Journal of Radiation Industry 13(3) : 267~280(2019)

내시경과 복부초음파 당일 검사에서 복부초음파 영상의 화질 개선에 관한 연구

곽종길[1,2] · 최남길[3,*] · 동경래[1] · 김미현[1] · 김현수[4] · 김성길[5]

[1]광주보건대학교 방사선과, [2]KS 병원 종합건진센터, [3]동신대학교 방사선학과,
[4]신구대학교 방사선과, [5]한려대학교 방사선학과

Assessment of Image Quality According to Pressure of Transducer during Abdominal Ultrasonography

Jong-Gil Kwak[1,2], Nam-Gil Choi[3,*], Kyung-Rae Dong[1], Mi-Hyun Kim[1],
Hyun-Soo Kim[4] and Sung-Gil Kim[5]

[1]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 73, Bungmun-daero 419 beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju 62271, Republic of Korea*
[2]*Comprehensive Medical Examination center, KS Hospital, 220, Wangbeodeul-ro, Gwangsan-gu, Gwangju 62248, Republic of Korea*
[3]*Department of Radiological Science, Dongshin University, 185, Geonjae-ro, Naju-si, Jeollanam-do 58245, Republic of Korea*
[4]*Department of Radiological Technology, Shingu University, 377, Gwangmyeong-ro, Jungwon-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 13174, Republic of Korea*
[5]*Department of Radiological Science, Hanlyo University, 94-13, Hallyeodae-gil, Gwangyang-eup, Gwangyang-si, Jeollanam-do 57764, Republic of Korea*

Abstract - SNR and CNR were evaluated to investigate using for harmonic technique, Composite image and technique to reduce speckle artifact reducing the stomach, duodenum, and intestinal gas artifacts through transducer compression and position changes to obtain a good image of the abdominal organs (centered on the pancreas) in abdominal ultrasonography performed after gastroscopy, abdominal ultrasound examination after colon cleansing and abdominal ultrasonography performed after simultaneous gastroscopy and colonoscopy. Statistical analysis was performed using Robust Analysis of Variance, which was performed using the raov function of Rfit and the raov function including the main effect and all order interactions. We calculated the rank - based variance analysis for all $2^k - 1$ hypotheses. The statistical program was analyzed with the Rov function of the Rfit package of the R program and the post test for the significant results was calculated through the least significant difference (the significance correction using the Hochberg method). The following conclusions were quantitative and qualitative analysis of pancreatic head images of examines who examined endoscopy and abdominal ultrasonography on the day of health examination. In quantitative evaluation, SNR and CNR showed statistically significant differences in abdominal ultrasonography, abdominal ultrasonography, and weight group, and there was a significant interaction between abdominal ultrasonography and weight

* Corresponding author: Nam-Gil Choi, Tel. +82-61-330-3575,
Fax. +82-61-330-3309, E-mail. crs723@hanmail.net

group. The results of qualitative evaluation showed that there were differences in the clarity, internal structure, and visual range of the pancreatic head according to the pressure and the change of the position, and the order of abdominal ultrasonography and weight group were affected. Quantitative and qualitative analysis showed that the use of harmonic, real-time synthetic imaging technique, and reduction of the speckle artifact were performed in the case of normal body weight. Abdominal ultrasonography can be performed after endoscopic, post-operative, intestinal, and gastrointestinal endoscopic examinations with appropriate transducer compression and changes in position according to intraperitoneal gas and fluid flow in the intestinal tract. Patient with overweight, it is appropriate to perform abdominal ultrasonography before gastroscopy and after gastroscopy. In the case of obesity, abdominal ultrasonography should be performed before endoscopy to avoid obstruction of artifacts such as gastric and intestinal gas and intestinal fluid by attenuation due to subcutaneous fat or visceral fat of the abdominal wall. In order to remove stomach and intestinal gas that should be using for harmonic technique, Composite image and technique to reduce speckle artifact.

Key words : Keyword: SNR, CNR, Harmonic technique, Abdominal ultrasound

서 론

복부초음파는 그 기기의 발달과 보편화로 이제는 복부 질환의 진단에 있어서 기본적인 검사로 인정이 될 만큼 가장 널리 이용하는 방법으로 자리 잡고 있다(Kwak *et al*. 2018). 초음파검사의 장점으로는 다른 영상학적 검사에 비해 검사를 위한 전처치가 비교적 복잡하지 않으며, 검사 중에 발생할지도 모르는 위험성이 낮으며, 비침습적이라 검사에 대한 고통에 대한 부담감이 적고, 일차적인 검사로서 질병의 발견을 위한 예민도가 뛰어나고, 병변의 발견 시 감별진단을 위해 다음 단계의 검사방향을 결정하는 데 만은 정도를 얻을 수 있다는 점이다(Park *et al*. 2014). 그러나 초음파 검사는 장내 가스, 환자의 체형 및 호흡조절 등 환자 요인에 의하여 좋은 영상을 얻는 데 제한을 받게 된다, 그러므로 검사자는 환자의 체위, 호흡조절, 기기의 조작, 다양한 스캔 법 활용을 통하여 좋은 영상을 얻기 위해 노력해야 하며(Kim 2018), 초음파 자체의 물리적인 제약과 함께 결과의 해석이 검사자의 수기에 좌우되는 한계를 가지고 있다는 것도 유념해야 한다(Kim 2015). 내시경은 현재 사용되는 위암이나 대장암 검사방법 중 가장 정확한 검사 방법이며, 정기적으로 내시경검사를 받으면 조기발견을 통해 위암·대장암 모두 90% 이상 완치가 가능하다. 내시경검사는 입이나 항문으로 내시경 기구를 삽입하여 식도, 위, 십이지장, 대장, 직장을 관찰하면서 염증이나 종양 등을 진단하는 검사방법이고, 검사의 목적뿐만 아니라 이상이 있는 부위를 바로 조직검사 할 수 있으며, 병변의 절제도 가능하고 출혈이 있을 시 지혈도 가능하여 치료적 목적으로도 시행할 수 있으나 내시경검사 도중 공기 주입으로 인한 복부 불편감이 있을 수 있다(Kim *et al*. 1992). 소화기 검사에서 복부초음파검사는 복부 안의 간, 담낭, 췌장, 신장, 비장 등의 장기에 혹이 있는지 이상 유무를 살펴보기에 적합하며, 위나 대장에서 발생하는 종양은 일반적으로 장벽의 제일 안쪽인 점막에서 발생하므로, 위암과 대장암의 조기 진단에는 내시경으로 점막을 직접 관찰하고 조직검사를 시행할 수 있는 내시경검사를 시행하고 있다. 내시경검사의 합병증 중 하나인 과도한 공기 주입으로 인한 복부팽만은 환자에게 불편감을 줄 수 있고, 박시은 등(Park *et al*. 2014)은 복부초음파검사 시 복부에 공기가 차 있는 경우 공기가 대부분의 초음파 빔을 반사하기 때문에 공기 뒤에 가려져 있는 장기들은 거의 보이지 않게 되는데 대표적인 장기가 췌장의 두부, 미부, 간의 좌엽 등이라고 하였다. 특히 췌장은 위장관의 공기로 인해 제한적인 정보만을 얻을 때가 많다. 또한 복벽의 두꺼운 층에 의해서도 신호대 잡음비가 낮아지고 반향 인공물이 증가되어 화질이 불량해지는 경우가 췌장의 경우에 특히 심하다(Seo *et al*. 2002). 복부초음파검사 시 췌장 영상을 잘 묘출하기 위해서는 췌장 영상의 화질을 개선시킬 수 있는 기법인 하모닉 기법, 실시간 합성 영상 기법, 반점 허상을 줄이는 기법이 이용될 수 있다(Kwak *et al*. 2018).

