 영역을 지정하는 Marguee tool을 이용하여 차트 중심 부분에서 30×30 픽셀의 영역을 선택하였다. 선택된 픽셀 내의 색 정보를 평균하여 제공하는 기능을 사용하여 해당 구간에서 5개의 색 구성요소를 각각 추출한 후 0~1의 범위로 정규화하였다. 스트립 차트와 표준비색표의 동일 검사항목 차트간의 L_D 값을 각각 산출한 후 최단거리를 나타내는 차트를 선정하였다. 현재 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 표준 방법은 육안 판별 방법이다. 이는 육안 판정 오류가 검사자가 주의하지 않거나, 너무 시급히 판정할 때 발생하는 것으로 세심한 주의를 기울일 때에는 오류가 없다고 볼 수 있기 때문이다. 또한 현재 시판되고 있는 기기의 판정 오류는 일부 검사항목의 경우 허용 범위 내 일치율이 30 %에 불과하여 그 결과를 신뢰할 수 없는 상황이다^[14]. 따라서 다른 검사기기와의 비교를 수행하지 않고, 육안 판별 결과를 기준으로 정하였다. 육안 판별에 따른 주관적인 오류를 최소화하기 위해 동일한 검사자가 여러 차례 재확인하였고 타 연구원이 독립적으로 추가 확인한 후 L_D 값과 비교하였다.

Fig. 5. Experimental set-up.

Fig. 6. Example of color elements evaluation.

3. 결과 및 고찰

3.1. 표준비색표 간 색상 비교

동일한 비색표 2장을 동시에 스캔하였다. 동일한 차트는 동일한 색상을 나타냄을 시각적으로 확인할 수 있었다.

검사항목 포도당 중 “negative” 차트의 색상요소 분석결과를 한 예로 Fig. 6에 제시하였다(좌측 끝의 사각형). R, G의 절대오차는 1, B는 0을 나타내었는데, 1은 전체 범위의 0.4%에 해당한다. St의 절대오차는 1, Br은 0으로서 전체 범위의 0%~1%이었다. 즉, 절대오차의 크기는 전체 범위의 1% 이내의 값으로서 모든 색구성요소들이 대부분 동일한 값을 나타내었다.

모든 검사항목에 대해 동일 차트간 절대오차의 크기별 빈도를 계수하여 Fig. 7에 히스토그램으로 제시하였다. 총 51개의 차트 간 절대오차의 크기는 모두 0~5 범위에 분포하였으며, 0~2의 값을 나타내는 경우가 93.73%이었다. 0~2의 절대오차는 색 구성요소 최대범위의 0%~0.8%에 불과한 값으로 동일한 색상을 동시 스캔하면 색상요소가 같고, 그 차이를 비교하면 색상 자동 판별이 가능함을 나타낸다.

각 차트의 R, G, B, St, Br을 각각 1로 정규화한 후 동일 검사항목 차트간에 L_D 를 산출하였다. 한 예로 잠

Fig. 7. Absolute error histogram of color elements evaluation results.

Fig. 8. Minimum distance evaluation example between two identical charts.

혈에 대한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 잠혈은 육안으로 보이지 않을 정도로 미량인 소변중의 적혈구 또는 헤모글로빈(혈색소)등의 혈액성분을 검사하는데 정상인 경우 “neg”로 판별되며, μL 당 적혈구의 양에 따라 5개의 차트로 판별된다. 표준비색표 차트의 “neg.”와 최단거리를 나타내는 테스트비색표 차트는 역시 “neg.”로서, 동일한 차트간에 최단거리가 나타났다. 이는 L_D 값이 가장 작은 경우 가장 유사한 색으로 판별할 수 있음을 입증한다.

총 51개의 차트로부터 검사항목별로 산출한 L_D 는 273개로서 모든 차트가 동일한 차트에 대해 최단거리를 나타내어 100% 자동 선별할 수 있음을 확인하였다.

Fig. 9. Strip test results example.

Fig. 10. Minimum distance evaluation example of the test strip.

이는 동일한 2장의 비색표를 동시 스캔하여 분석한 것이었으므로 당연한 결과이다.

3.2. 요검사 자동분별 결과

실제 요검사를 수행한 스트립을 표준비색표와 비교하여 검사항목별로 유사한 색을 나타내는 차트를 육안으로 판정한 사례를 Fig. 9에 제시하였다.

