

초음파를 이용한 팬텀 근육 내 주입한 초음파 젤 부피 계측: 예비연구

이희제 • 안새미* • 류정아* • 박태수[✉]

한양대학교구리병원 정형외과, *영상의학과

Ultrasonographic Measurements of the Intramuscular Fluid Collection Using a Phantom: A Preliminary Study

Hee-Jae Lee, M.D., Sae-Mi Ahn, M.D.*, Jeong-Ah Ryu, M.D.*, and Tae-Soo Park, M.D.[✉]

Departments of Orthopaedic Surgery and *Radiology, Hanyang University Guri Hospital, Guri, Korea

Purpose: The purpose of this study is to check the intermuscular fluid collection in a phantom using ultrasound after comparison with the original injected volume of gel and to evaluate interobserver reliability.

Materials and Methods: One orthopedic surgeon injected ultrasonographic gel into the muscle of slaughtered cow meat using a syringe and needle, and recorded the injected volume. The injected volume of gel ranged from 1 ml to 5 ml, and total number of trials was 30 times. The volume was calculated using ultrasound by two experienced radiologists. The ultrasonographic measured volume was assessed and interobserver variability was measured.

Results: The mean ultrasonographic measured volume was 71.35% of the original injected volume of gel. Thus, the measured volume using ultrasound showed a tendency to underestimate the injected volume into the muscle. For evaluation of interobserver reliability, interclass correlation using SPSS and consistency using Bland and Altman plot were calculated. Interclass correlation was 0.95, and Bland and Altman plot showed that the differences of mean volume measured by two observers were within ± 1.96 standard deviation over 95%. Therefore, it showed good interobserver reliability.

Conclusion: Ultrasonographic measurement of the intramuscular fluid collection in a phantom showed mean 71.35% of the original injected volume of gel, and it tended to be underestimated in proportion to the increased volume of intermuscular gel. This study showed good interobserver reliability.

Key words: intermuscular gel collection, measurement, interobserver reliability, ultrasonography

서론

포도상구균이나 연쇄상구균 등으로 인한 봉소염(cellulitis)은 흔히 접할 수 있는 감염으로 항생제 등 약물 치료에 잘 반응하는 반면,

화농성 농양(abscess)이 생긴 경우 항생제 투여와 함께 절개 후 배농시키는 수술적 치료가 필요한 경우가 흔하다. 근육 내 생긴 혈종(hematoma) 또한 발생한 해부학적 위치, 크기와 그 크기의 변화에 따라 시간을 두고 관찰하는 방법에서부터 수술적 제거까지 다양한 치료 방법이 요구된다. 근육내 발생하는 혈종, 농양, 양성 종양 등은 위치, 크기뿐만 아니라 일정 기간 동안 그 크기의 변화를 계측하는 것이 임상 증상의 변화 및 치료 방법의 결정과 그 치료 효과를 평가한다는 면에 있어서 중요한 진단 과정이며, 이는 정확한 초음파 검사를 통하여 얻을 수 있다.¹⁾

근육 내 존재하는 점액성 병변의 외형이 완만한 구형 내지 타

Received July 30, 2015 Revised December 4, 2015 Accepted February 24, 2016

[✉]Correspondence to: Tae-Soo Park, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital, 153 Gyeongchun-ro, Guri 11923, Korea

TEL: +82-31-560-2316 FAX: +82-31-557-8781 E-mail: parkts@hanyang.ac.kr

*This research was supported by the Academic Assistance Program of ALPINION Medical Systems.

원형이라는 점과, 편장형 타원면 공식과 고해상도 초음파를 이용하여 근육내 점액성 병변의 크기를 실제의 부피와 근접하게 측정할 수 있다는 가정하에 이 연구를 시행하였다.

연구의 목적은 초음파를 이용한 팬텀 연구를 통해 근육내 액체의 크기와 부피를 측정하고 정확도를 평가하는 데 있다. 이러한 연구가 혈종 등 근육내 액체성 물질의 크기를 측정하고 추시상 그 변화를 진단하여 이들 병변을 치료하는 데 있어 치료 방법을 선택하는 데 지침을 제시할 수 있을 것이라고 생각된다.