본 연구는 위내시경 후 시행되는 복부초음파검사, 대장내시경 전처치인 장 세척제 복용 후 시행되는 복부초음파검사, 위내시경과 대장내시경을 동시에 시행한 후 시행되는 복부초음파검사에서 복부 장기(췌장을 중심으로)의 좋은 영상을 얻기 위해 복강 내 가스와 장내 액체 등 인공물을 저감시키는 초음파 장비의 기법에 대해 연구하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2017년 8월부터 12월까지 광주광역시에 위치한 일개 종

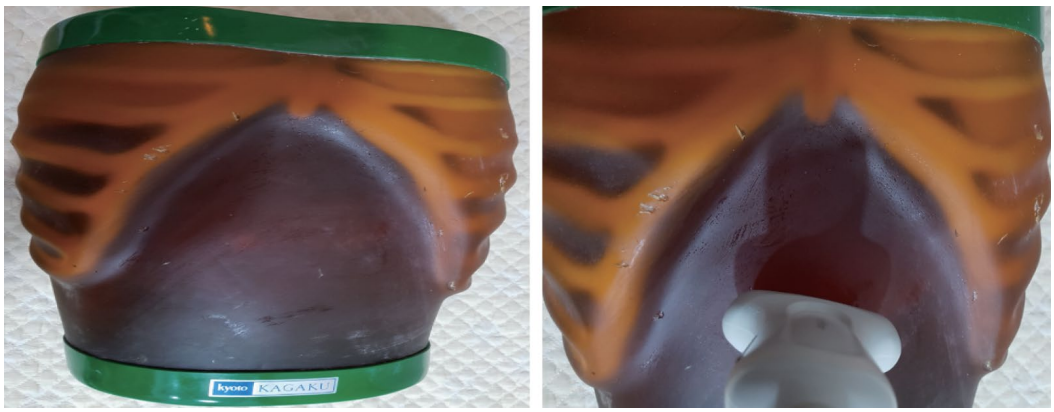

Fig. 1. Phantom of abdominal ultrasound.

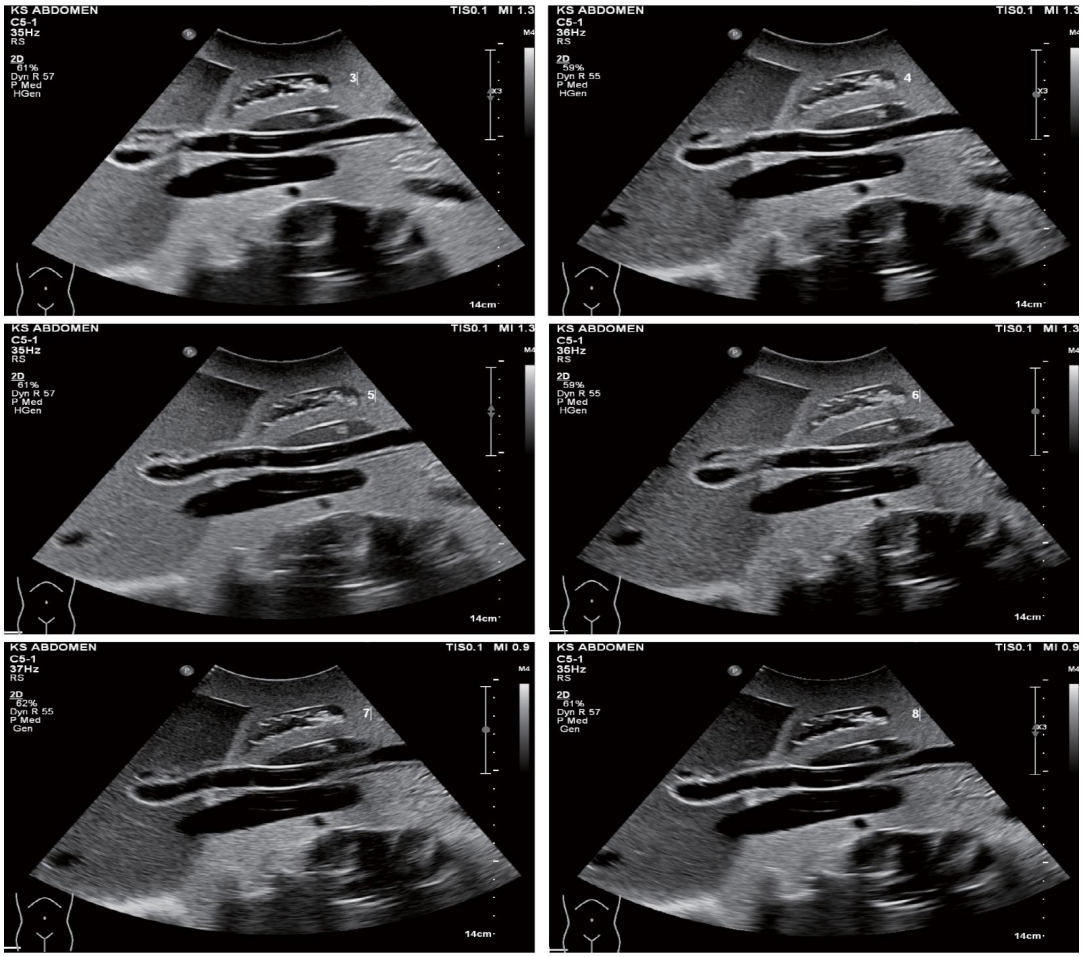

Fig. 2. Imaging of head of pancreas of abdominal ultrasound.

합병원 건강검진센터를 방문하여 종합검진 항목에 복부초음파와 위내시경, 복부초음파와 위·대장내시경을 동시에 시행한 20세 이상의 수검자 중 복부초음파검사 상 췌장 질환의 기왕력이 없는 350명(남성 221명, 여성 129명)을 대상으로 연구하였다.

40대(평균 46.7세)를 기준으로 위내시경 전 복부초음파검사를 실시한 경우를 type 1 (18명), 위내시경검사 후 복부초음파검사를 실시한 경우를 type 2 (18명), 대장내시경의 전처치인 장 세정제 복용 후 복부초음파검사를 한 경우를 type 3 (18명), 위내시경과 대장내시경검사를 동시에 시행한 후

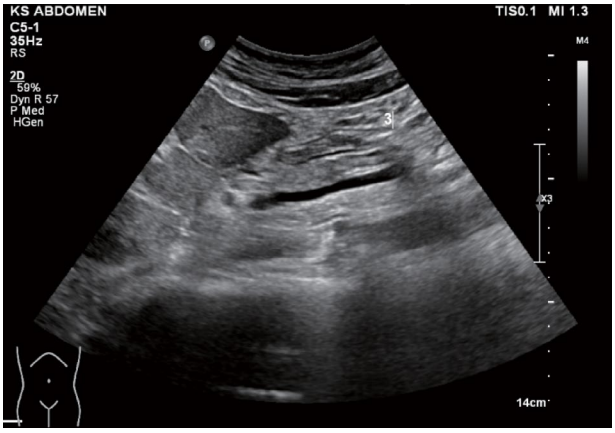

Fig. 3. Harmonic (+), Compound image (+), Speckle reduction (+), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

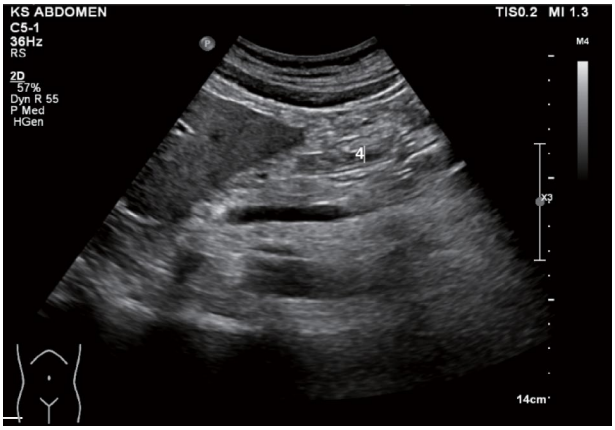

Fig. 4. Harmonic (+), Compound image (−), Speckle reduction (+), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

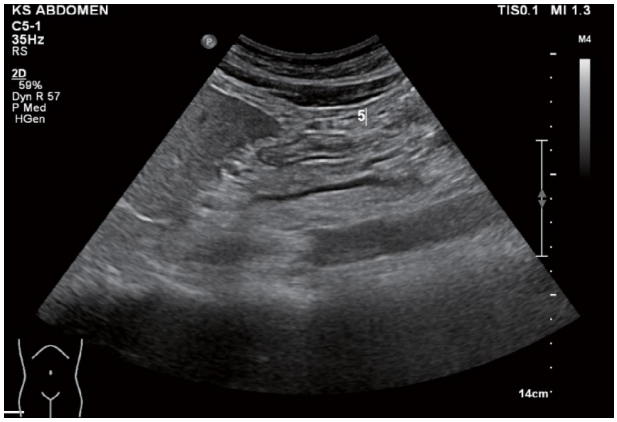

Fig. 5. Harmonic (+), Compound image (+), Speckle reduction (−), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

