

Development of device for cat healthcare monitoring using Smartphone

Heung Sik Nam*, Moon Joo Lee*, Geon A Kim**

*Researcher, UNIMEWO Inc., Seoul, Korea

*Researcher, UNIMEWO Inc., Seoul, Korea

**Professor, Department of Biomedical Laboratory Science, University of Health Science, Eulji University, Uijeongbu, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose to develop a Bluetooth Health Device Profile (HDP)-based smartphone system to utilize it for early detection of urinary tracts diseases that occur a lot in cats. Therefore, based on Bluetooth HDP, we developed a device and mobile application system (Mycatner®) that can monitor cat activity, toilet usage, urinary disease, and health status, and evaluated its availability to monitor cat health status. The specific feature of this system is that it can measure the number of cat urination frequencies to identify abnormal conditions suspected of urinary tract diseases early, and second, it can be tested with urine test paper and shared with animal hospitals, reducing time and cost. As a result, it is evaluated that the developed device capable of wireless monitoring the urinary system health status of cats is the first in our knowledge.

▶ **Key words:** Cat health monitoring, Internet of things, Urinary tract disease, Activity, Toilet use

[요 약]

이 논문에서는 블루투스 건강기기 프로파일(HDP) 기반 스마트폰 시스템을 개발하여 고양이에서 많이 발생하는 비뇨기계 질환의 조기 발견에 활용하는 것을 제안하고자 한다. 이에 우리는 블루투스 HDP를 기반으로 소변검사 결과를 해석할 수 있는 고양이 활동, 화장실 사용, 요로 질환 및 건강 상태를 모니터링할 수 있는 장치 및 모바일 애플리케이션 시스템(Mycatner®)을 개발하였고 고양이의 건강 상태 모니터링에 활용 가능성을 평가하였다. 이 시스템의 특징은 첫째, 고양이 배뇨 횟수를 측정하여 요로계 질환이 의심되는 비정상 상태를 조기에 감별할 수 있고, 둘째, 소변 검사지로 미리 검사하여 동물병원과 공유할 수 있어 시간과 비용을 절감할 수 있고, 셋째, 이 기술을 당뇨병 등 다른 다양한 고양이 질환에 응용 가능한 특성을 지니고 있다. 이로써 고양이의 비뇨기 건강 상태를 무선으로 모니터링할 수 있는 장치는 우리의 식견으로는 최초로 개발한 것으로 평가된다.

▶ **주제어:** 고양이 건강 모니터링, 사물 인터넷, 비뇨기 질환, 활동성, 화장실 이용

-
- First Author: Heung Sik Nam, Corresponding Author: Heung Sik Nam
 - *Heung Sik Nam (keung@unimewo.com), UNIMEWO Inc.
 - *Moon Joo Lee (moong@unimewo.com), UNIMEWO Inc.
 - **Geon A Kim (kimgeona2020@gmail.com), Department of Biomedical Laboratory Science, University of Health Science, Eulji University
 - Received: 2022. 10. 19, Revised: 2022. 11. 14, Accepted: 2022. 11. 15.

I. Introduction

반려동물을 키우는 사람이 급속하게 증가하면서 사람들은 이미 IT 기술과 의료서비스가 접목되면서 환자들의 원격 진료와 가능한 기술의 접목 필요성이 제기되어 왔다. 특히 고양이는 동물병원에 내원하는 것이 큰 스트레스의 하나이고, 진료를 위한 보정이나 시료 채취가 매우 어렵다. 이에 자신의 영역인 집에서 건강 상태를 모니터링하는 시스템이 개발된다면 고양이와 주인에게는 시간과 비용을 절감하는 기회가 될 것이다. 이에 고성능 스마트폰의 보급이 늘어나면서 별도의 기기 없이도 건강 상태에 대한 실시간 모니터링을 모바일 애플리케이션(APP: application) 형태로 제공할 수 있는 사회적 기반도 충분한 배경이 된다. 본 연구에서는 고양이에게 간단한 장치와 주인의 스마트폰을 이용하여 동물병원과 공유되는 고양이건강 상태를 효과적으로 모니터링할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Cat Characteristics

고양이의 먼 조상은 주로 사막에서 생활하였다고 추정하며 이와 관련하여 고양이는 음수량이 적어서 소변량이 많지 않으며 특히 체중의 20%까지도 체액을 손실하더라도 수분의 균형을 유지할 수 있는 것으로 알려져 있다[1]. 소변에 노폐물이 더 농축되는 태생적인 습성이 있다[2]. 이러한 특성으로 고양이는 요로계 질환의 발생비율이 높다. 고양이의 생식기를 비롯한, 요관, 방광 및 요도 등에서 발생하는 질환을 고양이 하부 요로계 질환(FLUTD: Feline lower urinary tract disease)으로 명명하여 이 질환을 조기에 모니터링하고 이 질병의 원인 분석, 조기진단 및 예방 등에 대한 연구는 수의학계의 관심사 중 하나이다.

