유헬스용 요분석기의 정색반응 시스템 개발

이상식*, 박원엽**, 구지현***, 이충호****

Development of Primary Color Reaction System of Urine Analyzer for U-health

Sang-sik Lee*, Won-yeop Park**, Ji-hyun Goo***, Choong-ho Lee****

요 약

본 연구에서는 유헬스용 요분석기를 개발하기 위한 선행 연구로서 요분석 스트립의 색변화를 측정할 수 있는 정색반응 전자회로를 개발하였다. 정색반응 시스템은 컴퓨터, 정색반응 전자회로, 트레이장치, 센서조합체 및 소프트웨어로 구성하였다. 요분석 스트립의 색 변화를 측정하기 위하여 칼라센서가 사용되기 때문에, 표준색상지를 이용하여 칼라센서의 측정값과 RGB값 사이의 선형방정식을 수립하였다. 빨간색(R)의 회귀방정식은 Red = 0.2414 × x(센서 값) - 3.0042(R^2 = 0.9801)로 나타났고, 녹색(G)의 회귀방정식은 Green = 0.2857 × x(센서 값) - 6.4251(R^2 = 0.9868)로 나타났고, 파란색(B)의 회귀방정식은 Blue = 0.2114 × x(센서 값) - 6.2743(R^2 = 0.9837)으로 나타났으므로 표준색상지와 칼라센서는 높은 상관관계가 있는 것을 알 수가 있었다. 정색반응 시스템을 검증하기 위하여 요 성분 중 적혈구, 빌리루빈, 우로빌리노겐, 케톤, 단백질의 5가지 성분에 대하여 각기 다른 농도로 표준시약을 제조하여 정색반응을 측정하였다. 각 시약의 농도에 따른 칼라센서의 정색반응 결과가 통계적으로 타당한 결과를 보였고 유헬스용 요분석기 개발에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

This study was conducted to develop a electronic circuit of primary color reaction for urine analyzer for measuring color response of urine strip. A primary color reaction system is equipped with the computer, electronic circuit, tray, detecting assembly and software. The determination of coefficient(R^2) between reagent and color sensor were 0.9801(R), 0.9868(G) and 0.9837(B). To evaluate the system verification, we measured the primary color reaction of erythrocytes, Bilirubin, Urobilinogen, Ketones and Protein. We concluded that it is possible to use the developed the primary color reaction system for urine analyzer using u-health.

Key Word

Urine analysis, Urine dipstick, Color reaction, Color sensor calibration, U-health

Ⅰ. 서 론

요에는 체내에서 생성된 최종 대사산물 또는 섭취 및 침입으로 인한 불필요한 성분들과 질환 등으로 인하여 생성된 이상성분 등이 포함되어 있다. 신장은 체액의 항상성을 유지하기 위해서 체내의 불필요한 물질들의 배설을 조절하기 때문에 요의 질과 양의 변동은 인체 내에서 항상 일어난다[1, 2]. 따라서 요검사를 시행하면 신장의 기능을 알 수 있을 뿐만 아니라 신체의 상태를 간접적으로 알 수 있어서 요검사는 각종 질환들의 진단을 위해 사용되고 있다[3, 4, 5, 6].

* 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 바이오메카트로닉스센터(E-mail: lsskyj@skku.edu)
** 경기도 안성시 석정동 167 한경대학교 기계공학과(E-mail: pwypark@hanmail.net)
*** 경기도 안양시 만안구 석수동 296(E-mail: sanjing2@empal.com)
**** 교신저자, 전주시 완산구 효자동3가 1200 전주대학교 생산디자인공학과(E-mail: leech@jj.ac.kr)
#논문번호 : KIIECT2009-02-03 #접수일자 : 2009.04.13 #최종논문접수일자 : 2009.05.07

의료전문가는 딥스틱 요검사의 결과를 이용하여 각종 질환을 예측하고 진단하기 때문에 딥스틱 요검사는 선별검사로서의 역할이 매우 중요하다. 또한 각종 질환의 조기진단에도 유용하게 사용할 수 있어서 현미경적인 요검사와 요배양검사 등에서 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있는 진단적 가치가 유용한 검진방법이다[5, 6].

