

컬러 도플러 초음파에서 Twinkling artifacts의 유용성

Usefulness of Twinkling Artifacts in Color Doppler Ultrasonography

심현선*, 권경태**

고려대학교 보건과학대학 방사선학과/인구보건복지협회*, 동남보건대학교 방사선과**

Hyun-Sun Sim(shs2017@hanmail.net)*, Kyung-Tae Kwon(ktkwon@dongnam.ac.kr)**

요약

연구의 목적은 컬러 도플러 초음파를 이용하여 twinkling artifact(AT)의 발생 강도를 비교함으로써 요로결석 진단에 twinkling artifact의 유용성을 알아보하고자 In vitro와 In vivo로 진행되었다. In vitro 실험은 수조에 도토리묵을 넣고 도토리묵의 표면에 물질을 올려놓고 컬러 도플러 초음파를 시행하여 twinkling artifact의 발생 정도를 실험하였다. In vivo 실험은 요로결석 환자 31명(신장결석: 16명, 요관결석: 15명)을 대상으로 하였다. In vitro 및 In vivo 검사에서 twinkling artifact 발생 강도는 0에서 3등급으로 분류하였다. In vitro 검사에서 표면이 거친 소금, 나사, 큐빅 물질에서 높은 등급의 twinkling artifact가 발생하였다. 회색도(B-mode) 영상에서 요로결석 검출률은 신장에서 37%, 요관에서 60%로 나타났다. 모든 요로결석 환자에서 twinkling artifact 발생하였다. 컬러 도플러 초음파에서 twinkling artifact 발생 정도는 물질의 표면의 거칠기와 관계가 있었다. 회색도 영상에서 요로결석이 분명하게 검출이 되지 않고 twinkling artifact가 발생한다면 요로결석 확진할 수 있다.

■ 중심어 : | 섬광인공물 | 신장결석 | 요로결석 | 요관결석 | 컬러 도플러 |

Abstract

The aim of the study was to investigate the diagnostic value of the color Doppler twinkling artifact in disease of urinary system. The intensity of twinkling artifact(TA) with color Doppler was classified into 3 levels, 0(non-TA) to 3(distinct TA). In the in vitro study, acorn jelly with various materials on top was examined using color Doppler at B-mode sonography in a water bath for TA. 31 patients with diagnosis of urinary calculi(renal stones 16, urinary stones 15) based on B-mode sonography were studied in vivo for TA. The materials with rough surfaces such as salt, screw and cubics at B-mode sonography with color Doppler contributed to causing TA. At B-mode sonography without color Doppler 37% of renal stones and 60% of ureter stones were detected. but at B-mode sonography with color Doppler TA was demonstrated for all cases. Superficial roughness of materials affected occurrence of TA at B-mode sonography with color Doppler. Therefore, TA at B-mode sonography without color Doppler could play a role in confident diagnosis of the disease of urinary system.

■ keyword : | Color Doppler | Renal Stone | Twinkling Artifact | Ureter Stone | Urinary Calculi |

I. 서론

신장결석(renal stone)은 100명 중 5~10명 정도가 발병되는 비교적 흔한 질병이다[1]. 또한 치료 후에도 재발률이 50%가 넘어 꾸준한 건강관리와 정기검진을 필요로 하는 질병이다[1]. 신장결석은 주로 신배(calyx)에 존재하며 대부분 무증상인 경우가 많다. 요관결석은 주로 신장에서 형성되어 요관으로 이동하게 된다. 요관결석은 소변의 흐름에 장애를 일으키거나 허리 또는 옆구리 등에 격심한 통증을 발생시키고 요로감염, 수신증, 신부전(renal failure) 등의 증상과 조직 파괴가 일어나 혈뇨가 나타나는 경우도 있다. 신장 및 요관결석은 X-ray, 컴퓨터단층촬영(CT), 초음파(ultrasound) 검사에 의해 진단이 가능하다. X-ray는 작은 크기의 결석도 진단하는데 효과적이지만, 비만한 환자에서 검출율이 떨어지고 장내 가스 상태에 따라 영향을 받는다[2]. CT는 방사선 투과성 결석 또는 불투과성 결석 진단에 매우 효과적이지만 고가의 비용이 든다. 최근에는 요로결석을 검출하는데 초음파 검사가 많이 이용되고 있다. 초음파 검사는 아주 작은 결석을 검출할 수 있을 뿐만 아니라 팽창된 수집계(collecting systems)를 진단할 수 있고 비용도 저렴하다[2].

