

축산 가축 이표용 맥파 센서의 데이터 정확도 분석

김일곤*, 강소형**

목원대학교 스포츠건강관리학과*, 한양대학교 생활스포츠학과**

Accuracy Analysis of Pulse Wave Sensor Data of Ear Label of Husbandry Livestock

Il-Gon Kim*, So-Hyung Kang**

Dept. of Sports Health Management, Mokwon University*

Dept. of Sports in Living, Hanyang University**

요 약 본 연구는 가축을 대상으로 이표용 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서 중 사육 가축에 적용 할 최적의 맥파 센서를 분석하기 위하여 소10마리, 돼지 10마리를 대상으로 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서를 적용한 결과, 소는 광센서가 압력센서와 전도성 섬유센서에 비하여 평균값에 대한 표준편차가 작은 것으로 나타나 광센서가 가장 안정적인 것으로 나타났고, 돼지는 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서 모두 안정적인 맥파수를 나타냈다. 따라서 소와 같이 신체부위의 굴곡이 많고 털이 길고 조밀한 가축의 경우, 광센서를 이용한 맥파 측정에 가장 효율적인 것으로 나타났다.

주제어 : 맥파, 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서, 소, 돼지

Abstract In this research, we aimed to investigate the most optimum pulse wave sensor to ear label of live stocks among pulse wave piezo film sensor, conductive textile sensor, photo sensor. As a result of this research with application to 10 cattle, 10 pigs objects with pulse wave piezo film sensor, conductive textile sensor, photo sensor, photo sensor shows less standard deviation to average value than piezo film sensor or conductive textile sensor which means it is the most stable for the cattle. With pigs, piezo film sensor, conductive textile sensor and photo sensor all show stable pulse rate. Thus, to take pulse rate of livestock with curved body and long and dense coat such as cow, photo sensor will be considered as the most efficient mean..

Key Words : Pulse Wave, Piezo Film Sensor, Conductive Textile Sensor, Photo Sensor, Cattle, Pig

1. 서론

1.1 연구의 필요성

우리나라의 경우 육류 소비량이 과거에 비해 크게 증가하였으며, 이에 따라 국내에서 사육되는 가축 사육두

수도 크게 증가하는 실정이다. 이러한 육류 소비량의 주된 대상은 닭, 오리와 같은 가금류와 소, 돼지가 주종을 이루고 있다[1].

가축의 사육환경은 과거에는 영세농에 의한 농·수산업과 축산업의 겸업이 주된 구조로 가구당 사육두수가 적은

Received 14 September 2014, Revised 28 October 2014
Accepted 20 November 2014
Corresponding Author: So Hyung Kang (Hanyang University)
Email: kang0210@hanmail.net

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

형태였으나, 최근에는 축산 전업농 또는 기업형 축산단체에 의해 가구당 사육두수가 몇 배로 증가하였다[2]. 이를 반영하듯, 90년대에 비해 2000년대에는 축산 농가수가 64% 감소한 반면, 사육두수는 20%가량 증가하였다. 이는 곧 축산 종사자 1인당 사육두수의 증가를 의미한다. 이러한 사육환경의 변화 원인은 실제 수입과 직결되는 축산 시설, 축산 장비, 사료의 재배, 생산, 공급에서 찾을 수 있다[3]. 즉, 축산 시설의 현대화, 사료 공급 및 분뇨 처리 시설의 자동화가 이루어져 가축 당 노동력이 절감되고, 이로 인해 1인당 사육두수가 크게 증가하게 되었다.

그러나 축산업은 시설, 장비에서는 크게 변화된 반면, 가축 단위당 개체관리, 질병 관리, 통계정보 수집과 같은 기반영역에서의 발전은 크게 더디며, 브루셀라, 구제역과 같은 질병의 발생 시 통계정보의 미흡, 개체관리의 미숙 등으로 인해 질병 확산 및 전파 등으로 인한 피해가 큰 실정이다[4]. 즉, 현재까지 대규모로 사육되는 가축에 대한 체계적인 관리 시스템이 마련되지 않았으며, 이러한 정보의 획득을 위해 과거와 별반 차이가 없이 인력에 의존하고 있다.

이러한 관리시스템의 미비 중 하나의 원인은 가축 개체의 맥파와 같은 생체정보를 수집하기 위한 장치의 개발이 이루어지지 않은데 기인한다. 가축 개체 정보를 수집하기 위해서는 무선 생체 단말이 필요하며 일부 개발된 제품이 있긴 하지만, 이를 이용하기 곤란한 여러 문제점으로 인해 실제로 활용이 미흡한 실정이다[5].