인체는 식사나 운동 등의 생명유지를 위해 다량의 산을 생산하지만 대사산물로 산이 생성됨에도 불구하고 체액은 중성으로 유지된다. 따라서 정상인의 산도는 pH=7을 유지한다. 검사항목 산도에 대해 스트립과 표준비색표를 육안 판정한 결과는 pH=7을 나타내었다. 동일한 검사 항목의 각 차트에 대한 L_D 를 산출하여 최단거리를 나타내는 항목으로 자동분별한 결과도 역시 pH=7로 판정되는 것을 확인하였다(Fig. 10 참조). 모든 검사항목에 대해 표준비색표와 스트립 간의 L_D 를 산출한 결과에서도 최단거리를 나타내는 차트와 육안 판정한 차트가 모두 일치하여 자동분별 결과가 정확히 100 % 일치하였다.

최근 제시되었던 국산 및 외산 요 분석기의 검사결과에 대한 비교 연구에서는 일부 검사항목의 허용범위

내 일치율이 30 %에 불과하였으며, 모든 검사항목에 대해 한 단계 이내의 허용범위를 수용했을 때 일치율이 약 90 %이었다^[14]. 또한 최근 휴대가 가능한 저가형 요분석 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 검사항목 개수와 동일한 광 모듈을 적용해야 하며 사용되는 발광다이오드의 광량 차이가 50 % 이상 발생하기도 하여 별도의 정도관리 및 광 보정 알고리즘을 적용해야 하는 단점이 있다^[8]. 이와 비교하여 본 연구에서는 표준비색표와 스트립을 동시 스캔한 후 색 구성요소간의 최단거리를 산출하여 동일 색상을 판정하는 간단한 원리를 적용하고 있으며, 또한 이상적인 (100 %) 판정 성공률을 나타내었으므로 본 연구의 자동분별 기법이 타당함을 입증한다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 요 스트립검사를 자동화하기 위한 동시 비교 스캔 기법을 제안하였다. 요검사시 육안 판정을 위해 사용하는 표준비색표와 스트립을 상용 스캐너로 동시에 스캔하여 각 검사항목의 색 구성요소를 산출한 후 기하학적 공간상의 최단거리를 판정하는 알고리즘을 개발하여 가장 유사한 색상을 자동 분별하였다. 동일한 표준비색표와 실제로 검사를 수행한 스트립의 자동분별 결과는 육안 판정 결과와 100 % 일치함을 확인하였다. 이는 기존 검사기기의 판정 일치율이 약 30 %~90 %임을 고려한다면^[14] 평균적으로 약 2배 이상 정확한 판정이 가능함을 나타낸다.

본 연구에서 제시하는 기법은 스트립과 표준비색표를 동시에 스캔하므로 외부 환경적 요인을 근원적으로 제거하여 정확도를 향상시켰다. 분광분석법을 이용하는 기존 기기들은 광학모듈을 이동시켜야 하므로 검사 기기에 스트립을 삽입한 후의 검사 시간은 약 6~7분 가량 소요된다^[10]. 색 구성요소를 산출하기 위해 기존의 컴퓨터와 스캐너를 사용하므로 측정 및 분석을 위한 별도의 기기가 필요하지 않으며, 스캐너의 동작시간을 약 1분으로 가정한다면 측정시간을 기존 기기의 약 1/6로 단축시킬 수 있다. 또한 스캔한 후 PC상에서 저장 및 분석하므로 검사결과와 누적 및 원격모니터링이 용이할 것이며, 유비쿼터스 헬스케어 시스템에 유용하게 응용되리라 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업

임(No. KRF-331-2007-1-D00580).