신장은 신동부지방(renal sinus fat), 장막지방과 창자간막 지방(mesenteric fat) 등에 의해 고에코(hyperechoic)로 나타나기 때문에 결석의 크기가 작거나 약한 후방음향음영(posterior acoustic shadowing)이 동반되는 경우 초음파검사로 결석을 정확하게 진단하기 어렵다[3]. 육안으로 결석을 진단하기 어려운 경우 결석 부위에 컬러 도플러(color Doppler) 초음파를 사용하면 twinkling artifact(TA)가 발생한다. 요로에 TA가 발생하면 쉽게 결석으로 진단할 수 있다.

초음파검사서 허상(Artifact)의 원인은 초음파의 물리적 성질과 조직 간의 특성에 기인하며, 초음파가 매질 내를 전파해갈 때 매질에 의한 흡수, 산란, 반사, 굴절 등의 상호 작용에 의해 불필요한 허상을 만든다[4]. TA는 조직 내에서 초음파를 강하게 반사시키는 구조물의 뒤에서 빨간색과 파란색이 임의로 혼합되어 영상에 나타난다. 이 허상은 특정 거리에 있는 물체의 근처에서 발생하거나 약간 그보다 더 뒤쪽에서 발생할 수

도 있다[5]. TA는 회색조 영상의 유속(flow)이 없는 고에코(hyperechoic)의 지점과 많은 관련이 있다[6].

기존에 보고된 TA에 관한 논문들은 담낭 벽 석회화, 장내 가스, 분변, 수술에서 나온 칼슘결석 등에서 TA의 발생정도를 보고하였으며 다양한 재료를 이용하여 In vitro 실험 방식의 TA 강도를 보고한 국내 논문은 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 컬러 도플러 초음파를 이용하여 In vitro 실험에서 재료의 종류에 따른 TA의 발생강도와 요로결석 환자에서 TA의 발생 강도를 비교하여 회색도(B-mode) 영상에서 잘 검출되지 않은 요로결석 진단의 유용성을 알아보려고 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

첫 번째 연구 대상은 In vitro 방식으로 각기 다른 표면과 구성 성분을 가진 재료들이 사용되었다. 선별된 재료들은 사암조각, 소금 돌, 조약돌, 나사, 큐빅, 유리조각, 쇠구슬, 유리구슬, 현무암 조각, 화강암 조각 등이었다[Figure 1]. 두 번째 연구 대상은 급성 복부통증 호소하여 내원한 환자를 중심으로 신장 수집계 결석 16명, 요관 결석 15명 총 31명(남:17, 여:14)을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

첫 번째 실험은 수조(40*35*30cm)에 물을 가득 담고 도토리묵(20*10*7cm)을 물속에 넣는다[Figure 2]. 선별된 3cm 이하의 사암조각, 소금 돌, 조약돌, 나사, 큐빅, 유리 조각, 쇠구슬, 유리구슬, 현무암 조각, 화강암 조각을 하나씩 도토리묵의 표면에 올려놓고 컬러 도플러 초음파로 TA의 발생 정도를 알아보았다. 도토리묵 표면과 탐촉자와 간격은 5cm 유지 하였다. 초점(focus)은 도토리묵 가장 위쪽 표면에 맞추었다. 컬러 도플러 초음파로 대상물질의 TA의 발생 정도를 실험하였다[Figure 3]. 실험은 고식적 초음파 장비와 최신 초음파 장비를 사용하여 2회에 걸쳐 실험하였다.

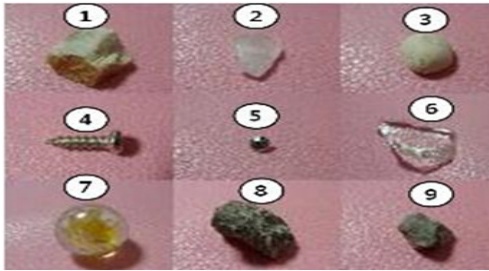


Figure 1. Materials of TA occurrence 1: Sandstone, 2: Salt, 3: Pebble, 4: Screw, 5: Cubic, 6: Glass shard, 7: Glass bead, 8: Basalt, 9: Granite.