그리고 종래의 생체 단말의 경우 사용하기 불편한 크기와 무게로 인해 가축에 부착이 어려우며, 부착 후에도 가축의 활동으로 인한 손실이 빈번하게 발생하는 문제점이 있었다. 다른 예로, 피하에 전자칩을 이식하고 맥파를 외부 스캐너로 인식하도록 하는 방법이 있었으나, 고가의 전자칩이 사용되며, 재활용이 어렵고, 도축 시 제거가 용이하지 않고, 스캐너에 의해 지속적으로 개체를 스캔해야 하는 번거로움이 있었다[6]. 또한, 이러한 장치들은 돼지, 소, 염소와 같은 대형 개체의 경우 귀표와 함께 병행하여 사용됨으로써 관리를 위한 비용의 중복된 사용으로 실효성이 매우 적은 문제점이 있다.

따라서 비침습적 피부에 부착하여 동물의 생체신호인 맥파(脈波)를 측정하는 방안의 모색이 중요하다. 피부에 부착하여 맥파 생체신호를 측정하는 방법은 압력센서, 전도성섬유센서, 광전용적맥파(PPG, photoplethysmo-

-graph) 등을 많이 적용하고 있다. 이러한 맥파 측정 센서들은 격렬한 운동중이 아니면 맥파 측정의 오류는 발생하지 않는다. 그러나 털이 많은 동물들이나 특정한 신체부위에 센서가 밀착할 수 없는 경우에는 맥파의 측정의 오류가 발생 된다. 따라서 가축에 적용할 수 있는 맥파 측정용 센서와, 특히 특정 부위인 이표(耳標)를 활용할 수 있는 맥파 센서의 모색이 중요하다. 가축 귀의 두께가 각 개체마다 상이한 점을 고려하여 가축 이표용 최적의 맥파 센서를 분석하고, 선행 개발된 장치의 단점들을 보완 할 수 있는 실용적인 연구, 개발이 시급하다. 이러한 연구는 동물들의 생체 신호를 측정하는 다양한 장치와 호환하여 사용할 수 있을 것으로 본다.

그러므로 본 연구는 가축을 대표하고 식육으로 공급되는 소와 돼지의 이표와 병합하여 사용할 수 있는 이표용(耳標用) 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서 그리고 광(光)센서를 고안하여 맥파를 측정 후, 사육 가축에 적용할 최적의 맥파 센서 분석하고자 한다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 소와 돼지를 대상으로 이표용 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서 그리고 광센서를 고안하여, 사육 가축에 적용할 최적의 맥파 센서를 분석하는데 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구를 수행하기 위한 대상 가축은 C도, H군의 축산농가에서 소 10마리, 돼지 10마리를 무작위로 추출하였다. 이 대상 가축들은 의학적 질병 소견이 없는 건강한 가축 이었으며, 동일한 소와 돼지집단에게 이표용 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서 그리고 광 센서를 부착하여 실험하였다. 이 대상 가축의 생체 특성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Physical characteristics of objective live stock

| Animal(N) | Weight(kg) | Temperature(℃) | HR(beat/min) |
|------------|------------|----------------|--------------|
| Cattle(10) | 651±10.38 | 38.3±0.02 | 87±3.58 |
| Pig(10) | 113±06.02 | 38.6±0.51 | 92±4.62 |

2.2 이표용 맥파센서의 구성 및 작용

본 연구에 사용된 맥파 센서는 압력, 전도성 섬유, 광 맥파 센서를 각각 포함하여 구성되어 있다. 이표용 맥파 센서는 귀 뒷면부와 맥파 센서가 고정 구비되어 있어 가축의 활동 시에도 센서 이탈을 확실하게 방지할 수 있도록 하였다. [Fig.1]과 같이 센서가 삽설 되는 PCB기판을 몰딩으로 제작하여 가축의 귀에 압착하여 센싱 할 수 있도록 구성하였고, PCB 기판과 고정부 사이에 기판의 압착을 견고하게 할 수 있도록 하는 압착 쿠션을 설치함으로써, 기판의 보호와 동시에 자동으로 가축의 생체정보를 측정하여 외부 장치로 전송하도록 하였다.