1.2 Relevant research trends

고양이는 상대적으로 다른 동물에 비해 하부 요로계 문제에 취약하기에 이를 예방하거나 조기에 진단하기 위해서는 화장실 방문 빈도, 활동량 및 소변검사 결과 등을 모니터링할 필요가 있다. 최근 반려동물 용품 시장에서 배설물 자동 청소, 몸무게 측정, 화장실 사용 빈도 확인 등의 기능을 탑재한 스마트 고양이 화장실이 출시되었다. 하지만 스마트 화장실은 가격이 비싸고 부피가 큰 단점과 고양이의 하부 요로계 질환을 사전에 알려주는 것에는 한계가

있다. 이처럼 고양이의 하부 요로계 질환과 밀접한 관련이 있는 데이터를 수집하고 이를 보호자에게 알려줄 수 있는 제품이나 모바일 APP의 개발은 부족한 상황이다. 따라서 우리는 본 연구를 통해 블루투스 무선 기술을 적용하여 고양이의 활동량, 화장실 이용 횟수 등을 측정할 수 있는 'Source (에이전트)'를 개발하고 스마트폰 등의 'Sink (장치)'에 연결하여 보호자가 실시간으로 상태를 확인하고 스마트폰 카메라를 이용하여 고양이의 소변검사지 결과를 분석하고 연계된 동물병원에 내원 여부를 판단할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 특히, wifi 등을 통해 고양이의 건강을 모니터링할 수 있는 블루투스 기반 건강 모니터링 프로파일을 이용하여 개발하고 어떻게 데이터를 확인 가능한지 확인하는 연구를 수행하였다. 본 연구를 통해 개발된 모바일 APP 및 장치는 '냥이동행(Mycatner®)'이라고 명명하였다.

III. The Proposed scheme

3. APP development for cat health monitoring

3.1 Composition of development APP

이 연구에서 개발된 APP은 크게 세 단계로 구분된다. 첫째, 고양이의 일일 활동량을 확인할 수 있는 스마트 트래커, 둘째, 고양이의 화장실 이용 횟수 및 시간을 확인하는 스마트 화장실 그리고 세 번째, 소변검사의 3가지로 구성된다(Fig 1). 스마트 트래커와 스마트 화장실의 측정을 위한 하드웨어 상의 기능은 다음과 같은 방법으로 제작하였다. 블루투스 저전력 프로토콜(BLE: Bluetooth low energy)과 wifi CP module을 사용하여, 스마트 트래커는 고양이의 목둘레에 목걸이 또는 넥칼라와 비슷하게 장착함으로써 고양이의 움직임에 따라 관성측정장치(IMU sensor: inertion measurement unit sensor)의 데이터를 획득하여 고양이의 활동 데이터를 기록한다. 스마트 화장실은 적외선감지장치(IR sensor: infrared sensor)를 이용하여 고양이가 사용하는 화장실(litterbox 또는 toilet)의 벽에 부착하여 화장실 이용 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 또한 스마트 트래커와 스마트 화장실은 블루투스 저전력 프로토콜(BLE: Bluetooth low energy) 기술을 이용하여 연결하고 wifi를 통해 websocket protocol를 사용해 통신이 이뤄지며 데이터 서버로 송신되게 되고 서버에서 수집한 데이터를 분석해서 APP의 실행 시 데이터값을 확인할 수 있도록 하였다. 소변검사를 위해 본 APP에서는 인식 가능한 소변 검사지로 1) URiSCAN 10 SGL

strip, 2) HEALTH MATE VET-10의 두 종류의 제품을 선정하였다. 고양이의 FLUTD에서 질환 상태를 해석할 수 있는 중요한 요인으로는 잠혈, 단백질, 백혈구 등 10가지의 항목을 포함하고 있는 소변 검사지로서 최소한의 개수를 반영한 것이라 하였다[5]. 고양이의 소변검사지 스캔 범위를 설정한 부분의 2,500개의 총 픽셀을 기준으로 음성 또는 양성 컬러에 부합하는 컬러의 수와 비율을 비교하여 '음성' 또는 '양성'이 높은 수치로 판정할 수 있는 기준을 정하여 APP 개발에 적용하였다.