그러나 딥스틱 요검사법은 딥스틱 항목들의 정색 반응된 색과 비색표와의 비교를 검사자 자신의 시각적인 비교검사에 의존한다는 점에서 검사자의 주관적인 색 판정이 검사결과에 영향을 미칠 수 있다[7]. 이로 인하여 비교검사에 대한 검사자간의 불일치를 극복하기 위해서 요의 성분을 정량적으로 나타내 주는 정색반응 시스템이 필요하다.

요분석 결과를 객관적으로 판단할 수 있는 제품이 개발된다면 향후 휴대가 가능한 유헬스용 제품 개발이 가능할 것이다. 그리고 정색반응 시스템과 질병판단 등을 쉽게 할 수 있는 전문가시스템이 개발되면 요분석기의 시장이 보다 더 확대될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 유헬스용 요분석을 위한 선행연구로서 요분석기의 정색반응 시스템을 개발하고 표준시약을 제조하여 요분석기로서의 적용가능성을 검증하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

가. 실험재료

정색반응 전자회로의 검증을 위하여 사용한 시약은 적혈구, 빌리루빈, 우로빌리노겐, 케톤, 단백질을 사용하였다. 각 시약의 종류 및 농도는 표 1과 같다.

적혈구 식약은 적혈구가 포함되지 않는 레벨 0부터 1㎕ 당 250개의 적혈구가 포함되어 있는 레벨 3까지 총 4단계의 표준시약을 제조하였고, 빌리루빈은 레벨 0부터 100㎖ 당 0, 0.5, 1.0, 3.0 ㎎까지 총 4단계, 우로빌리노겐은 레벨 0부터 100㎖ 당 0, 0.1, 1, 4, 8, 120㎎까지 6단계, 케톤은 레벨 0부터 100㎖ 당 0, 1, 50, 100㎎까지 4단계, 단백질은 레벨 0부터 100㎖ 당 0, 10, 30, 100, 300, 1000㎎까지 6단계로 표준시약을 제조하였다.

Table 1. Reagent

Level	Erythrocyte [RBC/㎕]	Bilirubin [㎎/100㎖]	Urobilinogen [㎎/100㎖]	Ketone [㎎/100㎖]	Protein [㎎/100㎖]
0	0	0	0	0	0
1	10	0.5	0.1	10	10
2	50	1.0	1	50	30
3	250	3.0	4	100	100
4	-	-	8	-	300
5	-	-	12	-	1000

나. 실험방법

표준시약에 대한 정색반응을 측정하기 위하여 요분석 스트립에 있는 각각의 적혈구, 빌리루빈, 우로빌리노겐, 케톤, 단백질 반응 패드를 잘라서 트레이 위에 하나씩 올려놓고 각 단계별 표준시약을 피펫을 이용하여 일정량 가하고 시약이 충분히 반응하도록 1분에서 2분까지 기다린 후 정색반응을 측정하였다. 실험은 각 표준시약의 각 레벨별로 50회씩 반복 측정하였다.

Ⅲ. 정색반응 시스템

본 연구에서 시작기로 제작한 정색반응 시스템은 컴퓨터, 정색반응 전자회로, 입력전원, 트레이장치, 센서조합체 및 소프트웨어로 구성하였다. 그림 1은 요분석기의 정색반응 하드웨어로 정색반응 전자회로, 입력전원, 트레이장치, 센서조합체를 보여주고 있다.

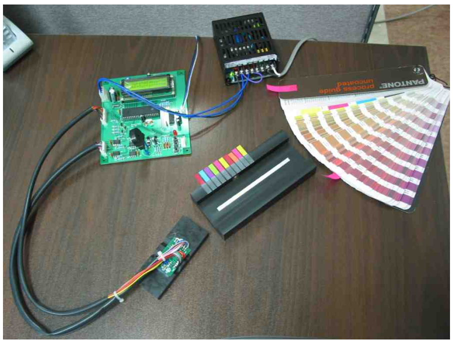


Fig 1. Hardware of primary color reaction for urine analyzer.

그림 2는 요분석기의 정색반응 전자회로로 LCD부와 MCU, 제어버튼, RS232통신부, 전원 입력부, LED제어부, 칼라센서 제어 및 측정부로 구성하였다. LCD부에서는 정색반응 전자회로의 상태와 측정된 센서 값을 확인할 수 있다. 그리고 제어버튼을 통하여 칼라센서의 동작 및 정색반응 전자회로의 제어가 가능하도록 제작하였다.