2.3 실험절차 및 내용

[Fig.1]과 [Fig. 2]와 같이 가축 목 부위에 부착한 회로부는 가축 개체의 맥파 측정 정보를 저장하며, 외부장치의 요청에 따라 작성된 맥파 정보를 무선으로 전송하도록 하였다. 또한 맥파 정보 수집을 위한 센서부, 데이터의 처리 및 무선 통신 등 맥파 정보를 처리하기 위한 연산부, 연산부의 제어에 따라 점등 또는 점멸 되는 램프, 데이터 처리 및 외부장치와의 연동을 위한 실시간 클럭신호를 제공하는 클럭 발생기((RTC : Real Time Clock), 외부장치와 통신을 수행하기 위한 무선모듈 및 송신기 장치를 포함하여 구성하였다.

2.3.1 대상 가축의 맥파 측정

대상가축의 맥파 측정은 고안된 시스템에 의하여 [Fig. 2]와 같이 이표용 맥파 센서를 대상 가축 귀의 뒷면에 부착하고 송신부 및 배터리는 목 부위에 부착하여 대상가축의 맥파를 1분 간격으로 20분 동안 측정 하였다. 대상가축의 맥파 측정은 고안 구성한 이표용 압력, 전도성 섬유, 광 맥파 센서를 이용하여 동일 대상에 각각 측정하였으며, 센서와 송신장치 그리고 배터리를 부착 후, 1시간 뒤부터 소와 폐지의 안정 시 맥파를 측정하였다. 또한 측정 시 대상 가축이 건거나 뛰지 않은 상태에서 측정을 하였다.

2.4 자료처리

본 연구에서는 Window용 SPSS/PC Ver 18.0 통계 프로그램을 이용하여, 측정된 맥파에 대해 평균과 표준편차($M \pm SD$)를 산출 하였다. 또한 대상 가축의 이표용 압력, 전도성 섬유 그리고 광 맥파 센서에서 측정된 맥파의 시간별 분포도에 의하여 측정 범위의 오차를 확인하였다. 세 센서의 맥파 평균치 차이 검증을 위하여 One-Way ANOVA를 이용 하였으며, 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정 하였다.



[Fig. 1] Transmitting set, Receiving set of Ear label Pulse Wave sensor



[Fig. 2] Ear label Pulse Wave sensor sticking

3. 결과

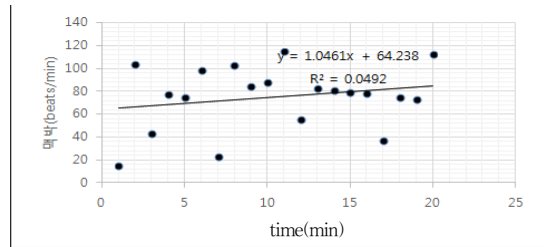
본 연구는 소와 돼지의 이표용 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서 그리고 광 센서의 맥파 측정 정확도를 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

3.1 소의 이표용 맥파 압력센서, 섬유센서, 광센서의 맥파 정확도 및 차이 분석

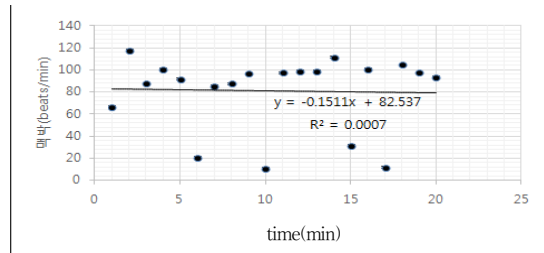
소귀에서 측정된 3가지 유형의 맥파 센서 결과는 <Table 2>와 같이 나타났다. 압력 센서는 평균 75.20 beats/min의 맥박이 측정되었지만 표준 편차가 27.90 beats/min 이었으며, 최소 맥박이 15 beats/min, 최대 맥박이 115 beats/min로 측정되어 차가 100beats/min 이었다. 또한 [Fig. 3]의 분산도에서도 평균치의 값에서 벗어나 일정한 값을 주지 못하고 있다. 섬유센서는 평균 80.95beats/min 이었으며 표준 편차가 33.61beats/min로 매우 큰 편차를 보였고, 최소 맥박이 11 beats/min, 최대 맥박이 118 beats/min로 106beats/min의 차이가 있었다. 또한 [Fig. 4]의 분산도에서도 평균치의 값에서 전반적으로 측정값이 벗어나 일정한 값을 주지 못하고 있다. 광센서는 83.25 beats/min 이었으며 표준편차가 02.94beats/min로 매우 작은 편차를 보였고 최소 맥박이 78beats/min, 최대 맥박이 88beats/min로 10beats/min의 적은 차이를 보였으며, [Fig. 5]의 분산도에서도 평균치의 값에서도 전반적으로 측정값이 평균값과 일정한 수준을 보이고 있다. 세 가지 측정센서별 평균치 차에 대한 유의수준은 F-value =.538, p<.587로 유의성이 없었다. 이는 세 센서의 평균치 값이 차이는 있었지만 차이를 인정할 수 없음을 알 수 있다.

