

골다공증 환자의 Digital 방사선 요추 Image를 이용한 영상분석 Image Analysis Using Digital Radiographic Lumbar Spine of Patients with Osteoporosis

박형후*, 이진수**

김원묵기념 봉생병원 영상의학과*, 인제대학교 해운대 백병원 영상의학과**

Hyong-Hu Park(hhpark7554@hanmail.net)*, Jin-Soo Lee(sonojinsoo@naver.com)**

요약

본 연구는 골다공증 환자의 Digital 요추 측부 영상을 이용하여 질감특징의 통계적 분석으로 컴퓨터 보조 진단 시스템 구현과 질병의 조기진단 및 치료를 위한 실험적인 모형 연구로 신뢰성 있는 보조적 진단 정보를 제공함으로써 골다공증에 대한 정확한 진단 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해서 정상인의 Digital 방사선 요추 측부 영상과 골다공증 환자의 Digital 방사선 요추 측부 영상을 실험 영상으로 하여 설정된 ROI에 대한 통계적 질감특징 값을 6가지 parameter로 나타냈다. 골다공증에 대한 질감특징분석 값 중 Average Gray Level에서 95%로 최고 높은 인식률을 나타내었고, Uniformity에서 80%로 가장 낮은 인식률을 나타내었다. 또한 Average Contrast에서 82.5%, Smoothness에서 90%, Skewness에서 87.5%, Entropy에서 87.5%를 나타내어 6가지 Parameter에서 모두 80%이상의 높은 인식률을 나타내 알고리즘의 안정성을 입증하였다. 따라서 본 연구 결과를 토대로 의료영상의 컴퓨터자동진단 시스템으로 발전된 프로그램을 coding 한다면 의료영상의 병소부위 자동검출, 질병 진단을 위한 예비 진단자료, 질병의 확진을 위한 자료제공, 제한된 장비로도 진단 가능, 의료영상의 판독시간 단축에 유용하게 사용될 수 있으리라 사료된다.

■ 중심어 : | 골다공증 | 질감특징분석 | 컴퓨터 보조 진단 |

Abstract

This study aimed to propose an accurate diagnostic method for osteoporosis by realizing a computer-aided diagnosis system with the application of the statistical analysis of texture features using digital images of lateral lumbar spine of patients with osteoporosis and providing reliable supplementary diagnostic information by model experimental research for early diagnosis of diseases. For these purposes, digital images of lateral lumbar spine of normal individuals and patients with osteoporosis were used in the experiments, and the values of statistical texture features on the set ROI were expressed in six parameters. Among the texture feature values of the six parameters of osteoporosis, the highest and lowest recognition rates of 95 and 80% were shown in average gray level and uniformity, respectively. Moreover, all the six parameters showed recognition rates of over 80% for osteoporosis: 82.5% in average contrast, 90% in smoothness, 87.5% in skewness, and 87.5% in entropy. Therefore, if a program developing into a computer-aided diagnosis system for medical images is coded based on the results of this study, it is considered possible to be applied to preliminary diagnostic data for automatic detection of lesions and disease diagnosis using medical images, to provide information for definite diagnosis of diseases, to diagnose by limited device, and to be used to shorten the time to analyze medical images.

■ keyword : | Osteoporosis | Texture Feature Analysis | Computer Aided Diagnosis |