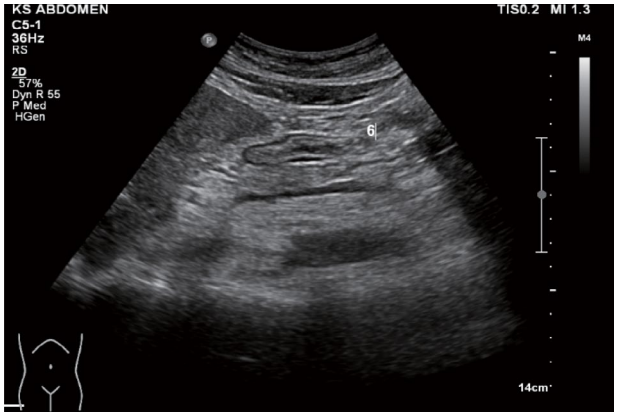

Fig. 6. Harmonic (+), Compound image (−), Speckle reduction (−), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

복부초음파검사를 한 경우를 type 4 (18명)로 분류하였으며 type 1, 2, 3, 4를 키와 몸무게를 이용하여 지방의 양을 추정하는 비만 측정인 체질량지수(Body mass index: BMI)에 따라 체중군(Weight)을 정상(BMI: 18.6~22.9), 과체중(BMI: 23~24.9), 비만(BMI: 25 이상)으로 분류하여 정상 6명, 과체중 6명, 비만 6명으로 총 18명을 하나의 type으로 구성하였다.

2. 검사 방법

복부 초음파 검사는 30년 이상의 경력을 가지고 있는 영상의학과 전문의와 10년 경력을 가진 ARDMS를 소지한 sonographer에 의해 EPIQ 5G 초음파 장비를 이용하여 시행되었다. 1~5 MHz를 지원하는 볼록 탐촉자인 C5-1 탐촉자를 이용하였다.

영상(췌장을 중심으로)의 가장 좋은 화질의 기준값 비교를 위하여 복벽 내 피하지방이나 내장 지방, 복강 내 가스와 장관 내 액체 저류의 영향을 받지 않는 복부초음파 팬텀(Model : US-1B, Kyoto kagaku)의 췌장 두부를 아래의 방법으로 묘출하였다(Figs. 1, 2).

각 Type별 복부초음파검사 시 탐촉자로 췌장 두부를 아래의 6개의 검사 방법(Group)으로 스캔하였다. Group 1은 하모닉 기법, 실시간 합성 영상기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 모두 사용하였으며, 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서 췌장 두부를 압박을 한 경우(Fig. 3), group 2는 하모닉 기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 사용하고 실시간 합성 영상기법을 사용하지 않은 상태에서 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서 췌장 두부를 압박을 한 경우(Fig. 4), group 3는 하모닉 기법, 실시간 합성 영상기법을 사용하고 반점 허상을 줄이는 기법을 사용하지 않은 상태에서 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서

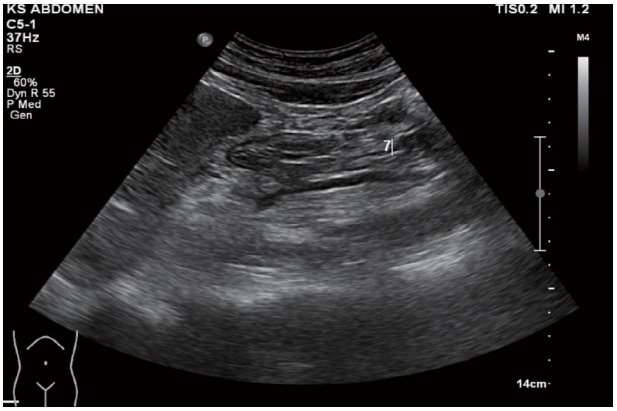

Fig. 7. Harmonic (−), Compound image (−), Speckle reduction (−), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

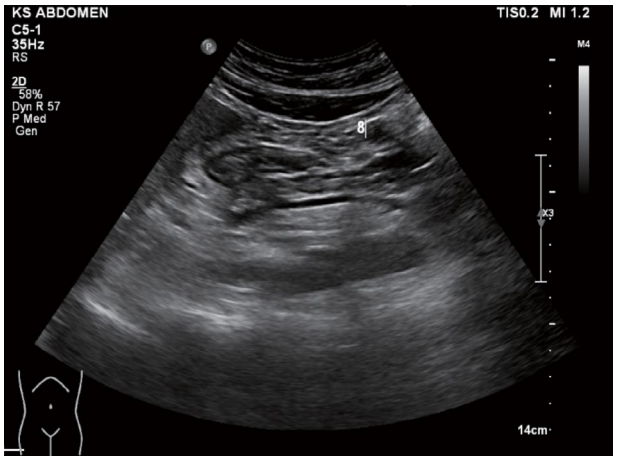

Fig. 8. Harmonic (−), Compound image (+), Speckle reduction (+), Image that compress of pancreatic head that semi erect posion.

췌장 두부를 압박을 한 경우(Fig. 5), group 4은 하모닉 기법을 사용하고 실시간 합성 영상기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 사용하지 않은 상태에서 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서 췌장 두부를 압박을 한 경우(Fig. 6), group 5은 하모닉 기법, 실시간 합성 영상기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 모두 사용하지 않은 상태에서 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서 췌장 두부를 압박을 한 경우(Fig. 7), group 6은 실시간 합성 영상기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 사용하고 하모닉 기법을 사용하지 않은 상태에서 반쯤 일어나거나 앉은 자세에서 췌장 두부를 압박을 한 경우로 나누어 영상을 묘출하였다(Fig. 8).

3. 영상측정 방법

PACS에 전송된 의료영상표준(Digital imaging and communications in medicine: DICOM) 3.0 파일을 윈도우용 수치해석 및 프로그래밍 환경을 제공하는 소프트웨어(Image J 1.50i, National institutes of health: NIH, USA)를 사용하여 췌장 두부 영상을 분석하였다. 초음파상 췌장 두부 부위에 4곳의 관심영역(Region of interest: ROI)을 설정하고 복강 내 가스의 영향을 가장 적게 받고 감쇄가 적은 상장간막정맥(Superior mesenteric vein: SMV)을 백그라운드(Background: BKG)로 4곳을 설정하여 영상 신호를 수치적으로 확인한 후 표준편차(Standard deviation: SD)와 평균 신호 값(Mean pixel value: MPV)을 측정하여 분석하였다(Figs. 9, 10).

Fig. 9. ROI measurement of pancreatic head in image J program.

Fig. 10. Background measurement of pancreatic head in image J program.

4. 평가 방법

본 연구에서 정량적 화질 평가는 신호 대 잡음비(SNR)과 대조도 대 잡음비(CNR) 지표를 이용하였고 정성적 화질평가로 췌장 두부의 선명도(Conspicuity), 내부 구조(Internal

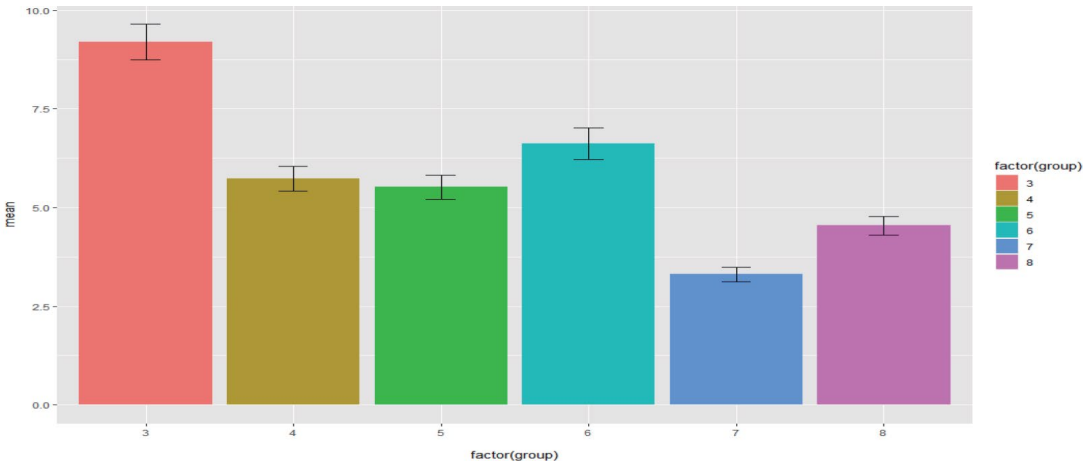

Fig. 11. Group according to image enhancement technique (SNR Analysis).