<Table 2> Heart rate analysis of pulse wave piezo film sensor, textile sensor, photo sensor of cow ear label

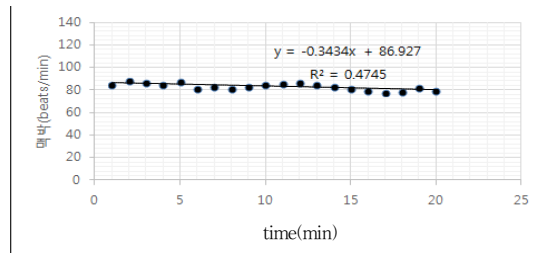
| Sensor | Pulse Wave (beats/min) mean±SD | Minimum Value | Maximum Value | F-value p |
|------------------|--------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Piezofilm sensor | 75.20±27.90 | 15 | 115 | .538 .587 |
| Textile sensor | 80.95±33.61 | 11 | 118 | |
| Photo sensor | 83.25±02.94 | 78 | 88 | |



[Fig. 3] Piezofilm sensor Sensor of Cattle



[Fig. 4] Textile sensor of Cattle



[Fig. 5] Photo Sensor of Cattle

3.2 돼지의 이표용 맥파 압력센서, 섬유센서, 광센서의 맥파 정확도 및 차이 분석

돼지 귀에서 측정된 3가지 유형의 맥파 센서 결과는 <Table 3>과 같이 나타났다. 압력 센서의 평균 맥박수가 93.95 beats/min으로 측정되었고 표준 편차가 1.36 beats/min 이었으며, 최소 맥박이 90 beats/min, 최대 맥박이 96 beats/min으로 최저치와 최고치의 차이는 6 beats/min 이었다. 또한 [Fig. 6]의 돼지 귀 이표용 맥파 센서의 맥박수에 대한 분산도는 평균치의 값에서 크게 벗어나지 않고 일정한 값을 보여주고 있다.

섬유센서의 평균 맥박수가 92.15 beats/min 이었으며 표준 편차가 2.18 beats/min 이었으며, 최소 맥박이 91 beats/min, 최대 맥박이 97 beats/min으로 최저치와 최고치의 차이는 6 beats/min 있었다. 또한 [Fig. 7]의 돼지 귀

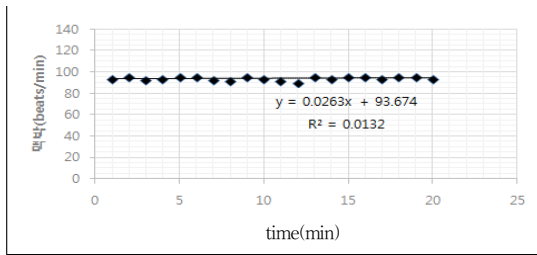
이표용 섬유센서의 맥박수에 대한 분산도 역시 평균치의 값에서 측정값이 크게 벗어나지 않았다.

광센서의 평균 맥박수가 93.75 beats/min 이었으며 표준편차가 1.96 beats/min 이었으며, 최소 맥박이 89 beats/min, 최대 맥박이 94beats/min으로 최저치와 최고치의 차이는 5 beats/min의 적은 차이를 보였다. [Fig. 8]의 분산도에서도 평균치의 값에서도 전반적으로 측정값이 평균값과 일정한 수준을 보이고 있다.

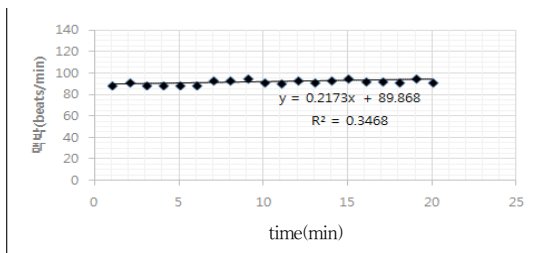
세 가지 측정센서별 평균치 차에 대한 유의수준은 F-value =.689, $p < .725$ 로 유의성이 없었다. 이는 세 센서의 평균치 값이 차이는 있었지만 차이를 인정할 수 없음을 알 수 있다.