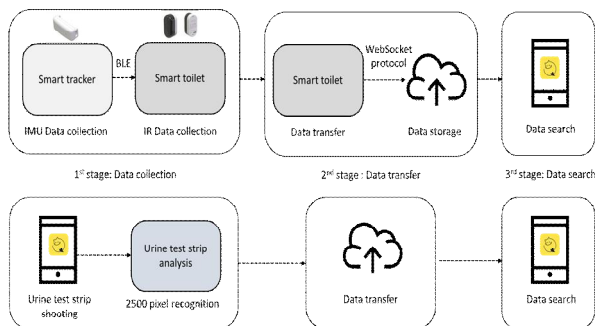


Fig. 1. A flowchart of the proposed system of Mycatner®

3.2 Evaluation of development APP

개발된 APP의 고양이에 적용 가능성을 평가하기 위해 스마트 트래커와 스마트 화장실은 사람이 실제 착용하여 작동 및 결과를 평가하였다. 고양이의 물리적인 행동에 따라서 1초를 주기로 하여 3축 가속도 센서를 이용 실시간 소모 칼로리 및 이동 거리를 계산하였다. 즉 측정 시간대 별 X, Y, Z축의 가속도를 수치 적분하여 속도를 구하고 이를 다시 수치 적분하여 이동 거리를 구하는 방식이다 [12]. 누적된 이동 거리를 계산하고 고양이의 평균 보폭에 따라 걸음 수를 계산하였다[3]. 고양이의 일일 활동량 확인을 위한 목걸이 모니터링은 보행의 횟수(걸음 수), 거리, 하루 활동 에너지(단위 kcal)로 산정하였다. 이러한 값을 바탕으로 일일 활동량은 주, 월, 년 단위로 기간을 설정하여 특정 기간 내의 평균 활동량도 산출하였다. 스마트 트래커는 사람이 착용(허리 위치)하고 일정 시간 동안 움직임 기록 여부를 확인하였다. 스마트 화장실은 기기를 책상 위에 올려 두고 고양이가 화장실에 근접하게 되는 상황을 설정하기 위해 스마트 트래커를 스마트 화장실에 접근하였을 때 20초 이하로 머물 때와 20초 이상 머물 때를 체크하여 기록이 남는지 여부를 확인하였다. 이후 고양이가 화장실을 떠난 것처럼 스마트 트래커를 스마트 화장실 장치에서 멀리 두어서 나타나는 결과를 확인하였다. 스마트 화장실은 20초 미만인 경우는 소변, 20~45초인 경우는 대변

으로 판정하였으며 이 시간은 McGowan 등[7]과 Yang 등 [11] 연구 결과를 참고로 하였다. 소변검사지 양성 반응 판단을 위해 단백질 함량이 0.22~0.063 g/ml에 해당하는 음료 4종류를 이용하였고((프로틴 스파클링 레몬&라임, 단백질 14g/240ml; 셀렉스 SPORTS 웨이프로틴 복숭아: 단백질 20g/330ml; 베지밀 고단백 두유: 단백질 12g/190ml; 아몬드브리즈 프로틴: 단백질 4.2g/190ml) 음성 용액으로는 수돗물을 이용하여 총 52회 시험하였다. 스마트폰은 2종류, 조명 2조건, 및 바닥 2조건 등을 교차하면서 시험하였다.(LGV35, LG전자, 대한민국 / 갤럭시 20 FE, 삼성전자, 대한민국), 조명으로는 형광등과 주황색 전구 2조건으로 구분하였고 소변 검사지를 놓는 바닥은 A4용지와 밝은 아이보리 색상의 책상면으로 2조건으로 시험하였다. 시험 방법으로는 소변 검사지에 단백질 성분이 있는 음료를 단백질 시험지에 묻히고 애플리케이션을 통해 소변 검사지를 촬영하였다. 촬영한 이미지를 APP에서 스캔 및 분석하여 양성, 음성 여부를 확인하였다. 음성으로는 수돗물을 소변 검사지에 묻혀서 APP을 통해 검사하여 음성 결과값이 나오는지 확인하였다. 총 시행 횟수는 52회로 결과값은 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 정밀도(precision) 및 정확도(accuracy)를 계산하였다. 또한 정도관리물질인 Control DROP LQ Urine Dipstick(Audit MicroControls, 미국)의 양성 및 음성 표준 시약을 이용하였다. 소변검사지 2종류(URISCAN 10 SGL strip, Everything Birth LLC, 미국 / HEALTH MATE VET-10, (쑤디에프아이, 대한민국), 시험 기기 3종류(갤럭시 S21, 갤럭시 S21+, 갤럭시 Z flip, 삼성전자, 대한민국), 및 조명 2종류(LED 조명, 형광등)로 각 시약에 따른 12회 반복 시험을 각 항목당 총 24번의 시험을 거쳐서 이에 대한 민감도, 특이도, 정밀도를 계산하였다.