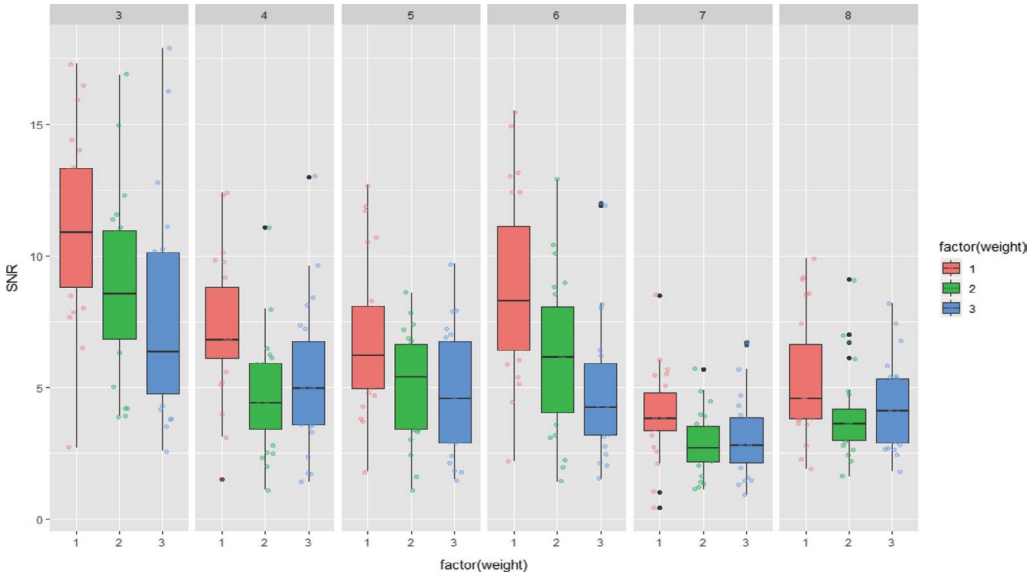

Fig. 12. Group and weight according to image enhancement technique (SNR Analysis).

architecture), 가시 범위(Delineation range)의 지표를 기준으로 평가하였다.

정량적 영상 평가를 위해 Image J 프로그램을 이용하여 신호를 수치적으로 획득하고 기준값이 되는 복부초음파 팬텀(Phantom)의 SNR와 CNR를 type 1, 2, 3, 4의 group, weight로 구분하여 얻은 영상을 SNR과 CNR를 비교하여 정량적 방법으로 화질 평가를 시행하였다.

정성적 평가는 췌장 두부의 선명도, 내부구조, 가시 범위를 1명의 영상의학전문의와 1명의 sonographer의 합의에 의해 5점 리커트 척도 스케일(Likert scale)로 등급을 나누어 type 1, 2, 3, 4를 group, weight로 구분하여 정성적 화질 평가를 시행하였다(Eqs. 1, 2).

$$SNR = \frac{Background\ SI_{Avg} - ROI\ SI_{Avg}}{ROI\ SD} \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$CNR = \left|\frac{Background\ SI_{Avg} - ROI\ SI_{Avg}}{\sqrt{Background\ SD^2 + ROI\ SD^2}}\right| \quad \text{(Eq. 2)}$$

5. 통계분석

본 연구는 각 Group별 적은 표본 수와 자료의 변동, 이상점 등을 보완하기 위하여 로버스트 분산분석(Robust Analysis of Variance)을 사용하였으며, 이는 Rfit의 raov 함수를 이용하여 수행하였고 raov 함수는 주 효과와 모든 차수의 상호 작용을 포함하여 모든 $2^k - 1$개의 가설에 대한 순위 기반 분산분석을 계산하였다. 통계 프로그램은 R 프로그램의

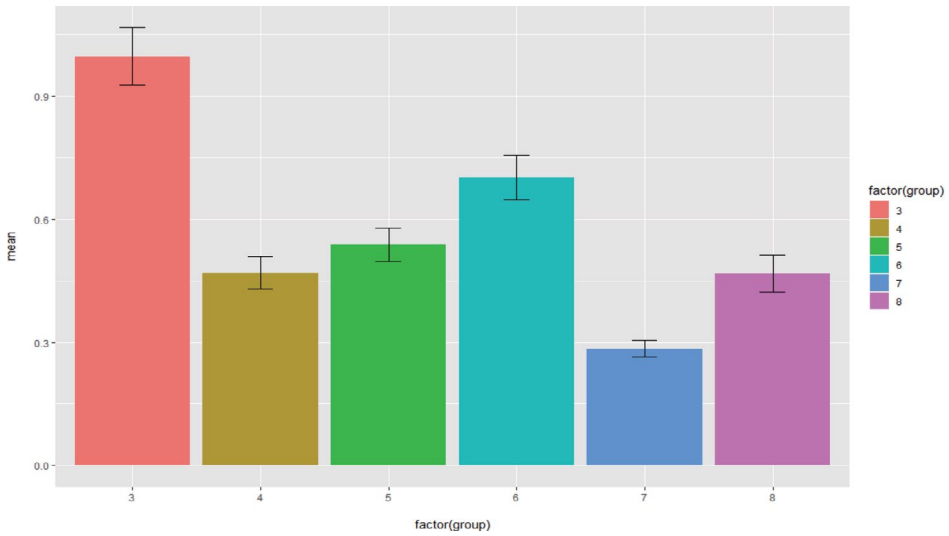

Fig. 13. Group and weight according to image enhancement technique (CNR Analysis).

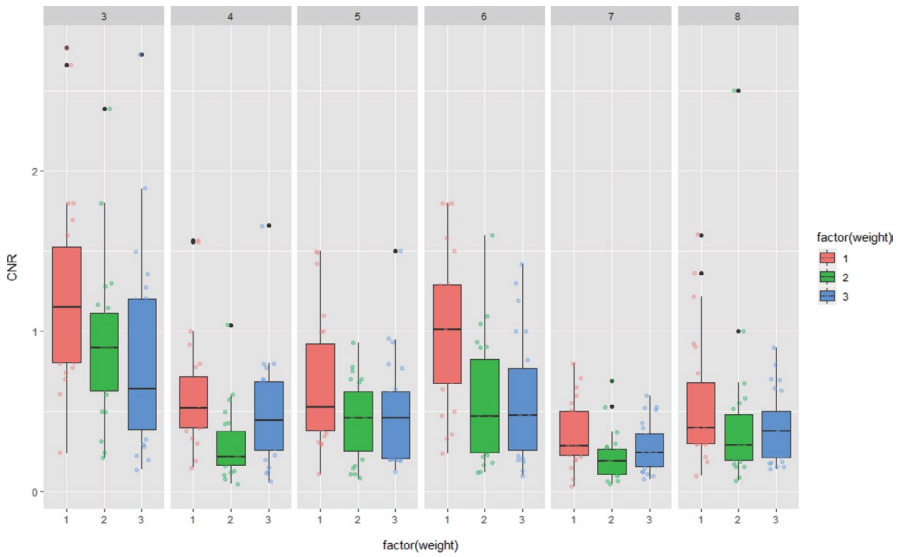

Fig. 14. Group and weight according to image enhancement technique (CNR Analysis).

Table 1. Analysis results according to image enhancement techniques (SNR) (Group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

	DF[1]	RD[2]	Mean RD	F	p-value
Group (method of examination)	1	263.099	52.620	45.230	0.000***
Type (Abdominal ultrasound order)	3	25.138	8.379	7.202	0.000***
Weight (normal, overweight, obesity)	2	94.025	47.013	40.410	0.000***
Group∗type	3	15.333	1.022	0.879	0.589
Group∗weight	2	25.373	2.537	2.181	0.018*
Type∗weight	6	71.972	11.995	10.311	0.000***
Group∗type∗weight	6	20.971	0.699	0.601	0.954

[1]Degree of freedom, [2]Reduction in dispersion, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Rfit 패키지의 raov함수로 분석하였고 유의미한 결과에 대한 사후검정은 least significant difference (Hochberg method를 이용한 유의확률 보정)을 통해 계산되었다. 통계적 유의성은 $p<0.05$일 때 유의하다고 판정하였다.