<Table 3> Pulse wave accuracy and difference analysis of pulse wave piezo film sensor, textile sensor, photo sensor of pig ear label

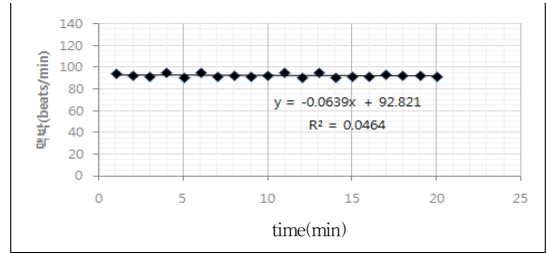
| Sensor | Pulse Wave (beats/min) mean±SD | Minimum Value | Maximum Value | F-value ρ |
|------------------|--------------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| Piezofilm sensor | 93.95±1.36 | 90 | 95 | .689 .725 |
| Textile sensor | 92.15±2.18 | 90 | 95 | |
| Photo sensor | 92.75±1.96 | 89 | 95 | |



[Fig. 6] Piezofilm sensor of Pig



[Fig. 7] Textile sensor of Pig



[Fig. 8] Photo sensor of Pig

4. 논의

선진 축산국가들은 농축산업 신성장 동력 정책으로 가축질병 대응체계 강화, 축산물 위생 관리·강화 등을 추진함으로써 식품안전강국을 구현하고, 선진국형 도축·가공·유통 일괄시스템을 통해 계열화를 확립하고자 한다 [7]. 가축질병 대응체계로는 소와 돼지와 같은 가축에 대해 질병 검사를 위한 생체신호를 측정 센서와 단말기의 개발에 주력하고 있다. 또한 측정 데이터를 근거리 무선 전송할 수 있는 전송 단말기 및 수신기의 개발과 수집된 생체데이터를 분석하여 질병 여부를 판단하는 알고리즘의 개발 및 분석 프로그램의 개발로 가축의 질병 여부를 과학적으로 검출하려는 연구들이 수행되고 있다[8,9,10].

이표용 압력센서와 섬유 센서의 경우 소귀의 신체 구조적인 특성과 소귀의 길고 조밀한 털로 인한 센서의 접촉성이 낮아져 <Table 2>와 같이 평균치에서 표준편차가 크게 나타났으며 분산도에서도 평균치보다 많이 벗어난 현상을 보여 소귀의 맥파 센서로는 부적합 것으로 사료된다. 이표용 광센서의 경우는 소귀의 신체적 구조나 털과 관계없이 광 투과와 반사가 잘 이루어져 압력센서와 섬유센서에 비해 안정적으로 맥박수가 측정되었다. 또한 광센서는 맥박수의 평균치에 대한 표준편차 작았고 분산도가 평균치에 밀집되었으므로 이표용 소귀 맥파 측정센서로 적합하였다.

하지만 [6]의 연구결과에 의하면 인체를 대상으로 한 맥파 측정 방법으로, 압력센서가 가장 효과적인 측정방법이라고 하였다. 압력센서는 사람의 피부에 유연하게 변형이 되어 혈관의 위치를 찾지 않아도 맥파 신호 수집에 용이하다고 보고 하였다. 이는 본 연구와 실험 대상의 특성차이에 관한 결과로, 인체의 피부와 소의 피부특성

이 다음으로 나타난 결과라고 사료된다.

따라서 소와 같이 털이 조밀한 피부를 가진 가축의 경우 압력센서 보다 광센서의 맥파 측정이 더 효과적이라는 결과를 뒷받침 할 수 있다고 생각된다.