Figure 2. Water tank. We put an acorn jelly at the middle part of tank and put some materials(arrow) on it.

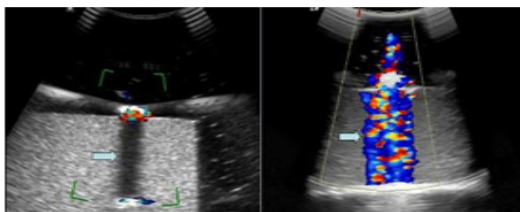


Figure 3. Water tank of In vitro. Posterior acoustic shadowing(arrow) and twinkling artifact(arrow) for stone.

환자를 대상으로 한 실험에서 우측 신장을 스캔하기 위해서는 바로 누운 자세에서 간을 음향창(acoustic window)으로 검사하거나 좌측으로 돌아눕게 한 자세에서 검사하였다. 좌측 신장 스캔을 하기위해 바로 누운 자세에서 비장(spleen)을 음향창으로 검사하거나 우측으로 돌아누운 자세에서 검사하였다. 중부 요관결석

이 의심되는 환자는 초음파 장비의 영상의 깊이는 10cm 조정하고 원사위(LPO) 자세에서 스캔하였다 [Figure 4]. 하부요관은 방광을 음향창으로 하여 결석을 검출하였다. 후방음향음영을 동반 결석이 검출되거나 결석이라 생각 되는 곳에 컬러 도플러 사용하여 TA의 발생 정도를 알아보았다.

In vitro 실험과 환자를 대상으로 한 요로결석에서의 TA 강도는 TA가 나타나지 않으면 0등급, 약하게 나타나면 1등급[Figure 5], 보통이면 2등급[Figure 6], 강하게 나타나면 3등급[Figure 7] 등 총 4등급으로 분류하였다. 고식적 초음파 장비와 최신 초음파 장비에 의해 나타난 TA의 등급을 SPSS 17.0을 이용하여 TA 등급 평균과 표준편차를 분석하고 Paired-Sample T-test로 검정하였다.

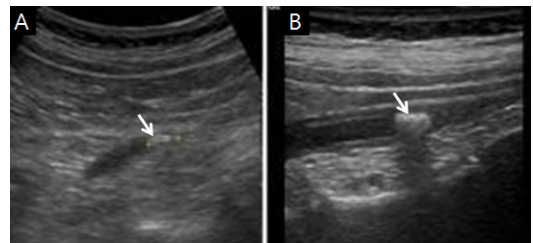


Figure 4. Ureteral stone. One small echogenic ureteral stone(arrow) within a dilatated ureter. A. Image with 3.5 MHz transducer. B. Image with 7.5 MHz transducer.

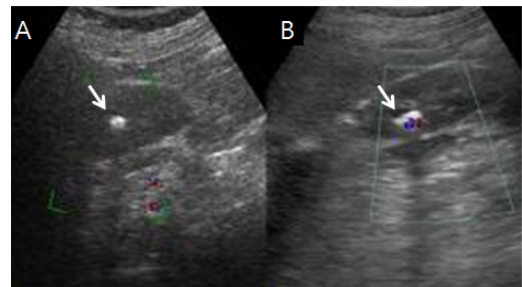


Figure 5. Comparison of twinkling artifact. A. No evidenced twinkling artifact of conventional ultrasonographic equipment. B. Weak twinkling artifact of latest ultrasonographic equipment.

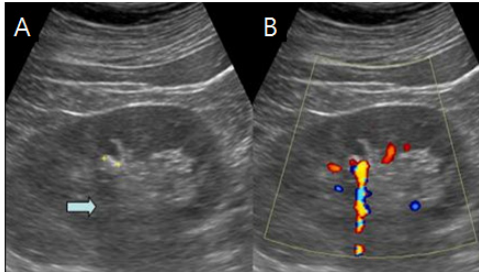


Figure 6. Renal stone. A. Transabdominal ultrasound shows one small echogenic stone with weak posterior acoustic shadow (arrow) within a dilated calyx. B. Color Doppler ultrasound shows twinkling artifact immediately behind an echogenic stone.