I. 서론

골다공증(Osteoporosis)이란 뼈의 강도가 약해져서 골절의 위험도가 증가하는 질병이다. 골다공증은 가장 흔한 대사성 골질환의 하나로 고관절, 대퇴골, 손목관절, 척추 등에서 작은 외부적 충격에도 골다공성 골절이 쉽게 발생하게 된다[1-3]. 나이가 들면 남녀 누구에게나 찾아오는 뼈가 얇아지고 약해지는 현상이라고 말할 수 있고 심한 골다공증은 치료하지 않으면 뼈는 부러지기 쉬운 상태가 되어 가벼운 충격에도 골절이 생길 수 있다[4]. 생활수준이 향상되고 의학이 발달하면서 평균 수명이 늘어나고 노인 인구가 증가함에 따라 골다공증도 계속 증가하고 있다. 여성의 경우 50세 전후 폐경이 되면서 매우 빠른 속도로 골 양이 줄어들게 되고 폐경 후 3-5년 내에 골밀도의 소실이 가장 빠르게 일어난다. 골다공증에 의한 골절은 주로 폐경 후 증가하기 시작하여 노년기가 되면서 급격히 증가한다. 65세 이상인 여성의 경우 2명 중 1명, 남성의 경우 5명 중 1명에서 골다공증이 발생한다고 한다[4][5]. 퇴행성 골다공증은 주변에서 흔히 볼 수 있는 것으로, 해마다 골다공증에 의한 골절환자의 발생률이 늘면서 연간 의료비도 계속 늘어나고 있는 추세이다. 그래서 이러한 문제를 해결하는 방법으로 정기적인 검사로 골다공증을 미리 예방하고 조기에 치료를 할 수 있다면 환자의 삶의 질을 향상시킬 수 있고 의료비 지출의 경감 효과가 있으리라 생각된다[6][7]. 그러나 현실적인 문제점으로 대학병원이나 종합병원과 같은 큰 병원에서는 전문 골밀도 검사 장비와 전문 인력이 갖추어져 있어서 검사와 진단이 가능하지만 작은 규모의 병원이나 의원에서는 골밀도 검사 장비와 전문의사가 없어서 진단이 어려운 경우가 많다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 거의 모든 병원에서 보유하고 있는 진단용 방사선 검사 장비를 이용해 골다공증의 조기 진단 및 Pre-diagnosis(예비 진단)에 도움을 줄 수 있는 의료영상의 질감특징분석 알고리즘에 대한 연구를 실시하게 되었다. 이는 환자에게는 저비용으로 쉽게 골다공증에 대한 조기검사를 실시할 수 있게 하고, 의사에게는 골다공증에 대한 전문 의료지식이 없다 하더라도 컴퓨터를 통한 보조진단이 가능하도

록 디지털 방사선 요추 영상을 이용한 질감특징분석 알고리즘 연구를 실시하였다. 기존의 골밀도 검사방법으로 초음파, CT, MRI 등으로도 종전에는 검사를 시행하였지만 고가의 검사비용 문제와 검사시간 등이 부담되고, 실제로는 골밀도 전문장비가 갖추어진 병원에서만 검사를 시행하여 환자들이 검사를 조기에 정기적으로 하는 것이 어렵기 때문에 조기진단이 어렵고, 골다공증으로 인한 골절 및 질병에 대한 증상이 나타나야 비로써 검사를 시행하는 경우가 많아 치료시기를 놓쳐 2차적인 합병증과 평생 후유증으로 고통을 겪을 수 있는 상황에 처할 수 있다[8][9]. 그래서 비용이 저렴하고 쉽게 검사와 진단이 가능한 질감특징분석을 이용한 통계적 기반의 CAD(Computer Aided Diagnosis) 시스템을 제안하고 이를 골다공증환자의 디지털 방사선 요추 측부 영상에 적용하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. CAD

컴퓨터보조진단(Computer Aided Diagnosis. CAD)이란 디지털 의료영상인 CT, MRI, 초음파영상, 방사선 영상 등을 컴퓨터가 정량적으로 분석하고 그 결과를 바탕으로 질환부위 영역을 컴퓨터가 나타내는 것이다 [10]. CAD는 컴퓨터 화면에 참고 영상이 표시 되거나 질환에 대하여 정량적 측정결과가 표시 되도록 하여 의사가 미처 발견하지 못하는 등의 실수를 감소시킬 수 있고, 디지털 의료영상에 대하여 컴퓨터로 수치상 해석을 통해 객관적인 결과를 보조적 의견으로 의사가 사용할 수 있도록 하는 것이다. CAD 시스템의 개발로 의사의 육안적 인식과 판별능력의 한계, 환경적 장애요인 등으로 나타나는 진단적 오류에 대한 상당한 부분이 개선되리라 예상된다[10]. 본 연구에서 사용된 질감특징분석은 골다공증환자의 디지털 방사선 요추 영상을 통계적 분석방법으로 분석을 하면 영상의 특징(feature)이 잘 나타나기 때문에 밝기 히스토그램을 이용한 통계적 분석방법으로 질환부위만 추출하여 질감특징을 얻을 수 있다[11]. 본 연구에서 질감특징의 값으로 사용된

Parameter는 Average Gray Level(AGL), Average Contrast(AC), Smoothness(S), Skewness(Sk), Uniformity(U), Entropy(E) 등 총 6개이다.