고양이의 활동량은 3축 가속도 센서를 이용하여 측정된 것으로 24초 동안의 측정 예를 제시한다면 1초 주기로 각 축에 대한 가속도를 계산하고 적분 계산법을 통해 가속도에서 속도를, 속도에서 각각 이동한 거리를 계산하였다. 이러한 총 이동한 거리와 고양이의 체중, 보폭 등을 고려하여 자동으로 하루 활동량, 걸음 수, 거리를 산출하였다.

IV. Results

4. Application and implementation results of APP

4.1 Smart tracker

총 이동한 거리와 고양이의 체중, 보폭 등을 고려하여 하루 활동량, 걸음 수, 거리를 계산하였으며, 이러한 데이터는 주, 월, 연도별로 기간을 설정하여 확인한 결과는 그림 2(Fig 2)와 같다.

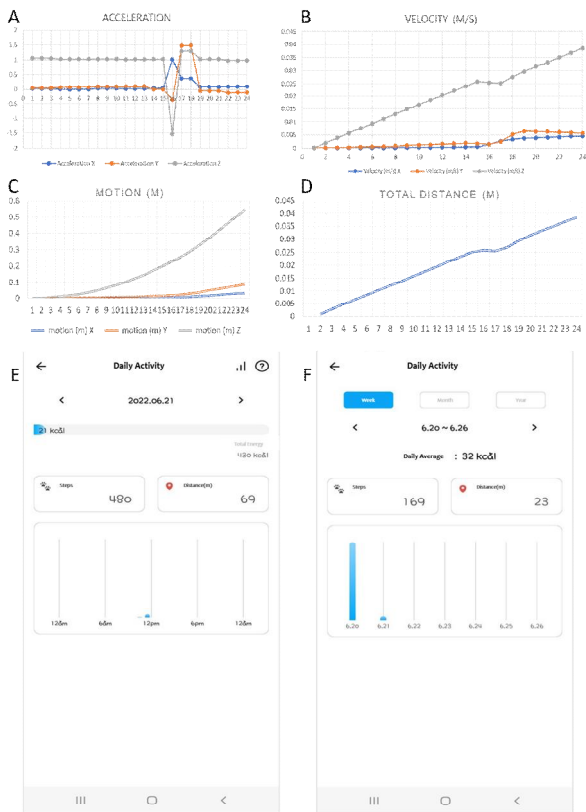


Fig. 2. Activity measurement using 3 axial acceleration calculator. (A) during 24 seconds, acceleration was measured and turned into (B) velocity. By integral calculation, (C) motion could be automatically calculated and (D) total distance could be identified. Using these consequences, (E) total energy (kcal), stride number including total distance could be suggested. (F) these data can be displayed by setting a period of time by week, month or year.

4.2 Smart toilet

스마트 화장실의 경우, 실제 고양이가 화장실에 간 시각, 횟수 및 화장실 내에서 머무는 시간을 측정하는 결과는 그림 3A와 같다. 중 화장실에 간 시각, 횟수 및 화장실 내에서 머무는 시간을 측정하는 결과는 그림 3A와 같다. 이를 월별 및 주별로 기간을 선정하여 얻은 일 평균 횟수를 구하였다(Fig 3B, 3C).