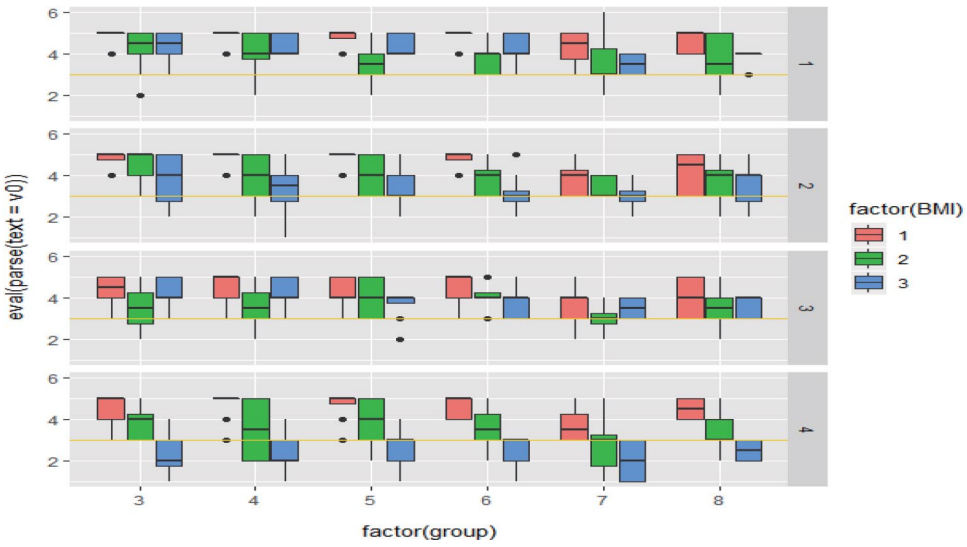

Fig. 15. Group*type*weight Definition by image enhancement technique.

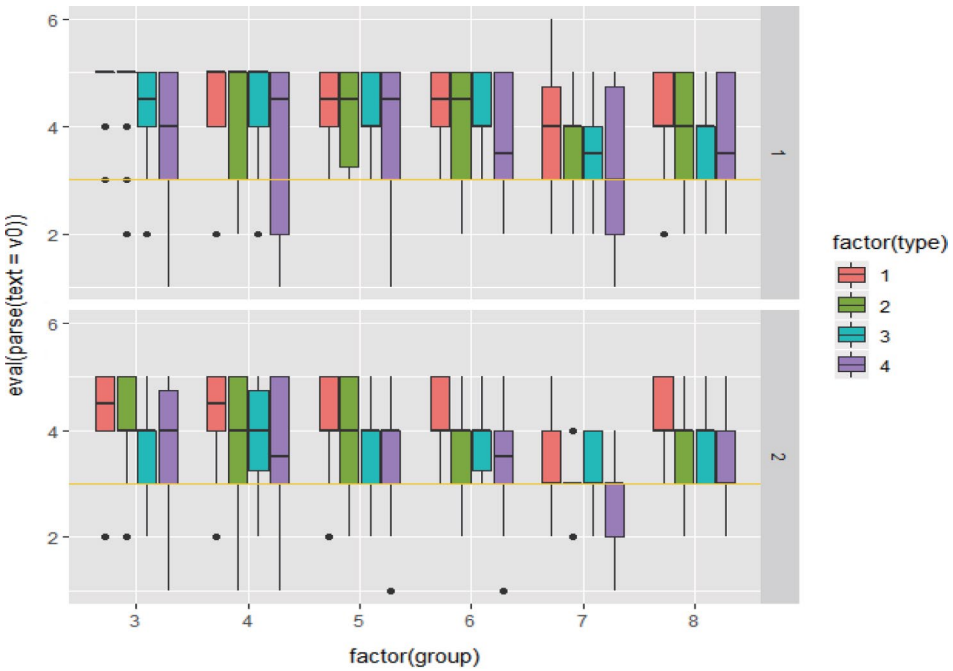

Fig. 16. Group*type*weight Definition by image enhancement technique.

결 과

1. 정량적 분석

1.1 영상 개선 기법에 따른 SNR, CNR 분석 (Group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

영상 개선 기법에 따른 분석 결과 SNR은 group (Fig. 11), type, weight, group과 weight (Fig. 12), type과 weight는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며 ($p<0.05$), group과 type, group*type*weight는 통계적으로 유의미하지 않았다 ($p>0.05$) (Table 1). 또한 영상 개선 기법에 따른 CNR 분석결과도 group (Fig. 13), type, weight, group과 weight (Fig. 14), type과 weight는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며 ($p<0.05$), group과 type, group*type*weight는 통계적으로 유의미하지 않았다 ($p>0.05$) (Table 2). SNR과 CNR은 group 1에서 가장 높았으며 group 4가 두 번째로 높았다. 또한 weight가 정상일 때 SNR과 CNR이 높았으므로 영상의 화질개선에 따른 기법은 체중군에 영향을 받았다.

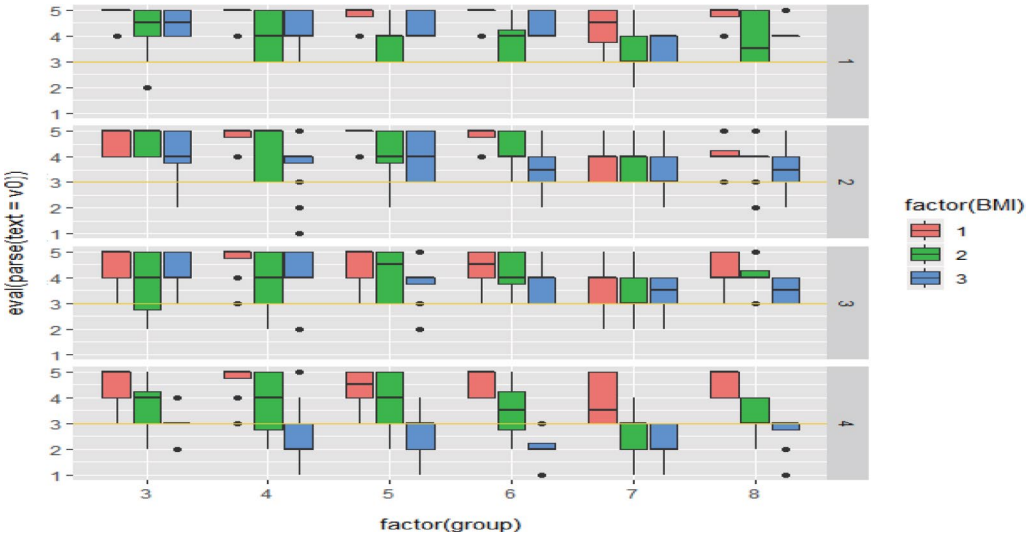

Fig. 17. Group*type*weight Internal structure by image enhancement technique.

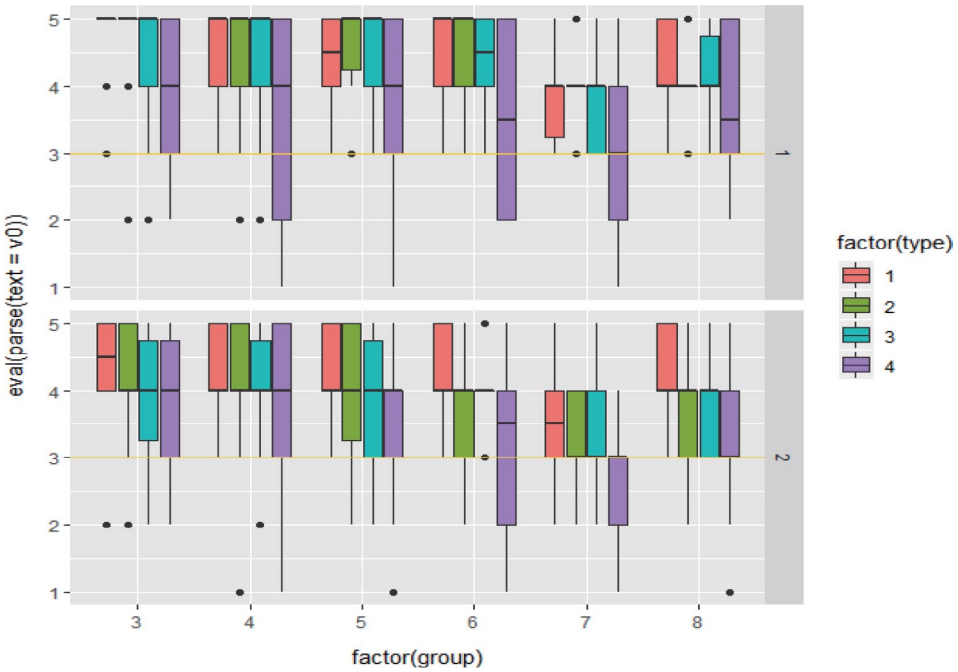

Fig. 18. Group*type*weight Internal structure by image enhancement technique.