여기서 Z를 gray level을 나타내는 확률적 변수라 하고 $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$ 이라 할 때 $p(z_i)$ 는 해당 히스토그램에 대한 function of pixel values이며 이때 L 은 뚜렷한 회색조의 번호라 할 때 Average Gray Level은 히스토그램의 평균값으로 (식1)로 정의한다[12].

$$AGL = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \quad (식1)$$

Average Contrast는 측정값들이 평균값으로부터 떨어진 거리이며 측정값의 산포도를 나타내는 표준편차(σ)나 확률변수(Z)가 측정값으로부터 얼마나 떨어진 곳에 분포하는지 정도를 나타내는 분산(σ^2)과 같은 의미를 갖고 (식2), (식3)로 정의한다[13].

$$AC = \sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 \times p(z_i)} \quad (식2)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 \times p(z_i) \quad (식3)$$

Smoothness는 밝기의 상대적인 부드러운 정도를 측정한다. 정규화된 일정한 밝기의 영역에 대하여 0으로, 밝기가 크게 벗어나는 영역에 대해서는 1에 근접하고 (식4)로 정의한다[14].

$$S = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2(z)} \quad (식4)$$

Skewness는 히스토그램의 비대칭도를 측정하는 것으로 분포가 한쪽으로 치우친 정도를 나타내는 통계적 척도이다. 이 값은 k번째 확률변수의 기댓값으로 $E(Y_k) = \mu$ 로 표시하고 Y의 k번째 Skewness라 읽고 (식5)로 정의한다[15].

$$SK = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 \times p(z_i)}{\sigma^3} \quad (식5)$$

Uniformity는 모든 gray scale이 동일한 값이라는 것을 의미하고 (식6)로 정의한다[16].

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i) \quad (식6)$$

Entropy는 정보량을 나타내는 척도로서, 영상 내 화소들 간에는 일반적으로 상관성은 높지만 영상 내의 영역의 복잡도와 상관성은 반비례 관계가 있으며 같은 크기의 영상이라고 할지라도 정보량이 동일하지 않을 것이라고 예상이 가능하다. 이것은 하나의 화소와 전체 영상에 대해서 적용 가능하므로 평균정보량의 개념이 도입되어야 한다. 이 평균정보량을 Entropy라 하고 (식7)로 정의한다[17].

$$E = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \times \log p(z_i) \quad (식7)$$

2. Osteoporosis

골다공증(osteoporosis)이란 골격계의 강도가 감소됨으로써 골질의 위험도가 증가하는 질환으로 폐경 후 여성에게서 흔하지만 남녀 모든 연령에서 발생할 수 있고, 만성통증, 골절, 우울증 등 일상적인 사회생활로부터 분리를 야기할 수 있는 질환이다[18]. 특히 노인성 질환 중에 골다공증은 골절과 관련되고 이로 인한 경제적 손실이 막대하며 특히 대퇴골절 환자의 20%에서 사망까지 이르게 되므로 그 예방 및 치료가 대단히 중요하다 하겠다[18]. 골밀도 검사법에는 이중에너지 방사선 골밀도 측정법, 정량적 전산화 단층촬영, 정량적 초음파 검사법, 정량적 MRI 등 여러 가지 방법으로 검사가 가능하다[19]. 골밀도 표현방법은 나이, 성별, 종족 간에 정상의 평균치를 비교하여 해석되는 것이 일반적이고 이는 T-score로 표현되고 최근에 주로 사용되고 있으며 측정된 골밀도와 이론적 최대 골 양의 평균치의