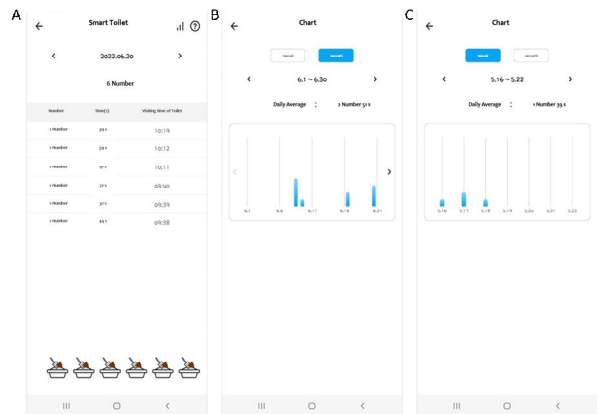


Fig. 3. Contents checked on the mobile phone using the smart toilet. (A) the visiting time of toilet, number of times for your cat during the day, and the amount of time they stay in the toilet could be checked. If users set the period as (B) monthly or (C) weekly, the average number of visiting the toilet per day could be identified.

4.3 Urine test

소변검사에 사용한 urine stick 제품의 검사 항목이 순서대로 표시된다(Fig 4A). 그리고 ‘소변검사지 스캔’을 실시하여 화면에 나타나는 칸에 소변 검사지를 맞춰서 사진을 촬영한 결과이다(Fig 4B). 그러면 자동으로 결과를 인식하여 양성인 항목은 ‘이상’으로, 음성인 항목은 ‘정상’으로 나타난다(Fig 4C).

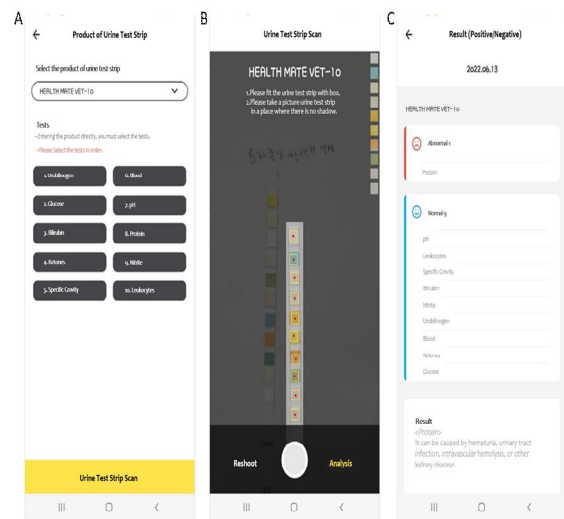


Fig. 4. The process of reading of urine test strips using Mycatner® APP. (A) the product of the urine stick used for the urine test is set, and the test items of each displayed in order. Then perform a ‘urine test strip scan’ and (B) take a picture by aligning the urine test strips with the box that appears on the screen. The result is automatically recognized and (C) positive items are displayed as ‘abnormal’ and negative items as ‘normal’.

총 52회의 시험 결과 민감도(sensitivity)는 92.5%, 특이도 (specificity)는 100%로 확인되었다(Table 1). 또한 단백질 음료로 측정된 정밀도(precision)는 100%이고 정확도(accuracy)는 94.2%이다. 12회의 수돗물은 모두 음성으로 확인되었지만 단백질 음료를 이용하여 실시한 것은 4가지 종류 중 단백질 농도가 가장 낮은 음료(아몬드 브리즈, 0.022g/ml)가 2회 음성, 가장 단백질 농도가 높은 음료(베지밀 0.063g)가 1회 음성으로 확인되었다. 그리고 음성과 양성 이 명확한 정도관리물질을 이용하여 양성 과 음성 여부를 검사하였을 때 pH와 백혈구 항목을 제외한 8개 항목(우로빌리노겐, 포도당, 빌리루빈, 케톤체, 비중, 잠혈, 단백질, 아질산염)은 민감도, 특이도, 정밀도 모두 100%였다(Table 1). pH와 백혈구는 특이도가 각각 91.7%, 83.3%이고 정밀도(precision)는 92.3%, 백혈구는 85.7%이다. 정확도(accuracy)는 95.8%, 91.7%이다.