Table 2. Analysis results according to image enhancement techniques (CNR) (group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

	DF[1]	RD[2]	Mean RD	F	p-value
Group (method of examination)	1	27.750	5.550	38.933	0.000***
Type (Abdominal ultrasound order)	3	3.331	1.110	7.789	0.000***
Weight (normal, overweight, obesity)	2	9.086	4.543	31.869	0.000***
Group∗type	3	3.224	0.215	1.508	0.099
Group∗weight	2	2.988	0.299	2.096	0.024*
Type∗weight	6	7.096	1.183	8.297	0.000***
Group∗type∗weight	6	3.653	0.122	0.854	0.690

[1]Degree of freedom, [2]Reduction in dispersion, *p<0.05, ** p<0.01, ***p<0.001

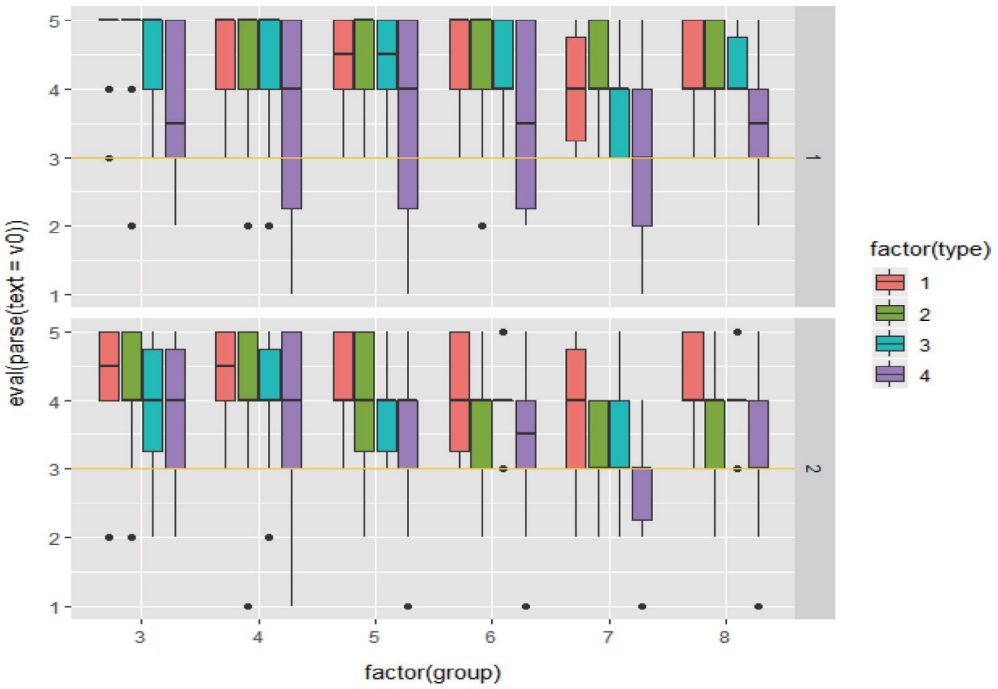

Fig. 19. Group*type*weight Visible range by image enhancement technique.

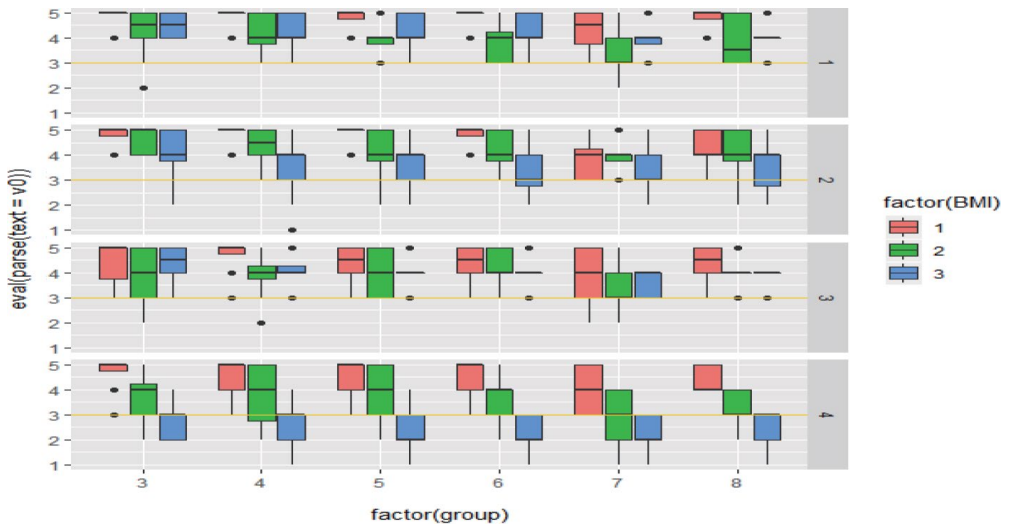

Fig. 20. Group*type*weight Visible range by image enhancement technique.

2. 정성적 평가

2.1 선명도, 내부구조, 가시범위를 기준으로 영상 개선 기법 비교

영상 개선 기법 여부에 따라 선명도에 차이가 있었으며, 영상 개선 기법 여부는 초음파 유형, 체중군, work에 통계적으로 유의미한 영향을 미쳤다($p<0.001$). Group∗weight, group∗type∗weight (Fig. 15), group∗type∗work (Fig. 16), group∗weight∗work, group∗type∗weight∗work가 통계적으로 유의하였다($p<0.001$) (Table 3).

내부구조의 차이에서도 영상개선기법에 의한 차이가 나타났으며, 영상 개선 기법 여부는 초음파 유형, 체중군, work에 통계적으로 유의미한 영향을 미쳤다($p<0.001$). Group∗weight, group∗type∗weight (Fig. 17), group∗type∗work (Fig. 18), group∗weight∗work, group∗type∗weight∗work가 통계적으로 유의하였다($p<0.001$) (Table 4). 영상 개선 기법 여부에 따라 가시범위의 차이는 존재하였으며, 영상 개선 기법 여부는 초음파 유형, 체중군, work에 통계적으로 유의미한

Table 3. Analysis results according to image enhancement techniques (Definition) (Group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

	DF[1]	RD[2]	Mean RD	F	p-value
Group (method of examination)	5	37.212	7.442	196.482	0.000***
Type (Abdominal ultrasound order)	3	41.641	13.880	366.447	0.000***
Weight (normal, overweight, obesity)	2	116.511	58.255	1537.963	0.000***
Work (Doctor, Sonographer)	1	10.734	10.734	283.369	0.000***
Group∗type	15	8.291	0.553	14.592	0.000***
Group∗weight	10	5.515	0.552	14.560	0.000***
Type∗weight	6	52.195	8.699	229.662	0.000***
Group∗work	5	1.543	0.309	8.145	0.000***
Type∗work	3	1.764	0.588	15.527	0.000***
Weight∗work	2	1.503	0.752	19.844	0.000***
Group∗type∗weight	30	17.564	0.585	15.457	0.000***
Group∗type∗work	15	6.564	0.438	11.552	0.000***
Group∗weight∗work	10	6.506	0.651	17.177	0.000***
Type∗weight∗work	6	8.150	1.358	35.859	0.000***
Group∗type∗weight∗work	30	10.557	0.352	9.290	0.000***

[1]Degree of freedom, [2]Reduction in dispersion, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 4. Analysis results according to image enhancement techniques (Internal structure) (Group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

	DF[1]	RD[2]	Mean RD	F	p-value
Group (method of examination)	5	52.279	10.456	273.153	0.000***
Type (Abdominal ultrasound order)	3	60.357	20.119	525.595	0.000***
Weight (normal, overweight, obesity)	2	102.545	51.272	1339.467	0.000***
Work (Doctor, Sonographer)	1	22.556	22.556	589.252	0.000***
Group∗type	15	7.319	0.488	12.746	0.000***
Group∗weight	10	6.925	0.692	18.091	0.000***
Type∗weight	6	51.784	8.631	225.472	0.000***
Group∗work	5	2.725	0.545	14.236	0.000***
Type∗work	3	3.667	1.222	31.930	0.000***
Weight∗work	2	0.576	0.288	7.524	0.001**
Group∗type∗weight	30	18.258	0.609	15.899	0.000***
Group∗type∗work	15	7.809	0.521	13.601	0.000***
Group∗weight∗work	10	4.197	0.420	10.965	0.000***
Type∗weight∗work	6	11.612	1.935	50.560	0.000***
Group∗type∗weight∗work	30	13.209	0.440	11.502	0.000***

[1]Degree of freedom, [2]Reduction in dispersion, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

영향을 미쳤다(p<0.001). Group∗weight, group∗type∗weight (Fig. 19), group∗type∗work (Fig. 20), group∗weight∗work, group∗type∗weight∗work가 통계적으로 유의하였다(p< 0.001) (Table 5). 영상 개선 기법 여부에 따라 선명도, 내부구조, 가시 범위는 group 1일 때 가장 높았다.