차이 즉 표준편차로 표시되며 연령과 무관한 수치이다. 'WHO'에서 분류한 T-score별 질환 분류는 T-score > -1 일 때는 Normal, -1 > T-score > -2.5 일 때는 Osteopenia, -2.5 > T-score 일 때는 osteoporosis로 분류 한다[20]. 이 처럼 골다공증을 예방하기 위해서는 충분한 칼슘과 비타민D를 섭취해야 하고 뼈와 근육강화에 도움이 되는 운동을 병행하여야 하고 정기적인 골다공증 검사를 시행하여 질환을 예방하는 것이 중요하다. 병적인 요인에 의한 골다공증은 약물에 의한 원인 치료와 함께 운동과 식이요법을 같이 병행하여야 한다.

III. 재료 및 방법

부산 B병원에 내원해 진료를 받은 환자 중 2012년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지 골밀도 검사를 시행한 환자 312명 중 T-Score가 정상인 환자 40명과, 검사 결과 골다공증으로 진단 받은 환자 40명의 디지털 방사선 요추 측부 영상을 이용해 영상의 질감특징분석을 실시하였다. 실험영상을 Adobe photo shop CS4를 이용해 실험 분석에 알맞게 50 X 50 Pixel size로 cut off 하였고 이 영상을 MATLAB Ver.7.4(R2007a release, MathWorks Inc, USA)를 이용하여 실험하였고 결과를 도출하였다. 실험에 사용된 컴퓨터는 S사의 R55 CPU2.0 RAM2.0을 사용하였다. 실험은 Texture Feature Extraction Program을 사용하였고 결과로 영상의 질감특징을 6개의 Parameter 즉 Average Gray Level, Average Contrast, Smoothness, Skewness, Uniformity, Entropy로 정량적 분석을 실시하였다. 이 결과를 토대로 정상 환자의 요추와 골다공증 환자의 요추를 Parameter별로 비교하여 인식을 나타내었고 골다공증을 진단하였다. 요추는 해면골이 풍부하여 골대사의 변화를 잘 판단할 수 있기 때문에 요추를 측정 부위로 선택하였다. 요추 5개 중 5번은 골밀도 편차가 너무 크고 1번-3번은 압박 골절 위험도가 높아 'ISCD' (International Society of Clinical Densitometry) 권고안에 따라 요추1-요추4번 중 요추 4번을 실험영상으로 선정하였다[20]. Data의 공정성을 위해 다른 질환을 가지고 있는 요추는 실험의 정확성을 위해 실험영상에서

제외하였다. 디지털 방사선 요추 영상 획득 장비는 SEMENSE사의 AXIOM Aristos [그림 1]의 A이고 골다공증 측정 장비는 HOLOGIC사의 QDR SERIES [그림 1]의 B이다.



그림 1. 실험영상 획득 장비



그림 2. 실험영상의 cut off 의 예

IV. 실험결과

정상인 진단 받은 환자 40명과 골다공증으로 진단 받은 환자 40명의 디지털 방사선 요추 측부 영상을 이용해 질감특징분석 알고리즘으로 실험한 결과를 토대로 6개 Parameter값을 각각 비교하여 인식을 조사하였다.

1. Average Gray Level

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Average Gray Level 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 134.0107, 최대값 136.0055이고 골다공증환자 요추

영상의 최소값 131.0627, 최대값 134.4078이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 134.8224 ± 0.5604 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 132.9034 ± 0.7207 이었다.

기준이 되는 정상영상의 Average Gray Level 최대값과 최소값의 범위 이외에 실험영상인 골다공증영상 Average Gray Level 값이 존재하게 되면 인식이 가능하고 골다공증 진단이 가능하게 된다. 기준영상인 정상 영상 40개와 실험영상인 골다공증영상 40개의 Average Gray Level 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 38개를 인식하여 95%에 인식률을 나타내었다.