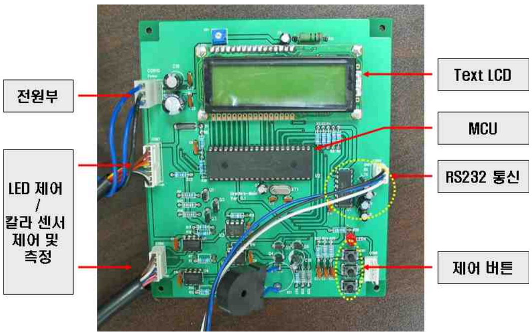


Fig 2. Electronic circuit of primary color reaction for urine analyzer.

트레이장치와 센서조합체의 결합된 상태는 그림 3과 같다. 트레이 장치에 요분석 스트립을 올려놓고 센서조합체를 이동하여 요분석 스트립의 정색반응을 측정한다. 센서조합체는 RGB LED와 칼라센서로 구성되어 있어 요분석 스트립에 특정 패드에 RGB 광원을 조사하여 반사된 빛을 칼라센서에서 측정하도록 구성하였다.

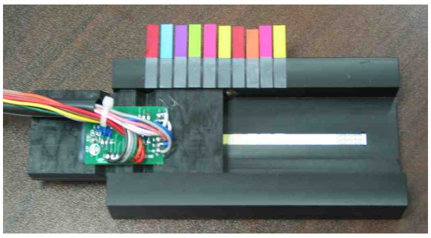


Fig 3. Detecting assembly.

정색반응 소프트웨어는 그림 4와 그림 5와 같다. 그림 4는 Labview 프로그램으로 구현된 사용자인터페이스에 해당하는 부분이고 그림 5는 실제 코드에 해당하는 블록다이어그램이다.

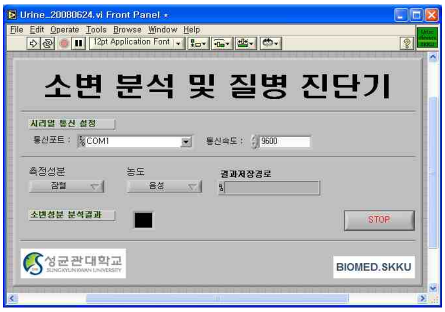


Fig 4. Labview U/I of primary color reaction for urine analyzer.

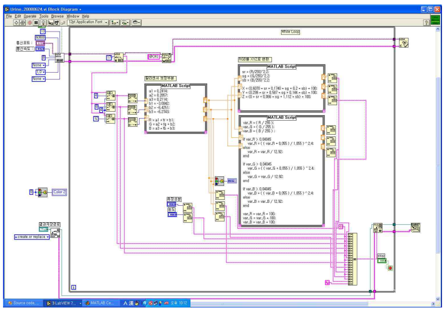


Fig 5. Labview code of primary color reaction for urine analyzer.

Ⅳ. 결과 및 고찰

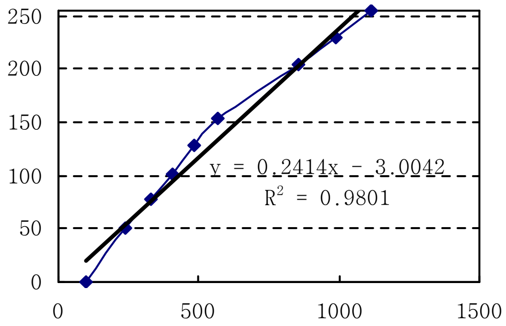
가. 캘리브레이션

요분석 스트립의 정색반응은 칼라센서를 통해 측정되기 때문에 칼라센서의 캘리브레이션은 필수적이다. 본 연구에서는 칼라센서를 캘리브레이션하기 위하여 그림 6과 같이 칼라센서 캘리브레이션을 위한 데이터 획득에 사용되는 표준색상지(Process guide uncoated, Pantone, USA)를 이용하였다. 표준색상지 중에서 특히 무채색을 RGB LED 조명하에서 단계별로 측정하여 회색 균형을 맞추었다.