고 찰

본 연구는 내시경 전·후, 대장내시경검사의 전처치인 장세척제 복용 후, 위와 대장내시경검사를 동시에 시행한 후 시행된 복부초음파검사 영상에서 복부초음파 영상의 화질을 개선시킬 수 있는 하모닉 기법, 실시간 합성영상 기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 이용하여 복부초음파 영상 중 복부장기(췌장을 중심으로)의 좋은 영상과 위, 십이지장, 장관 가스, 장관 내 액체의 인공물을 저감시키는 효과를 보기위해 복부초음파검사 순서, 검사방법, 체중군에 따라 다르게 묘출한 영상의 SNR과 CNR를 분석하여 정량적 평가와 영상의학과전문의와 sonographer로 구성된 두 명의 검사자에 의해 췌장 두부 영상의 선명도, 내부구조, 가시범위를 정성적으로 평가하였다. 복부초음파검사는 복부질환 여부에 대한 선별검사로 비침습적이며 반복검사가 쉽고, 검사를 받는 과정 중에 특별한 불편함이나 안전상의 문제가 없으며, 종괴의 위치와 크기 및 내부구조를 알 수 있고, 정확한 소견의 진단 결과를 빠른 시간 내에 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다(Lee 2007). 위장 계통을 진단하는 위내시경검사는 위 점막 상의 근접 관찰을 위시하여 작은 병소의 발견, 악성 종양의 감별, 임의의 장소에서 생검이 가능하며 손상의 형태나 침윤정도의 식별, 출혈 여부의 확인 등 상부위 장관 질환 진단의 정확성을 기하는 데 필수적으로 이용

Table 5. Analysis results according to image enhancement techniques (Visible range) (Group 1, 2, 3, 4, 5, 6)

	DF[1]	RD[2]	Mean RD	F	p-value
Group (method of examination)	5	35.442	7.088	188.585	0.000***
Type (Abdominal ultrasound order)	3	49.499	16.500	438.969	0.000***
Weight (normal, overweight, obesity)	2	99.026	49.513	1317.271	0.000***
Work (Doctor, Sonographer)	1	20.396	20.396	542.625	0.000***
Group∗type	15	2.717	0.181	4.819	0.000***
Group∗weight	10	4.343	0.434	11.555	0.000***
Type∗weight	6	54.540	9.090	241.833	0.000***
Group∗work	5	2.320	0.464	12.343	0.000***
Type∗work	3	5.583	1.861	49.508	0.000***
Weight∗work	2	1.192	0.596	15.862	0.000***
Group∗type∗weight	30	12.855	0.428	11.400	0.000***
Group∗type∗work	15	7.772	0.518	13.785	0.000***
Group∗weight∗work	10	6.691	0.669	17.800	0.000***
Type∗weight∗work	6	8.361	1.393	37.072	0.000***
Group∗type∗weight*work	30	9.019	0.301	7.998	0.000***

[1]Degree of freedom, [2]Reduction in dispersion, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001

되고 있고 (Park *et al*. 2003), 대장내시검사는 전 대장에 걸쳐 대장의 병변을 진단하고 경우에 따라서는 병변을 제거할 수 있으며, 직시 하에 병변을 정확하게 관찰하고 생검을 할 수 있다 (Jung 2002). 그러나 내시경검사 후 공기 때문에 배가 더부룩하고 가스가 찰 수 있으며 가스로 인하여 복부 통증이 생길 수 있다. 위·대장내시경과 복부초음파를 같은 날 실시할 경우 장 세척제 복용 때문에 복강에 있는 장 내 수분으로 인하여 복부초음파검사에 어려움이 있으며 초음파검사 전에 내시경검사를 시행한 경우 복강 내 가스로 인하여 복부장기의 묘출에 어려움이 있다. 특히 췌장은 복부초음파만으로 완벽하게 이상 여부를 확인하기 어려우며 장에 가스가 차 있거나 복부비만이 심각한 수검자의 경우는 더욱 더 복부초음파상 췌장을 검사하기 어렵다. 복부초음파 검사 시 췌장 영상을 잘 묘출하기 위해서는 췌장 영상의 화질을 개선시킬 수 있는 여러 기법인 하모닉 기법, 실시간 합성 영상 기법, 반점 (Speckle) 허상을 줄이는 기법이 이용될 수 있다 (Chung *et al*. 1989). 하모닉 영상은 처음 신호의 두 배의 주파수를 갖는 첫 번째 하모닉 초음파 신호만을 선택적으로 받고, 낮은 주파수의 신호들은 배제함으로써 화면상의 허상들을 감소시켜 영상의 질을 높이는 기법이다 (Jeong 2008). 상복부초음파검사에 있어서 췌장은 기본적으로 검사해야 할 장기이나, 위장관의 공기로 인해 제한적인 정보만을 얻을 때가 많다. 또 복벽의 두꺼운 지방층에 의해서도 신호 대 잡음비가 낮아지고 반향 인공물이 증가되어 화질이 불량해지는 경우가 췌장에서 특히 심하다. 이런 이유들로 인해 췌장의 초음파 검사는 불완전한 검사가 되는 경우가 많은데, 하모닉 영상이 이런 취약점을 어느 정도 해결함으로써 고전적 초음파 영상에 비해 우수한 화질을 보일 수 있을 것을 생각되고 하모닉 영상이 기본 영상에 비해 췌장의 선명도, 췌장의 내부구조, 검사 가능한 췌장의 가시 범위에 있어서 모두 의미 있는 결과를 나타냈다 (Seo *et al*. 2002). 또한 반향 인공물은 투사된 초음파가 복벽을 통과할 때 반향 되는 초음파에 의해 생기는 인공물이며, 조직에서 발생되는 하모닉 파는 이러한 반향인공물을 감소시킨다. 이런 장점을 응용한 하모닉 영상의 유용성에 대한 연구들이 보고되고 있고, 비만 환자에서 고전적 초음파 영상은 신호 대 잡음비의 감소 때문에 화질이 감소되는 데 반해 하모닉 영상은 해상능 및 신호 대 잡음비의 향상으로 인해 비만 환자에게 적합하다 (Choudhry *et al*. 2000). 또한 하모닉 영상은 짧은 파장을 사용하기 때문에 측방향 해상능이 향상되어 작은 해부학적 구조물 및 세부 영상을 더 잘 볼 수 있게 해준다는 것이 알려져 있고 (Shapiro *et al*. 1998), 서영란 등 (Seo *et al*. 2002)은 이를 근거로 췌장의 내부 구조가 하모닉 영상이 기본 영상보다 우수한 이유를 설명했으며, 가시 범위의 경우 고전적 초음파에서는 투과된 초음파가 위장관 내 공기를 만나면 통과하지 못하기 때문에 그 뒤의 췌장이 보이지 않지만 하모닉 영상에서는 주변 초음파에 의해 발생하는 하모닉 파가 공기 뒤의 췌장도 일부 보이게 할 수 있다고 보고하였다.