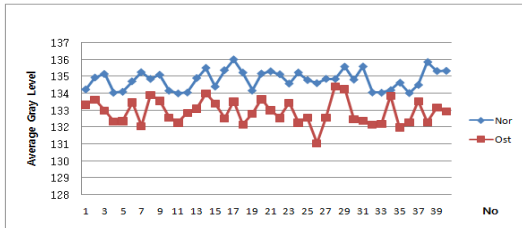


그림 3. Average Gray Level 실험결과

2. Average Contrast

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Average Contrast 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 73.0155, 최대값 73.4932이고 골다공증환자 요추 영상의 최소값 73.3177, 최대값 74.4838이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 73.2654 ± 0.1177 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 73.7918 ± 0.2608 이었다. 기준영상인 정상영상 40개와 실험영상인 골다공증영상 40개 Average Contrast 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 33개를 인식하여 82.5%에 인식률을 나타내었다.

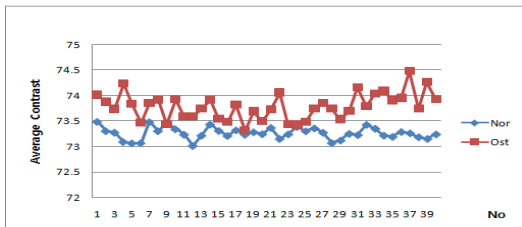


그림 4. Average Contrast 실험결과

3. Smoothness

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Smoothness 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 0.077, 최대값 0.0782이고 골다공증환자 요추 영상의 최소값 0.076, 최대값 0.0776이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 0.0774 ± 0.0003 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 0.0765 ± 0.0004 이었다. 기준영상인 정상영상 40개와 실험영상인 골다공증 영상 40개의 Smoothness 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 36개를 인식하여 90%에 인식률을 나타내었다.

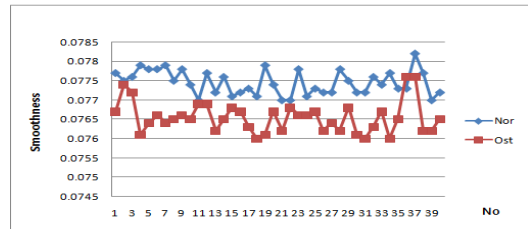


그림 5. Smoothness 실험결과

4. Skewness

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Skewness 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 -0.6375, 최대값 -0.3291이고 골다공증환자 요추 영상의 최소값 -1.1082, 최대값 -0.5362이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 -0.5062 ± 0.0729 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 -0.7823 ± 0.1279 이었다. 기준영상인 정상영상 40개와 실험영상인 골다공증영상 40개의 Skewness 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 35개를 인식하여 87.5%에 인식률을 나타내었다.

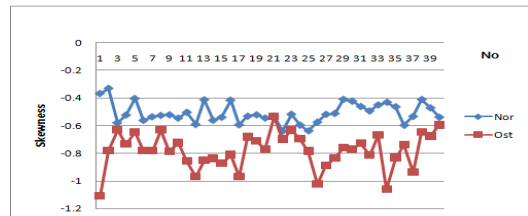


그림 6. Skewness 실험결과

5. Uniformity

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Uniformity 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 0.0536, 최대값 0.0793이고 골다공증환자 요추 영상의 최소값 0.0314, 최대값 0.0603이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 0.0649 ± 0.0065 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 0.0448 ± 0.0085 이었다. 기준영상인 정상영상 40개와 실험영상인 골다공증영상 40개의 Uniformity 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 32개를 인식하여 80%에 인식률을 나타내었다.

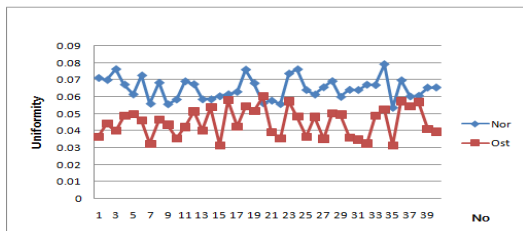


그림 7. Uniformity 실험결과

6. Entropy

정상 요추 영상과 골다공증환자 요추 영상의 Entropy 비교실험 결과에서 정상 요추 영상의 최소값 3.6255, 최대값 5.7933이고 골다공증환자 요추 영상의 최소값 2.0522, 최대값 3.8823이었다. 정상 요추 영상의 평균과 표준편차는 4.5781 ± 0.4581 이고 골다공증환자 요추 영상의 평균과 표준편차는 2.8731 ± 0.5576 이었다. 기준영상인 정상영상 40개와 실험영상인 골다공증 영상 40개의 Entropy 비교실험 결과에서 40개의 영상 중 35개를 인식하여 87.5%에 인식률을 나타내었다.