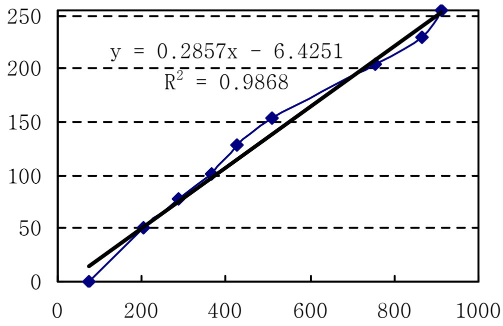
Fig 6. Standard color book for calibration.

칼라센서 캘리브레이션을 위한 실험은 검정색부터 흰색까지 8단계의 무채색을 빨간색, 녹색, 파란색 조명하에서 센서 값을 측정하였다. 그리고 표준색상지에 명시된 CMYK값을 RGB값으로 변환시켜, 표준색상지의 각 RGB값과 센서에 의해 측정된 값을 그림 7과 같이 나타냈다. 또한 1차 회귀방정식을 세워 임의의 센서값에 대한 RGB 값을 계산할 수 있도록 하였다.

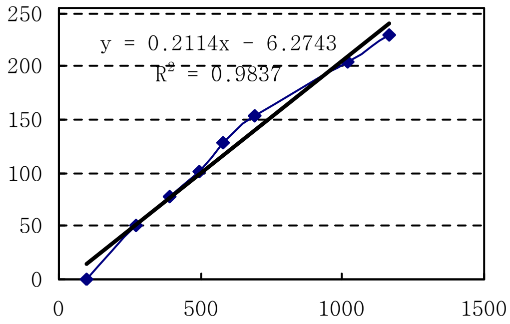
빨간색(R)의 회귀방정식은 Red = 0.2414 × x(센서 값) - 3.0042(R^2 = 0.9801)로 나타났고, 녹색(G)의 회귀방정식은 Green = 0.2857 × x(센서 값) - 6.4251(R^2 = 0.9868)로 나타났고, 파란색(B)의 회귀방정식은 Blue = 0.2114 × x(센서 값) - 6.2743(R^2 = 0.9837)으로 나타났다. 그러므로 표준색상지와 칼라센서는 높은 상관관계가 있는 것을 알 수가 있었다.



(a) Red



(b) Green



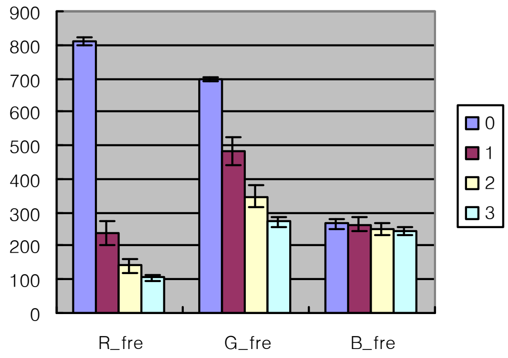
(c) Blue

Fig 7. Calibration of color sensor.

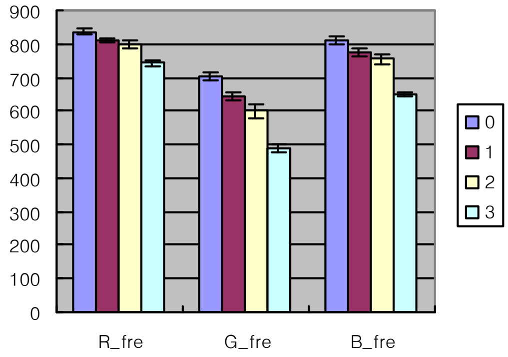
나. 시약 실험

그림 8과 같이 각 시약의 각 레벨에 R, G, B 센

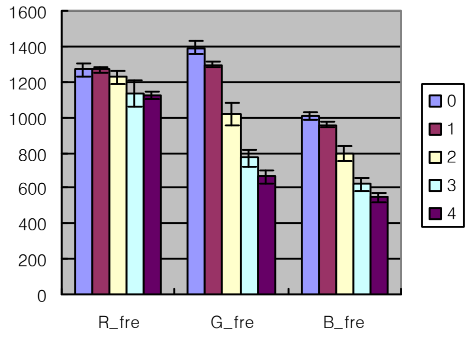
서의 값으로 나타내었다. 그림 8의 (a)는 각 시약 레벨에 따른 적혈구의 칼라센서 측정값과 표준편차를 나타낸다. 그림 8의 (b)는 빌리루빈 (c)는 우로빌리노겐 (d)는 케톤 (e)는 단백질의 측정 결과이다. 실험 결과는 시약의 레벨에 따라 칼라센서 값이 단계적으로 변화하였다. 그리고 표준시약의 농도에 따라 칼라센서의 값들이 통계적으로 유의한 결과를 보였다.