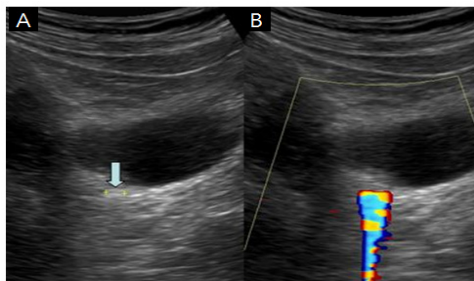


Figure 7. Ureteral stone in ureterovesical junction. A. Transabdominal ultrasound shows an echogenic stone (arrow) without posterior acoustic shadow. B. Color Doppler ultrasound shows twinkling artifact behind an echogenic stone.

3. 검사 장비

연구에 사용된 장비는 고식적 초음파 장비(SonoAce 6000C, Medison, Korea)와 최신 초음파 장비(LogiQ P5, GE, USA)가 사용되었다. 사용된 고식적 초음파 장비 컬러 이득(color gain)을 30~40dB 범위로 조정하고 펄스반복주파수(PRF)는 2.0kHz로 조정하였다. 탐촉자는 3.5MHz의 곡선 배열형 탐촉자를 사용하였다. 최신 초음파 장비의 컬러 이득은 42dB, 펄스반복주파수(PRF)

는 4.8kHz, 벽 필터(wall filter)는 447Hz로 설정하였다. 탐촉자는 3.5MHz의 곡선 배열형 탐촉자를 사용하였다.

III. 결과

첫 번째 실험에 사용한 재료들의 크기는 0.3~2.0cm 이었다. 실험에서 사용되었던 재료들은 고식적 초음파 장비와 최신 초음파 장비 모두에서 후방음향음영 (posterior acoustic shadowing)이 동반된 고에코로 나타났다. 도토리묵과 물과의 경계면에 의해 거울 허상 (mirror artifact)이 나타났다. 재료들 고유의 특성과 표면의 거칠기, 초음파와 물질과의 상호작용에 의해 여러 가지 형태의 에코를 가지는 TA가 발생되었다.

표면이 거칠거나 불규칙한 표면을 가진 소금돌(salt), 큐빅(cubic), 나사못(screw) 등에서는 TA의 발생 정도가 강하게 나타났다. 사암조각(sandstone)과 현무암조각(basalt)은 최신 장비에서는 3등급으로 나타났다 [Table 1].

Table 1. Twinkling artifact occurrence level according to ultrasonographic equipment

Materials	Conventional	Latest
Sandstone	1	3
Salt	3	3
Pebble	1	1
Screw	2	3
Cubic	3	3
Glass shard	1	2
Glass bead	1	2
Basalt	1	3
Granite	1	1
Total	14	21

고식적 초음파 장비와 최신 초음파 장비의 TA 등급 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 따라서 최신 초음파 장비에서 TA의 평균 등급이 높게 나타나므로 요로 결석 검출에 최신 초음파 장비가 더 유용하다는 것을 알 수 있다 [Table 2].

두 번째 실험에서 환자들의 신장결석(renal stone)의 평균 직경은 약 0.34~3.0cm, 요관결석(ureteral stone)은 0.2~2cm이었다. 실험에서 신장결석은 37%(6/16), 요관결석은 60%(9/15)에서 회색도 영상으로 분명하게 묘출되었다[Table 3].

신장결석의 TA 발생 정도에 따라 1등급은 25%(4/16), 2등급은 31%(5/16), 3등급은 44%(7/16)로

나타났다. 요관결석은 1등급은 13%(2/15), 2등급은 20%(3/15), 3등급은 67%(10/15)로 나타났다(Table 4). 회색도 영상에서 신장결석의 63%(10/16), 요관결석의 40%(6/15)는 분명하게 나타나지 않았으나 컬러 도플러 초음파를 실행하였을 때 모든 요로결석에서 TA가 발생하였다.