Table 1. Interpretation of urine test strips examined using various materials

Materials for examination	Protein drink (range of protein 0.022~0.063 g/ml)	General control for quality control (Control DROP LQ Urine Dipstick)		
		Urobilinogen, glucose, bilirubin, ketone body, specific gravity, blood, protein, nitrite	pH	leukocytes
sensitivity	92.5	100.0	100.0	100.0
specificity	100.0	100.0	91.7	83.3
precision	100.0	100.0	92.3	85.7
accuracy	94.2	100.0	95.8	91.7

4.4 Comprehensive evaluation

배뇨곤란, 혈뇨(hematuria, 혈액성 소변), 빈뇨 (frequent urination, 조금씩 자주 배뇨), 횡뇨(oliguria, 소량씩 배뇨), 무뇨(anuria, 극단적으로 소량), 다뇨 (polyuria, 비정상적 많은 요량) 등의 임상 증상으로 나타나는 고양이 하부 요로계 질환은 고양이에게 흔하며 이러한 질환으로 인해 주인이 치료를 포기하고 많은 수의 고양이가 보호소에 버려지거나 안락사되는 것으로 알려져 있다[6, 7, 8]. 또한 재발하는 경우를 대비하기 위해서 보호자가 고양이에 대한 지속적인 모니터링을 하여 예방 및 관리를 하는 것이 필요하다. 현재까지 국내에서 개발된 반려동물 애플리케이션의 경우, 고양이의 호흡 상태나 운동량, 칼로리 측정에 대해서 IoT 기기를 통해 무선으로 개발한 보고는 있으나 고양이의 일상 활동에 대한 모니터링으로 걸음 수, 이동 거리 등의 활동성에 대한 전반적인 평가와 화장실 이용 횟수, 화장실 이용 시간, 소변검사 등을 통해

고양이에서 가장 흔하게 발생하는 하부 요로계 질환과 관련된 건강 상태를 모두 평가할 수 있는 모바일 장치가 거의 보고된 바가 없었다. 따라서 본 연구에서는 고양이의 활동과 요로계 질환의 모니터링을 위한 애플리케이션의 구조 및 사용자 인터페이스를 중심으로 구현 및 개발하고 이를 평가한 결과를 제시하였다.

본 연구에서는 스마트폰에 탑재된 애플리케이션과 고양이 활동량 및 화장실 이용 측정 기기를 통해 많은 양의 데이터를 수집하는데 데이터를 조직화하여 사용자에게 이 데이터를 보여줄 수 있는 사용자 인터페이스를 구현할 수 있었다. 이 시스템은 스마트 트래커, 고양이의 화장실 이용 횟수 및 시간을 확인하는 스마트 화장실 그리고 소변검사의 3가지로 구성하였으며 스마트 트래커와 스마트 화장실은 서로 데이터를 연동하여 각종 그래프에 관련된 오픈 소스를 활용해 데이터를 수치화하여 사용자가 특정 기간을 설정하여 변화량을 직접적으로 확인할 수 있도록 하였다. 스마트 트래커는 적분 계산법을 이용하여 총 소모 칼로리, 걸음 수 및 이동 거리를 제시할 수 있으며, 스마트 화장실은 스마트 트래커와 연동하여 화장실의 방문 횟수, 방문하는 시간 및 화장실에 머무르는 총 시간 등을 평가할 수 있었다. 또한 이는 주별, 월별 관찰을 통해 특정 기간 내의 결과도 관찰할 수 있었다. 한 연구에 의하면 FLUTD가 발생한 고양이의 임상 증상은 다양하게 나타나고 실내 또는 실외 사육을 포함하는 고양이의 생활양식에 따라 다르게 나타날 수 있다[9]. 특히, 임상 증상을 관찰하는 보호자의 능력은 실외에서 활동하는 고양이에 대한 접근 가능성 및 보호자가 접근 시 고양이가 행동하는 반응 형태, 양육하는 고양이의 전체 수 및 보호자의 근무(직업 관련) 일정을 포함한 많은 요인의 영향을 받을 수 있다[9]. 그리고 고양이 FLUTD의 임상 증상으로 요도 폐쇄(55.1%)의 다음 순서로 혈뇨(23.1%), 횡뇨(21.8%), 빈뇨(15.4%)의 순서로 하부 요로계 질환의 임상 증상이 나타난다[9]. 이 연구에서 개발한 장치를 이용하면 혈뇨에 대한 소변검사 결과, 횡뇨 및 빈뇨에 대한 스마트 화장실 결과를 보호자가 고양이와 함께하지 않은 시간 동안에도 지속적으로 무선으로 모니터링할 수 있어 매우 유용할 것으로 기대된다.