실시간 복합초음파 영상은 초음파를 다양한 각도로 주사하여 얻은 영상신호들을 평균하여 하나의 실사영상을 얻는 방법이며, 여러 영상신호를 평균함으로써 후방 음향그림자와 같은 허상을 줄이고 실제 구조의 에코만을 요구함으로써 고식적 영상에 비해 병변의 변연, 내부 구조물, 석회화 등이 비교적 정확히 보여 영상의 질을 높인다 (Jeong 2008). 실시간 복합영상의 장점은 기존의 고식적 초음파에 비해 영상의 인공물을 억제하여 영상의 질을 높이는 데 있다 (Seo *et al*. 2002). Jespersen 등 (Jespersen *et al*. 1998)의 실험 연구에 따르면 복합영상에서 작은 반점상이 고식적 초음파에 비해 정량적으로 감소하였으며, 이로 인해 병소의 발

견, 특히 대조도가 낮은 경우에서의 병소의 발견에 유리하고, 병소의 경계의 판단에도 우수하다고 하였다. 초음파 영상은 X-ray, CT 등 다른 의료영상기기에 비해 잡음이 많고 대조도가 낮아 영상이 선명하지 못하다. 이는 초음파 영상의 신호 대 잡음비가 낮아 잡음이 많고 파장 간섭에서 발생하는 스페클 잡음으로 인해 콘트라스트가 낮아지기 때문이다(Jespersen *et al*. 1998). 이런 반점 허상을 줄이는 기법은 픽셀에서 작동하는 이미지 처리 기술로 영상의 작은 반점을 줄이고, 흐릿흐릿해지고 불분명한 영상의 noise를 제거해서 화질을 개선한다(Kim 2012). 반점 감소 영상은 후처리과정(Post processing)을 통해 반점 노이즈를 감소시킴으로써 대조해상도를 높이고 경계는 증강시킴으로써 세부구조정보는 살리는 것으로 강한 시그널, 약한 시그널을 구분해 주는 알고리즘 픽셀별로 평가해서 반점을 제거해 주며 잘못된 약한 시그널은 버리고 강한 시그널은 강화되어 밝게 표시된다. 그 결과 영상은 더 부드럽고 깨끗한 이미지를 얻을 수 있고, 반점 감소 영상은 복합영상기법과 함께 사용할 때 효과가 큰 것으로 알려져 있다(Lee *et al*. 2005).

본 연구에서 하모닉 영상은 모든 기법을 사용한 영상을 제외한 다른 영상 기법에 비해 췌장의 선명도, 췌장의 내부구조, 검사 가능한 췌장의 가시 범위에 있어서 모두 의미 있게 우월한 결과를 얻었다. 하지만 하모닉 기법을 제외하고 실시간 복합영상에 스펙클 감소 영상을 추가하였을 때는 하모닉 기법과 같이 사용할 시와 비교할 때 정량적·정성적 평가는 좋지 않았으며 모든 기법을 사용하지 않았을 때와 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 하모닉, 실시간 복합영상, 스페클 잡음을 줄이는 기법을 모두 사용한 영상이 정량적·정성적 평가가 가장 높게 나왔고 초음파 유형과 체중군이 영상 묘출에 많은 영향을 미쳤다. 또한 영상 개선 기법 여부에 따라 췌장 두부 영상의 선명도, 내부구조, 가시 범위의 차이는 존재하였다. 복부초음파검사에서 초음파장비의 영상기법인 하모닉, 실시간 복합영상, 스페클 잡음을 줄이는 기법을 모두 적용할 때 복강 내 가스와 장 내 액체 등 인공물을 저감시키는 역할을 할 것으로 사료된다.

결 론

건강검진 시 내시경과 복부초음파를 당일 검사한 수검자의 췌장 두부 영상을 정량적·정성적 분석을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다. 정량적 평가에서 SNR과 CNR는 복부초음파검사 순서, 복부초음파검사 방법, 체중군에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며, 복부초음파검사 순서와 체중군 간에 유의미한 교호작용이 있는 것으로 나타났다. 정성적 평가 결과는 영상 개선 기법 여부에 따라 췌장 두부의 선명도, 내부구조, 가시 범위의 차이가 존재하고 복부초음파검사 순서, 체중군에 영향을 미쳤다. 정량적·정성적 분석 결과 체중이 정상인 경우 하모닉, 실시간 합성 영상기법, 반점 허상을 줄이는 기법을 사용하면 내시경 전, 후, 장 세척제 복용 후, 위와 대장내시경검사를 동시에 시행한 후에도 모두 복부초음파검사가 가능하며, 과체중인 경우 위내시경 전과 위내시경 후에 복부초음파검사를 하는 것이 적합하다. 비만일 경우는 내시경 전에 복부초음파검사를 하여야 복벽의 피하지방이나 내장지방으로 인한 감쇄와 위·장관 가스와 장관 내 액체 등 인공물의 방해를 피할 수 있어 좋은 영상을 묘출할 수 있으므로 복부초음파검사에서 복강 내 가스와 장내 액체 등 인공물을 저감시키기 위해서는 초음파장비의 영상기법인 하모닉, 실시간 복합영상, 스페클 잡음을 줄이는 기법을 모두 적용해야할 것으로 사료 된다.

사 사

본 논문은 곽종길의 2019년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

참 고 문 헌

Choudhry S, Gorman B, Charboneau JW, Tradup DJ, Beck RJ, Kofler JM and Groth DS. 2000. Comparison of tissue harmonic imaging with conventional US in abdominal diseas. *Radio. Graphics*. **20**(4):1127-1135.

Chung JB, Chung DK, Kim DY, Han KH, Moon YM, Kang JK, Park IS, Choi HJ, Lee JT and Yoo HS. 1989. Percutaneous fine needle aspiration biopsy of pancreatic cancer guided by ultrasonography. *Korean J. Intern. Med*. **4**(2):125-129.

Jeong PJ. 2008. Basic Knowledge of Ultrasonography and Its Clinical Use. *Korean J. Endocr. Surg*. **8**(1):1-6.

Jespersen SK, Wilhjelm JE and Sillesen H. 1998. Multi-angle compound imaging. Ultrason. *Imaging* **20**(2):81-102.

Jung SY. 2002. Korean National Guidelines on Screening and Surveillance for Early Detection of Colorectal Cancers. *Korean J. Soc. Gastro. Endo*. **24**(6):317-320.

Kim BS. 2012. Enhancement of Ultrasound Images using Anisotropic Diffusion in Multilayer Representation. *Comput. Sci. Eng. J*. **39**(12):973-979.

Kim DY. 2015. Ultrasonographic Diagnosis of Liver Diseases. Surgical Ultrasound J. **2**(1):7-15.

Kim MY. 2018. Optimal Scanning of Abdominal Ultrasonography and Trouble Shootings. *Clinical and Molecular Hepatology J. Liver Week*. 506-517.

Kim WH, Hahm KB, Moon YM, Kang JK, Park IS, Choi HJ. 1992. Gastric varices: diagnosis with duplex Doppler ultra-

sonography-a case report. *Yonsei Med. J.* **33**(2):189-193.

Kwak JG, Choi NG, Park SE. 2018. Evaluation of Image Quality according to Pressure of Transducer during Abdominal Ultrasonography. *J. Radia. ind.* **12**(3)199-207.

Lee JY. Choi BI, Han JK, Lee JM, Kim SH, Choi JY. Kim SJ. 2005. High Resolution Ultrasonographic Evaluation of the Gallbladder: Value of Advanced Imaging Techniques. *Korean J. Soc. Med. Ultrasound*.

Lee MY. 2007. The study on the prevalence Rate and Developmental Factors of the Liver Diseases Diagnosed by Ultrasonography, Radiological science Dept. The Graduate School of Health Promotion Hanseo University.

Park GS and Na YJ. 2003. The Effect of Music Therapy on Reduction of Anxiety before Gastroscopy. *Korean J. Adult. Nursing* **15**(2):247-255.

Park SE, Lee SH, Lee DJ, Kim KM, Park SB, Kim BT, Joo NS, Cho DY, Kim KN, Kim JH, Park YK, Lee JU and Lee DR. 2014. Abdominal Ultrasonography: Procedure and Training. *Korean J. Fam. Pract.* **4**(1):28-37.

Seo BK, Oh YW, Cho KR, Lee YH, Noh HJ, Lee JY, Je BK, Choi EJ, Lee NJ, Kim JH, Bae JW and Kim SJ. 2002. Does Real-time Compound Imaging Improve Evaluation of Breast Cancer Compared to Conventional Sonography?. *Korean J. Soc. Breast Cancer* **5**(2):102-107.

Seo YL, Choi CS, Kim HC, Yoon DY, Han DH and Bae SH. 2002. Comparison of Quality of Ultrasonographic Image of the Pancreas: Tissue Harmonic Image vs. Fundumental Image. *Korean J. Soc. Med. Ultrasound*. **21**(3):165-170.

Shapiro RS, Wagreich J, Parsons RB, Pasik AS, Yeh HC and Lao R. 1998. Tissue harmonic imaging sonography: evaluation of image quality compared with conventional sonography. *American J. Roentgenology* **171**(5):1203-1206.

Received: 11 July 2019
Revised: 15 August 2019
Revision accepted: 4 September 2019