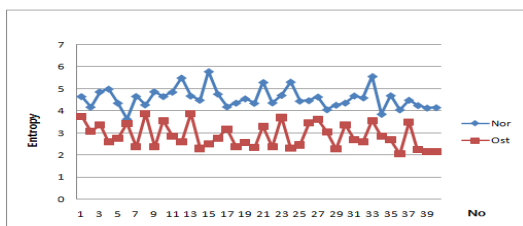


그림 8. Entropy 실험결과

V. 고찰 및 결론

본 연구는 골다공증환자의 디지털 방사선 요추 측부 영상에서 질감특징의 통계적 분석을 통해 컴퓨터보조 진단 시스템 구현과 조기진단을 위한 실험적인 모형 연구로 신뢰성 있는 보조적 진단 정보를 제공함으로써 골다공증에 대한 정확한 진단 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해서 정상인의 디지털 방사선 요추 측부 영상과 골다공증환자의 디지털 방사선 요추 측부 영상을 실험 영상으로 하여 설정된 분석영역에 대한 통계적 질감특징분석 값을 6가지 parameter로 나타냈다. 골다공증에 대한 질감특징분석 값 중 Average Gray Level에서 95%로 최고 높은 인식률을 나타내었고, Uniformity에서 80%로 가장 낮은 인식률을 나타내었다. 또한 Average Contrast에서 82.5%, Smoothness에서 90%, Skewness에서 87.5%, Entropy에서 87.5%를 나타내어 6가지 Parameter 모두 80%이상의 뛰어난 인식률을 나타내었다. 기존 논문의 실험결과에서는 고른 인식률을 보이고 있지 못한 반면에, 본 연구에서 사용된 모든 Parameter에서 80%이상의 고른 인식률을 나타내 본 연구에 사용된 알고리즘의 안정성을 입증하였다. 본 연구와 관련된 주장의 논문으로 CAD 시스템에 대한 인식효율을 높이기 위해서 디지털의료영상의 스펙트럼 히스토그램을 이용한 질감특징분석을 제안하면서 ‘스펙트럼의 히스토그램은 영상 질감의 통계적 기능을 제공한다’고 Liu X와 Wu D는 그들의 저서에서 기술하고 있다[21]. 따라서 본 연구 결과를 토대로 의료영상을 컴퓨터자동진단 시스템으로 발전된 프로그램으로 coding 한다면 임상증례의 병소부위를 자동 검출할 수 있고, 최종 진단을 위한 예비진단 자료로 활용 할 수 있고, 질병의 확인을 위한 정보제공이 가능하고, 제한된 장비로도 진단이 가능하며, 의료영상의 관독시간 단축에 유용하게 사용될 수 있으리라 사료된다. 제한점으로 실험영상의 증례를 추가하여 골다공증에 대한 신뢰성을 일반화해야 할 것이며, 골다공증과 같은 단일질환에 대한 연구와 더불어 복합질환영상에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이우석, 박형무, 배도완, “한국여성의 골다공증 유병율”, 대한폐경학회지, 제9권, 제9호, pp.339-346, 2003.
- [2] 김명의, “중년여성의 골다공증에 대한 지식과 인지요인과의 관계”, 여성건강간호학회지, 제11권, 제1호, pp.52-57, 2005.
- [3] 김다혜, 고성진, 강세식, 김정훈, 김동현, 예수영, “골밀도를 이용한 대퇴근위부 형태 변화의 상관관계평가”, 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제12호, pp.335-344, 2012.
- [4] 김형천, 강재도, 경치욱, 서현철, “골다공증에 한 골절에 있어 골절의 위험인자에 관한 연구”, 대한골절학회지, Vol.15, No.1, pp.7-14, 2002.
- [5] The Korean Orthopaedic Association, http://www.koa.or.kr/info/index_14_1.php.
- [6] S. Koka, T. J. Salinas, and K. A. Kennel, “Osteoporosis Fracture Risk and Prosthodontic Implications,” The International Journal of Prosthodontics, Vol.22, No.5, pp.505-506, 2009.
- [7] Y. I. Kim, J. H. Park, J. S. Lee, J. W. Kim, S. O. Yang, and D. J. Jeon, “Prevalence and risk factors of the osteoporosis of perimenopausal women in the community population,” Korean J Med, Vol.62, pp.11-24, 2002.
- [8] W. Pei, J. Chen, and J. Zheng, “Short period clinical observation of compound vibration machine on the treatment of osteoporosis,” Chines Journal of Osteoporosis, Vol.15, No.9, pp.657-660, 2009.