또한 보호자들이 언급한 주된 증상으로 횡뇨(39.8%), 감뇨/무뇨(31.3%), 구토(24.8%), 혈뇨(24.3%), 빈뇨(21.5%), 부적절한 곳으로의 배뇨(20.1%), 기면 상태(20.1%)가 보고[5]되었다. 이러한 결과를 볼 때 스마트 트래커로 활동 상태를 분석하면, 스마트 화장실을 통해 횡뇨, 감뇨, 무뇨, 빈뇨 등을 확인할 수 있으며, 혈뇨를 더볼

어 소변검사로 확인할 수 있어 FLUTD를 조기에 확인하는 것이 가능하다. 특히, 1차로 발생한 FLUTD의 근본 원인과 관계없이 50% 이상이 재발(recurrence rate)하는 것으로 알려져 있으며, 재발하는 경우 고양이의 절반 이상이 최소 2회의 재발로 인해 고통을 받을 수 있다고 보고되었다[4]. 따라서 본 연구에서 개발된 장치를 이용한다면 보호자가 가정에서도 쉽게 고양이 하부 요로계 질환의 모니터링이 가능하고 동물병원과 공유하여 증상이 악화되거나 치료가 지연되는 것을 막을 수 있을 것으로 생각된다.

진단기법에서 민감도와 특이도는 검사 결과의 정확성을 판단하는 지표로 이용되는데 민감도는 '질병이 있는 환자를 얼마나 잘 찾아내는가'에 대한 기준이고 특이도는 '정상인 경우를 얼마나 잘 찾아내는가'에 대한 기준이다. 최근 코로나19 신속진단키트가 도입되면서 진단 장치의 민감도와 특이도에 대해 다양한 의견이 제시되었다. FDA의 기준에 따르면 신속진단키트의 기준은 민감도 90%, 특이도 95%이다. 혈액 및 단백질 등 혈뇨나 단백뇨 등을 민감도 100%, 특이도 100%로 검사할 수 있는 장치라는 점에서 본 연구를 통해 개발된 APP은 의료기기로서의 기준은 충족한다고 볼 수는 있을 것이다. 또한 검증을 위해 사용한 정도관리 물질이 사람의 것으로 고양이 소변 검사지와 반응이 기존에 제시된 바 없다. 단, 고양이가 FLUTD로 진단받은 모든 개체가 소변검사지 결과상에서 각 항목이 항상 +1 이상의 양성을 띠는다고는 할 수 없다[5]. 개발된 이 모바일 애플리케이션은 화장실의 이용 횟수, 시간과 더불어 모바일 장치를 이용하여 카메라를 통해 소변검사지 결과를 추가하여 해석하면 이상 여부를 좀 더 정확히 판단할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에 개발된 장치의 단백질 음료와 정도관리 물질을 이용한 검증 결과는 상당히 고무적이라고 할 수 있다. 최근 모바일 장치 기반 이미지 처리 기능을 사용한 소변검사 스트립을 분석하는 방법이 저렴하고 손쉽게 가정환경에서 현장 진료를 지원하는 방법으로 제시되고 있다[10]. 본 연구에서 개발된 기술을 활용할 경우 고양이의 하부 요로계 질병을 예측 또는 모니터링 하는 하여 예방 및 조기에 치료법을 적용하면 고양이, 보호자 및 수의사 모두에게 도움이 되는 체계가 확립될 것이다. 즉, 고양이는 건강한 삶을 누릴 수 있고, 보호자는 의료비의 부담완화 및 중병이나 고양이를 잃게 되는 정신적 스트레스를 감소할 수 있고, 수의사는 정기적인 검사와 조기 치료를 통한 진료영역의 확대 및 보호자의 지속적 확보가 가능할 것으로 사료된다.

V. Conclusions

본 연구에서 개발한 '냥이동행'은 모바일 카메라 장치와 IoT 기능을 통합적으로 활용하는 고양이 하부 요로계 질환 모니터링을 위한 국내의 최초의 모바일 애플리케이션인 것으로 생각된다. 현재의 연구 결과는 시중에 상업적으로 판매하는 단백질 음료와 10개 항목에 대해 측정할 수 있는 정도관리 물질을 이용하여 제시한 소수의 예비 데이터이다. 추가 실험을 통해 이 모바일 장치의 백혈구 및 PH 항목의 검출을 개선하는 방법이 제시되어야 할 것이다. 향후 이 장치를 혈당계, 심전도, 체중계와 같은 의료기기로 구현하여 하부 요로계 질환에 대한 축적 자료를 포함하여 동물병원과 연계하여 실시간으로 모니터링할 수 있는 서비스 모델 개발 등으로도 확대 가능할 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (#PJ0153302022).

We would like to express our gratitude to Dr. Lee for his help in the study.