Table 2. Paired-Samples statistical data between latest and conventional ultrasonographic equipment

Type of equipment	Mean	N	SD	t	Sig.(2-tailed)
Latest	2.33	9	0.86603	2.800	0.023
Conventional	1.55	9	0.88192		

Table 3. Urolithiasis detection rate in B-mode of the latest ultrasonographic equipment

Stone detection in B-mode	Renal stones (N=16)	Ureteral stones (N=15)
Visible	6(37%)	9(60%)
Non visible	10(63%)	6(40%)

Table 4. Twinkling artifact occurrence level of urolithiasis detected with the latest ultrasonographic equipment

Location of stones	Level 1	Level 2	Level 3
Renal stones(N=16)	4(25%)	5(31%)	7(44%)
Ureteral stones(N=15)	2(13%)	3(20%)	10(67%)
Total	6	8	17

IV. 고찰

요로결석은 주로 신장(kidney)이나 요관(ureter)에 발생하는데 결석에 위치에 따라 나타나는 증상이 다르다. 결석이 신배에 존재하는 경우 무증상이 대부분이며 신우신배나 요관이행부를 통과할 때 통증이 나타나면서 혈뇨도 나타날 수 있다.

최근에는 요로결석을 검출하는데 초음파 검사가 많이 이용되고 있는데, 이는 아주 작은 결석을 검출할 수 있을 뿐만 아니라 팽창된 수집계(collecting systems)를 진단할 수 있고 가격도 저렴하기 때문이다[2]. 결석의 후방음영은 3mm 혹은 4mm 이상의 모든 결석에서 보인다고 보고되었으며, 이때 결석의 종류, 모양, 표면 특

성, 비중 그리고 칼슘의 양과는 무관하다[7]. 요관결석의 경우 적절한 음향장이 없고 탐촉자와 요관결석 사이에 있는 지방 조직에 의해 초음파 빔이 감쇠될 수 있다. 또한 신장결석은 같은 고에코를 보이는 신동부지방(renal sinus fat)과 장간막 지방(mesenteric fat)등에 의해 결석의 에코와 후방음영이 가려져 결석을 분명하게 구별하기 어렵다. 이때 컬러 도플러 초음파를 이용한 TA의 발생은 결석의 검출에 있어 유용하다는 연구가 있다[3].

컬러 플로우 영상(color flow imaging)은 움직이는 반사체와 산란체의 속도를 표현하는 완전한 2차원 단면 영상들을 제공하는 비침습적인 방법이다. 컬러 데이터(color data)를 회색도 영상과 조합함으로써 컬러 플

로우는 생리적인 혈류의 정보와 함께 해부학적인 정보를 제공한다[8]. 하지만 탐촉자로 받아들인 에코와 컬러플로우 영상이 항상 혈류의 흐름과는 일치하지는 않다 [2].

Rahmouni 등에 따르면 twinkling artifact(TA)는 조직 내의 정지된 구조물의 뒤에서 나타나는 빨간색과 파란색이 빠르게 교차되어 보이는 현상으로서 구조물의 거친 표면에서 음파가 반사함으로써 발생한다[6]. 이 현상은 체내에 있는 결석들 뿐 아니라 체내 이물질, 금속 보철물에 의해 발생되어 실질의 석회화된 부분에서도 발생된다[9].

TA는 처음에는 임상적으로 혈관성 병변으로 오진을 초래할 수 있어 그 중요성이 강조되었지만 현재는 신장 결석의 새로운 초음파 소견으로 그 중요성이 인식되고 있다[3][10].

Chelfouh 등은 calcium oxalate 결석 중 monohydrate의 성분을 적게 포함할수록 TA의 발생률이 높았으며, 결석의 표면이 결정형인 결석 즉, 표면이 거친 결석에서 TA의 발생률이 높다[11]. 본 연구에서도 소금돌, 큐빅, 사암조각, 현무암조각 같이 거친 표면을 가진 대상에서는 모두 높은 등급의 TA가 발생하였다. 이것은 표면이 거친 결석에서 TA의 발생률이 높았던 Chelfouh 등의 실험과 비슷한 결과로 나타났다. 표면이 거친 재료에서는 음파가 반사하거나[6], 소리 에너지가 높은 방향성 물질을 통과할 때 물질 내에서 작은 진동(vibration)이 발생하여 여운허상(ring down artifact)이 발생하고[15] 여기에 컬러가 맵핑되어 TA가 발생하는 것으로 생각된다.