- [9] 김재균, 문영환, “골다공증의 진단”, 대한고관절학회, Vol.23, No.2, pp.108-115, 2011.
- [10] 김창수, 고성진, 강세식, 김정훈, 김동현, 최석윤, “컴퓨터단층영상에서 TIA를 이용한 간경화의 컴퓨터보조진단”, 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제4호, pp.358-366, 2012.
- [11] 고성진, 이진수, 예수영, 김창수, “초음파영상에서 갑상선 결절의 컴퓨터자동진단을 위한 Texture Features 알고리즘 응용”, 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제5호, pp.303-310, 2013.
- [12] Y. Q. Wu and J. K. Zhang, “Thresholding based on maximum entropic correlation of average gray level gradient two dimensional histogram,” Minimicrosystems Shenyang, Vol.30, No.8, pp.1675-1679, 2009.
- [13] Padilla Vivanco, Alfonso Urcid Serrano, and Gonzalo Ba, “Two-dimensional average contrast analysis of the joint Fourier spectrum under rotation of an input object,” Optical Engineering, Vol.41, No.12, pp.3241-3249, 2002.
- [14] M. A. Heller, “Texture perception in sighted and blind observation,” Percept Psychophys, Vol.45, No.1, pp.49-54, 1989.
- [15] 오종근, 홍민철, “비대칭도를 이용한 적응적인 Retinex 알고리즘”, 대한전자공학회 학술대회논문집, Vol.2013, No.11, pp.584-587, 2013.
- [16] 김석한, 웨이블릿을 이용한 내용기반 영상검색 단국대학교 대학원 석사학위논문, 2010.
- [17] 강선도, 객체특성을 이용한 내용기반 영상검색, 고려대학교 대학원 박사학위 논문, 2009.
- [18] S. H. Yoon and J. G. Kim, “Current treatment of postmenopausal osteoporosis,” Korean Journal of Obstetrics and Gynecology Science, Vol.48, No.4, pp.844-856, 2005.
- [19] 이기행, “골다공증의 진단”, 대한고관절학회, Vol.19, No.3, pp.260-265, 2007.
- [20] 정수호, 이해혁, 김태희, 유에리, 차상현, 이임순, 배동한, 최승도, 박혜인, “고령 폐경여성에서 WHO 진단기준과 ISCD 진단기준에 의한 골다공증 빈도”, 대한폐경학회지, Vol.15, No.2, pp.87-92, 2009.
- [21] X. Liu and D. Wang, “Texture classification using spectral histograms,” IEEE Trans Image Process, Vol.12, No.6, pp.661-670, 2003.

저 자 소 개

박 형 후(Hyong-Hu Park)

정회원



- 2013년 2월 : 고신대학교 보건과 학과(이학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 시간강사
- 1997년 7월 ~ 현재 : 김원목기념 봉생병원 영상의학과 재직

<관심분야> : CAD, 영상평가, 방사선 보건

이 진 수(Jin-Soo Lee)

정회원



- 2011년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학석사)
- 2014년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학박사)
- 1998년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 해운대백병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 초음파영상학, 영상평가, CAD