이표용 압력센서와 섬유 센서 그리고 광센서는 돼지 귀의 신체 구조적인 특성과 털로 인한 센서의 접촉성 문제에 관계없이 맥박수가 잘 측정되었다. 또한 세 가지 형태의 센서에서 측정된 맥박수 분산도에서 보는 바와 같이 평균치에서 벗어나지 않은 분산 형태를 보이고 있다. 이러한 결과는 돼지 귀의 이표용 세 가지 형태의 센서는 모두 맥박수 측정에 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

이표용 세 가지 센서를 이용한 소와 돼지의 맥박수 측정 결과를 고려해 보면, 신체부위가 넓으면서 평평하고 털이 적을 경우는 세 가지 센서 모두 맥박수 측정에 용이하였으며 측정값도 일정하게 나타났다. 그러나 압력센서와 섬유센서의 경우는 소귀 부위에서 맥박수 측정이 일정하지 않고 측정이 잘 이루어지지 않아 신체부위가 굴곡이 많고 털이 길고 조밀한 가축의 특정한 신체부위에서는 생체측정이 어려울 것으로 사료된다. 따라서 소와 돼지의 이표용 맥박수 측정 장치로는 광 센서가 적합하며 질병을 모니터링하는 IT 기반한 시스템으로의 활용도 기대할 수 있을 것으로 본다. 특히 이표에 부착하는 방식은 기존의 이표의 구조적 장치 내에 삽입하는 개발된 장치이기 때문에 추후 활용성에 대한 다양한 연구를 수행한다면 가축의 질병을 관찰하거나 동물의 생체 실험을 수행하는데 용이 하게 적용될 것으로 본다.

5. 결론

본 연구는 이표용 맥파 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서 중 사육가축에 적용 할 최적의 맥파 센서를 분석하기 위하여 소와 돼지를 대상으로 실험 한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다. 소는 광센서가 압력 센서와 전도성 섬유센서 보다 가장 안정적으로 맥박수가 측정되어 가장 적합한 맥파센서로 나타났고, 돼지의 경우 압력센서, 전도성 섬유센서, 광센서 모두 적합한 센서로 나타났다.

REFERENCES

- [1] Ju Hee Cha(2007). A Study of Consumption Pattern of Beef and Pork. Chonnam National University Graduate School Master's Thesis.
- [2] Sang Gon Jeon, Han Ul Park(2011). Estimation of the Number of Korean Cattle Using ARIMA Model .Journal of Agriculture & Life Sciences451(5), 115-126.
- [3] Lee In Ki(2006). Introduction of regional maximum load system of livestock numbers based on environmental capacity. Yonsei University Graduate School Master's Thesis.
- [4] Myung Sun Chun(2011). Foot and Mouth Disease as a Rural Issue in Korean Media during the Japanese Colonial Period. Journal of the Korean Agricultural History Association, 11(1), 1-23.
- [5] Hyun Gi Kim, Chul Ju Yang, Hyun Yoe (2012). Design and Implementation of Livestock Disease Forecasting System. Journal of the Kics. 37(12), 1263-1270.
- [6] Jung Chae Kim, Sun Ha Jee, Sun Kook Yoo (2012). Fabrication and Evaluation of Sensor for Measuring Pulse Wave Velocity using Piezo Film and Conductive Textile. Journal of Sensor Science and Technology. 21(2), 135-143.
- [7] Sang wan Jang(2012). Globalization and Changing Agrarian Questions. KyungSang University. Journal of Institute for Social Science.9(3).
- [8] Hak Bong Jeon(2014), Development of Biological Monitoring System for Cattle Disease Detection. Kwongwoon University Graduate School Master's Thesis
- [9] Jeong Seok Kyun(2013). Study on the Livestock Disease Forecasting System Using an the Acceleration Sensor. SoonCheon University Graduate School Master's Thesis
- [10] Hong Kyu Kim, Seung Jin Moon, Jong Dae Lee, Sun O Choi (2013). Cattle Shed Management System Based on Wireless Sensor Network with Bio and Environmental Sensors. The Korean

Institute of Communications and Information Sciences. 38(27), 573-586.

김 일 곤(Kim, Il Kon)



- 1988년 2월 : 충남대학교 체육교육학과(교육학사)
- 1991년 2월 : 충남대학교 체육교육학과(교육학 석사)
- 1997년 2월 : 한양대학교 체육학과(이학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 스포츠 건강 관리학과 교수

· 관심분야 : 운동생리, 스포츠 재활, 운동처방

· E-Mail : ml97904@mokwon.ac.kr

강 소 형(Kang, So Hyung)



- 2003년 2월 : 충북대학교 식품 영양학과(이학사)
- 2012년 2월 : 목원대학교 운동 처방 전공(이학석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한양대학교 생활스포츠학과 박사과정
- 관심분야 : 운동생리학, 운동처방
- E-Mail : snfl012@hanyang.ac.kr