Michael 등에 의하면 77명의 요로결석을 가진 환자 중 회색조 영상에서 결석 검출률은 56%(43/77), 후방음영을 동반되어 결석이 검출될 확률은 67%(50/77)로 나타났다. 컬러 도플러를 이용하여 검사하였을 경우 97%(75/77)에서 TA가 발생되었다[12]. 본 연구에서도 회색도 영상에서 요로결석의 검출률이 48%(15/31)로 나타났다. 컬러 도플러 초음파를 이용한 검사에서 TA 발생은 100%이었다. Lee 등도 회색도 영상에서 검출률이 67%였으며 컬러 도플러 초음파 검사에서 검출률은 84%로 보고하였다. Lee 등은 결석의 크기와 TA의 발

생률에서 0.5cm 이하의 결석에서 TA 발생률이 100%, 0.6cm~1cm에서 75%, 1cm 이상이 100%로 결석의 크기와 TA의 발생률은 큰 관련성이 없는 것으로 나타났다[3]. 본 연구의 In vitro 실험에서도 0.3cm 정도의 큐빅에서 3등급의 TA가 발생되었으나 큐빅보다 큰 2cm 정도의 화강암이나 유리구슬에서 약한 TA가 발생되어 본 연구와 비슷한 결과를 보여주었다.

Aytac 등에 의하면 75개의 요로결석을 최신식 디지털 장비(Toshiba SSA 380A-Powervision)와 고식적 아날로그 장비(SSA-270A; Toshiba)로 TA의 발생률을 비교한 결과 최신식 디지털 장비에서 96%의 TA가 발생하였으나 고식적 아날로그 초음파 장비의 경우 39%만 TA가 발생하여 최신식 장비와의 많은 차이를 보였다. 또한 최신식 디지털 장비를 사용하여 이전의 연구들을 재현하였을 경우 이전의 연구되었던 것보다 TA 발생이 많았는데 이는 이전의 연구가 고식 아날로그 장비를 이용하여 연구하였기 때문이라고 할 수 있다 [6][11][13-15]. 따라서 최신 초음파 장비에서 더 강한 TA가 발생함을 확인할 수 있었다.

본 연구의 제한점은 컬러 도플러 초음파에서 TA를 발생시키는 물질들이 인체에서 발생한 결석이 아닌 일반적인 물질로 실험하였다. 또한 요로결석 환자들을 모두 최신 초음파 장비로만 검사가 이루어져 실제적인 고식적 초음파 장비와의 비교가 이루어지지 않았다. 따라서 환자를 대상으로 TA 발생에 대한 연구를 시행할 때 고식적 초음파 장비와 최신식 초음파 장비를 각각 사용하여 연구를 해야 할 것으로 생각한다.

V. 결론

본 연구의 목적은 컬러 도플러 초음파를 이용하여 대상물질 사이의 twinkling artifact의 발생강도를 비교하여 요로결석 진단에 TA의 유용성을 알아보고자 하였다. 실험은 In vitro와 In vivo로 진행되었으며 고식적 아날로그 장비와 최신 디지털 장비를 사용하였다.