REFERENCES

- [1] Adolph EF. "Tolerance to heat and dehydration in several species of mammals." *The American Journal of Physiology*, Vol. 151, No. 2, pp. 564-575, Dec. 1947. DOI: 10.1152/ajplegacy.1947.151.2.564
- [2] Beuchat CA. "Structure and concentrating ability of the mammalian kidney: correlations with habitat." *The American Journal of Physiology*, Vol 271, R157-R179, July. 1996. DOI: 10.1152/ajpregu.1996.271.1.R157
- [3] Chae S, Lee HY. "Measurement of the forefoot position by induction current method in walking normal cat." *Korean Journal of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, Vol. 42, No. 4, pp. 423-428. Apr. 1999.
- [4] Kaul E, Hartmann K, Reese S, Dorsch R. "Recurrence rate and long-term course of cats with feline lower urinary tract disease." *Journal of Feline Medicine and Surgery*, Vol. 22, No. 6, pp. 544-556, June. 2020. DOI: 10.1177/1098612X19862887
- [5] Kovarikova S, Simerdova V, Bilek M, Honzak D, Palus V, Marsalek P. "Clinicopathological characteristics of cats with signs of feline lower urinary tract disease in the Czech Republic."

Veterinari Medicina, Vol. 65, No. 3, pp. 123-133, Mar. 2020.
DOI: 10.17221/146/2019-VETMED

- [6] Lekcharoensuk C, Osborne C, Lulich J. "Epidemiologic study of risk factors for lower urinary tract diseases in cats." *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Vol. 218, No. 9, pp.1429-1435, May. 2001. DOI: 10.2460/javma.2001.218.1429
- [7] McGowan RTS, Ellis JJ, Bensky MK, Martin F. "The ins and outs of the litter box: A detailed ethogram of cat elimination behavior in two contrasting environments." *Applied Animal Behaviour Science*, Vol. 194, pp. 67-78, 2017. DOI: 10.1016/j.applanim.Sept. 2017.05.009
- [8] Patronek GJ, Glickman LT, Beck AM, McCabe GP, Ecker C. "Risk factors for relinquishment of cats to an animal shelter." *Journal of American Veterinary Medical Association*, Vol. 209, No. 3, pp. 582-588, Aug. 1996.
- [9] Piyaung K, Tangtrongsup S, Thitaram N, Lekklar P, Kittinuntasilp A. "Prevalence and risk factors of feline lower urinary tract disease in Chiang Mai, Thailand." *Scientific Report*. Vol. 10, No. 1, pp. 1-8, Jan. 2020. DOI: 10.1038/s41598-019-56968-w
- [10] Velikova M, Smeets RL, van Scheltinga JT, Lucas PJ, Spaanderman M. "Smartphone-based analysis of biochemical tests for health monitoring support at home." *Healthcare Technology Letters*, Vol. 1, No. 3, pp. 92-97, Sept. 2014. DOI: 10.1049/htl.2014.0059
- [11] Yang PJ, Pham JC, Choo J, Hu DL. 2014. "Duration of urination does not change with body size." *PNAS*, Vol. 111, No. 33, pp.11932-119387. DOI: 10.1073/pnas.140228911
- [12] Ajou University Foundation, 2012, Real time caloric calculation method using tri-accelerometer sensor, 1011715930000.

Authors



Heung Sik Nam graduated from Chung-Ang University with a B.A. in Advertising and Public Relations in 2005. Heung Sik Nam joined UNIMEWO Inc. in 2019. He is currently serving as the head of UNIMEWO's

business planning division. He is interested in healthcare, IoT, and platform services.



Moon Joo Lee graduated from Eunpyeong Web Media High School in 2007. He has been working on 'web development' and 'web design' since 2010. Moon Joo Lee joined UNIMEWO Inc. in 2019.

He is currently working as a front-end developer at UNIMEWO's Development Headquarters, engaged in in-house service and R&D research. He is interested in trends in the IT industry and is interested in providing convenience to people by grafting senior health care into the field.



Geon A Kim received the B.S. and Ph.D. degrees in Veterinary Medicine from Seoul National University, Korea, in 2009 and 2014, respectively. Dr. Kim joined the faculty of the Department of Biomedical Laboratory

Science, School of Medicine, Eulji University, Daejeon Korea, in 2020. She is currently a Professor in the Department of Biomedical Laboratory Science, Eulji University. She is interested in animal health science, animal gene therapy and animal model for human disease.