참고 문헌

- [1] 최순덕, 조한준, 김기혁, "Diagnostic value of dipastick urinalysis as a screening test for urinary tract infection", *J. Korea Acad Fam Med*, pp. 772-781, 2000.
- [2] L. E. Armstrong, C. M. Maresh, J. W. Castellani, M. F. Bereron, R. W. Kenefick, K. E. La Gasse, and D. Riebe, "Urinary indices of hydration status", *Int. J. Sport Nutr*, vol. 4, pp. 265-279, 1994.
- [3] 이강욱, "Routine urinalysis in renal diseases", *J. Korean Acad Fam Med*, vol. 24, no. 2, pp. 265-279, 2003.
- [4] C. G. Roehrborn, G. Bartsch, R. Kirby, G. Andriole, P. Boyle, and J. de la Rosette, "Guidelines for the diagnosis and treatment of benign prostatic hyperplasia: a comparative", *international overview. Urology*, vol. 58, pp. 642-650, 2001.
- [5] J. B. Henry, R. B. Lauzon, and G. B. Schumann, "Basic examination of urine. In: J. B. Henry, ed, Clinical diagnosis and management by laboratory methods", 19th ed. Philadelphia, W. B. Saunders, 411, 1994.
- [6] L. E. Armstrong, J. A. Soto, F. T. Hacker, D. J. Casa, S. A. Kavouras, and C. M. Maresh, "Urinary Indices During Dehydration, Exercise, and Rehydration", *Int. J. Sport Nutr.*, vol. 8, pp. 345-355, 1998.
- [7] 전계록, 김기련, 예수영, 김철한, 정도운, 조진호, "요 분석 시스템의 분류기 설계에 관한 연구", *J. Biomed. Eng. Res.*, 제24권, 제3호, pp. 193-201, 2003.
- [8] 예수영, 전용옥, 정도운, 전계록, 노정훈, "자가형요 분석 시스템의 다중 광 검출 모듈 개발", *센서학회지*, 제17권, 제5호, pp. 387-395, 2008.
- [9] 김기련, 예수영, 손정만, 김철한, 정도운, 이승진, 장용훈, 전계록, "색 보정 및 색 좌표 변환 기법을 이용한 요분석 시스템의 구현", *J. Biomed. Eng. Res.*, 제24권, 제3호, pp. 183-192, 2003.
- [10] 조용현, "스트립의 컬러영상을 이용한 요 분석기에 관한 연구", *퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제17권, 제7호, pp. 919-923, 2007.
- [11] <http://www.clinic-clinic.com/prblm/Lab/urinaly-sis.asp>.
- [12] "Uv-visible spectrophotometer", <http://cheric.org/ippage/d/ipdata/2004/03/file>.
- [13] "근적외선 분광법의 이해(1)", <http://www.sjint.co.kr/up-file>.
- [14] 김혜란, 이정녀, "국산 요분석기 URISCAN S-300과 Miditron M, Clinitek 100의 요검사 성적의 비교", *인제의학*, 제23권, 제2권, pp. 713-719, 2002.

이 상 봉

- 2007년 충주대학교 공과대학 기계공학과 (공학사)
- 2008년~현재 충북대학교 의용생체공학과 석사과정
- 2008년~현재 씨케이인터내셔널 근무
- 주관심분야: 생체계측기기, 생체신호분석

최 성 수

- 2006년 충북대학교 자연과학대학 물리학과(이학사)
- 2008년 충북대학교 의용생체공학과 (공학석사)
- 2008년~현재 충북대학교 의용생체공학과 박사과정
- 2006년~현재 씨케이인터내셔널 근무
- 주관심분야: 생체계측, 물리센서

이 인 광

- 2006년 충북대학교 자연과학대학 물리학과(이학사)
- 2008년 충북대학교 의용생체공학과 (공학석사)
- 2008년~현재 충북대학교 의용생체공학과 박사과정
- 주관심분야: 호흡기계, 물리센서

한 정 수

- 1991년 충북대학교 사범대학 체육교육과 (교육학사)
- 1994년~현재 충청북도교육청 교사 재직
- 1996년 충북대학교 대학원 체육과 (체육학 석사)
- 2009년~현재 충북대학교 의과대학 의학과 박사과정

김 완 석

- 1999년 충북대학교 의과대학 의학과 (학사)
- 2007년 충북대학교 의과대학 의학과 의공학전공(의학석사)
- 2008년~현재 충북대학교 의과대학 의학과 박사과정
- 주관심분야: 재택의료기, 생체계측

김 원 재

- 1980년 서울대학교 의과대학 비뇨기과학 (학사)
- 1986년 서울대학교 의과대학 비뇨기과학 (의학석사)
- 1988년 서울대학교 의과대학 비뇨기과학 (의학박사)
- 1990년~현재 충북대학교 의과대학 비뇨기과학교실 교수
- 주관심분야: 비뇨생식기종양학, 소아비뇨기과학

차 은 종

- 1980년 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1987년 미국 남가주대학 의공학 박사, Research Associate
- 1988년~현재 충북대학교 의과대학 의공학교실 교수
- 2001년~현재 씨케이인타내셔널 대표 겸직
- 주관심분야: 생체계측, 물리센서, 심폐의료기, 정밀계측

김 경 아

- 1991년 충북대학교 자연과학대학 물리학과(이학사)
- 1993년 충북대학교 자연과학대학 물리학과(이학석사)
- 2001년 충북대학교 의용생체공학과 (공학박사)
- 2005년~현재 충북대학교 의과대학 의공학교실 조교수
- 주관심분야: 생체신호계측, 물리센서, 재택의료기