컬러 도플러 초음파에서 TA 발생 정도는 물질의 표면의 거칠기와 밀접한 관계가 있었다. 또한 회색도 영

상에서 요로결석이 의심되는데, 후방음영이 없거나 주변 조직과 구분되지 않는 결석의 경우 컬러 초음파를 이용하여 TA가 발생한다면 요로결석으로 확진할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 예석준, 유은상, 박윤규, "요로결석의 성분분석 : 20년간의 변화," 대한비뇨기과학회지, 제48권, p.1285, 2007.
- [2] T. Alberto, M. Paolo, C. Fortunato, C. Luciana, A. Simeone, and T. Alberto, "Diagnostic value of colour Doppler twinkling artefact in sites negative for stones on B-mode renal sonography," *Urol. Res.*, Vol.35, pp.313-317, 2007.
- [3] J. Y. Lee, S. H. Kim, J. Y. Cho, and D. Han, "Color and power Doppler twinkling artifact from urinary stones: clinical observations and phantom studies," *Am. J. Roentgenol.*, Vol.176, No.6, pp.1441-1445, 2001.
- [4] F. W. Kremkau and K. J. W. Taylor, "artifact in Ultrasound imaging," *J. Ultrasound Med.*, Vol.5, pp.227-230, 1986.
- [5] A. Kamaya, T. Tuthill, and J. M. Rubin, "Twinkling Artifact on color Doppler sonography: Dependence on machine parameters and Underlying cause," *Am. J. Roentgenol.*, Vol.180, pp.215-222, 2003.
- [6] A. Rahmouni, R. Bargoin, A. Herment, N. Bargoin, and N. Vasile, "Color Doppler twinkling artifact in hyperechoic regions," *Radiology*, Vol.199, pp.269-271, 1996.
- [7] 신형철, "The Usefulness of Twinkling Artifact on ultrasonography in differential diagnosis of stone and air : in vitro study = 초음파상 담도계 결석과 공기의 감별에 있어서 twinkling artifact의 유용성 : in vitro 연구," 순천향대학교학원, 박사, pp.1-26, 2004.
- [8] A. James, "Essential of Ultrasound Physics," 1st ed. Mosby, Vol.109, 1996.
- [9] T. Tsao, R. Kang, Y. Tyan, M. Gueng, T. Lee, and S. Lee, "Color Doppler Twinkling Artifact related to Chronic Pancreatitis with Parenchymal Calcification," *Acta Radiologica*, Vol.47, pp.547-548, 2006.
- [10] 손철호, 이정현, 조경식, "색채도플러 초음파에서 발생하는 Twinkling 인공음영 : 생체 외 실험에서 결석의 종류와 인공음영 발생과의 관계," 대한초음파의학회지, 제21권, pp.213-218, 2002.
- [11] N. Chelfouh, N. Grenier, D. Higuere, H. Trillaud, O. Levantal, J. L. Pariente, and P. Ballanger, "Characterization of urinary calculi: in vitro study of "twinkling artifact" revealed by color-flow sonography," *Am. J. Roentgenol.*, Vol.171, No.4, pp.1055-1060, 1998.
- [12] M. Michael, F. Aigner, L. Pallwein, G. M. Pinggera, R. Neururer, P. Rehder, and F. Frauscher, "Sonographic Detection of Renal and Ureteral Stones. Value of the Twinkling Sign," *International Braz J. Urol.*, Vol.35, No.5, pp.532-539, 2009.
- [13] S. K. Aytac and H. Ozcan, "Effect of color Doppler system on the twinkling sign associated with urinary tract calculi," *J. Clin. Ultrasound*, Vol.27, pp.433-439, 1999.
- [14] R. D. Jonathan, Mariam Kappil, J. W. William et al. "Sonographic Twinkling Artifact for Renal Calculus Detection: Correlation with CT," *Radiology*, Vol.259, No.3, pp.911-916, 2011.
- [15] 이재영, 김승협, 이학중, 김성현, "링 다운 현상에 의한 색 도플러 인공음영: 임상과 시험모델에서의 관찰," 대한초음파의학회지, 추계초록집, 제16권, 1996.

저 자 소 개

심 현 선(Hyun-Sun Sim)

정회원



- 2001년 8월 : 인제대학교 보건대학원 보건학과(보건학 석사)
 - 2007년 8월 : 제주대학교 대학원 의학과(예방의학 박사)
 - 2001년 3월 ~ 2014년 12월 : 한서대학교 방사선학과 대우교수
 - 2013년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 보건과학대학 외래교수
- <관심분야> : 암역학, 방사선학, 초음파영상학, 초음파물리학

권 경 태(Kyung-Tae Kwon)

정회원



- 1984년 2월 : 동남보건대학교 방사선과(보건학사)
 - 2007년 8월 : 경기대학교 의학물리학과(이학석사)
 - 2014년 2월 : 을지대학교 일반대학원 보건학과(보건학 박사)
 - 1989년 2월 ~ 2014년 2월 : 서울아산병원 방사선종양학과
 - 2014년 3월 ~ 현재 : 동남보건대학교 방사선과 교수
- <관심분야> : 방사선치료학, 방사선물리학, 보건학