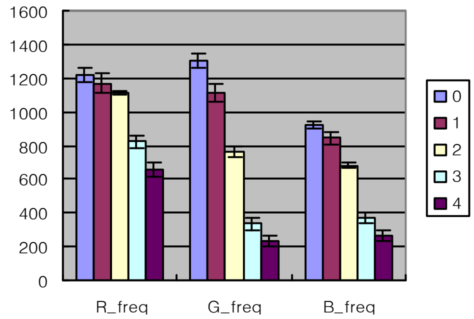
(a) Erythrocyte



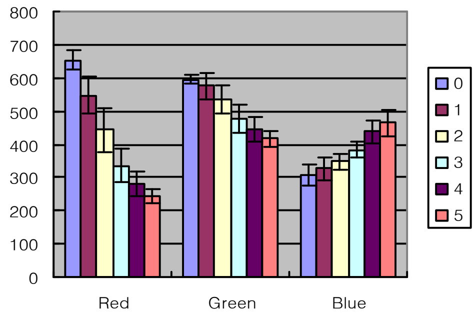
(b) Bilirubin



(c) Urobilinogen



(d) Ketone



(e) Protein

Fig 8. Results of primary color reaction at reagent.

V. 결론

본 연구에서는 유헬스용 요분석을 위한 선행 연구로서 요분석기의 정색반응 전자회로를 개발하였고, 성능을 평가하기 위하여 적혈구, 빌리루빈, 우로빌리노겐, 케톤, 단백질의 5가지 요성분에 대하여 농도가 다른 표준시약을 제조하여 정색 반응을 측정하였다.

표준시약의 농도에 따라 칼라센서의 값들이 통계적으로 유의한 결과를 보였고, 향후에 유헬스용 요분석기에 적용 될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Nephrology and Urology, 2005, Seoul National University press 403-417.

[2] Campbell, Mary K, 2006, Biochemistry, 6th edition, Brooks.

[3] 김종호외 4인, 1993, 임상생화학, 고려의학, 235-239.

[4] Sang Young Kim, et al., 1993, Current Urine Chemistry, Shinkwang Press.

[5] Jun Kye-rok, 1998, A study on the development of urine analysis system using strip and evaluation of experimental result by means of fuzzy inference, J. of KOSOMBE, 19(5):477-486.

[6] Kim Ky-reyn, 2003, Implementation on the urine analysis system using color correction and chromaticity coordinates transform methods, J. of KOSOMBE, 24(3):183-192.

[7] Hea Ran Park, Bo Kyung Jeong, and No Won Park, 2001, Comparative evaluation of dipstick urinalysis by dipstick readers, J. Clin, Pathol. & Quality Control, 23(1):239-246.

저자약력

이상식(Sangsik, Lee)

1994년 성균관대학교 학사학위 취득
1996년 성균관대학교 석사학위 취득
2000년 성균관대학교 박사학위 취득
현 재 성균관대학교 바이오메카트로닉스 센터 근무

<관심분야> 의용기계, 의용전기전자, 생체역학, 바이오메카트로닉스

박원엽(Wonyup, Park)

1988년 성균관대학교 학사학위 취득
1991년 성균관대학교 석사학위 취득
1998년 성균관대학교 박사학위 취득
현 재 국립한경대학교 기계공학과 근무

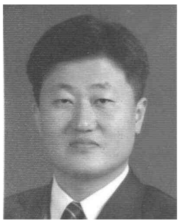
<관심분야> 제어시스템, 생물생산시스템 바이오메카트로닉스

구지현(Jihyun, Goo)

1996년 한국방송통신대학교 학사학위 취득
현 재 바인텍 근무

<관심분야> 정보통신, 임베디드시스템

이충호(Choongho, Lee)



1990년 성균관대학교 학사학위 취득
1992년 성균관대학교 석사학위 취득
1996년 성균관대학교 박사학위 취득
현 재 전주대학교 생산디자인학과 근무

<관심분야> 생산디자인, 생물생산시스템 바이오메카트로닉스