대상 및 방법

일반 정육점에서 소의 둔근(gluteus)을 구입하여 연구에 필요한 팬텀으로 활용하였다. 소의 둔근은 근육이 커서 젤 주입이 용이하고, 이에 대한 전단치(shear value)는 3.68 pound, 근원섬유마디(sarcomere)의 길이가 1.57-3.42 μm 로서²⁾ 본 연구에서 시행할 액체 주입 시 근육 가닥이 손상될 정도로 약하지 않으며, 근육 내 석회나 낭종 등의 호발 부위가 아니어서 초음파로 관찰 시 균질하게 관찰할 수 있다는 점 등의 이유로 소의 둔근을 팬텀으로 사용하였다. 근육내 분포하는 혈종이나 농양의 액체 물질은 초음파 젤의 성분과는 차이가 있으나, *in vitro*로 소의 둔근내 주입하는 액체 물질이 주입 즉시 흡수되지 않고 초음파로 계속할 일정 시간 동안 점도에 의하여 한 덩어리로 소방(loculation)되어 존재할 수 있는 물질로서 초음파 젤을 선택하여 사용하였다. 초음파 젤은 AQUASONIC® 100 Ultrasound Gel (Parker Labs, Fairfield, NJ, USA)을 이용하였다. 먼저 한 명의 정형외과 전문의가 소의 둔근 내로 초음파 젤을 1 ml에서 5 ml까지 다양하게 30회에 걸쳐 주입한 후 부피를 기록하였다. 이후 주입량을 모르는 상태에서 젤의 직경을 세 개의 수직면에 대해 두 명의 경험있는 영상의학과

의사가 각각 측정하였다(Fig. 1). 젤의 부피는 각각 측정된 직경을 편장형 타원면 공식(prolate ellipsoid formula=length×height×width× $\pi/6$)에 따라 계산하였고³⁾ 이를 실제로 주입된 부피와 비교하여 백분율로 표시하였다.

두 측정자 간의 초음파 젤 측정의 일치도를 알아보기 위한 비교에는 IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용한 급간 상관(interclass correlation)과 Bland and Altman plot⁴⁾을 이용하였는데, 95% 신뢰구간의 일치도 제한은 두 측정자 간의 각각의 측정값들의 평균의 차이가 ± 1.96 standard deviation (SD) 내에 95%가 포함됨으로 정하였다. 이 일치도의 제한은 두 방법 간의 평균값의 차이와 분포를 통해 계통 오류나 무작위 오류 유무를 알아보고 두 검사 방법 간의 일치도를 알아보는 방법으로, 그 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

주입된 초음파 젤의 부피는 1 ml가 10회, 2 ml가 8회, 3 ml가 7회, 4 ml가 3회, 그리고 5 ml가 2회였으며 주입된 초음파 젤의 평균 부피는 2.39 ml였다. 실제로 주입한 젤의 부피를 얼마나 정확히 측정할 수 있는지 확인하기 위해 측정된 부피를 실제 주입한 부피로 나눈 값에 100을 곱하여 백분율로 환산한 값을 계산한 결과는 Fig. 2와 같다. 1 ml의 초음파 젤을 주입하였을 때, 초음파로 측정된 부피는 평균 0.791 ± 0.08 ml로 백분율은 $79.10\% \pm 8.15\%$ 로 확인되었다. 같은 방법으로 2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml를 각각 주입하였을 때 그 백분율은 각각 $74.94\% \pm 0.42\%$, $69.41\% \pm 5.58\%$, $72.90\% \pm 0.59\%$, $60.40\% \pm 6.37\%$ 였고, 모든 측정에서 각각의 측정치는 실제 부피에 비하여 낮게 측정되었다. 통계적인 유의성은 확인할 수 없었지만 전반적으로 주입된 초음파 젤의 부피가 증가할수록 측

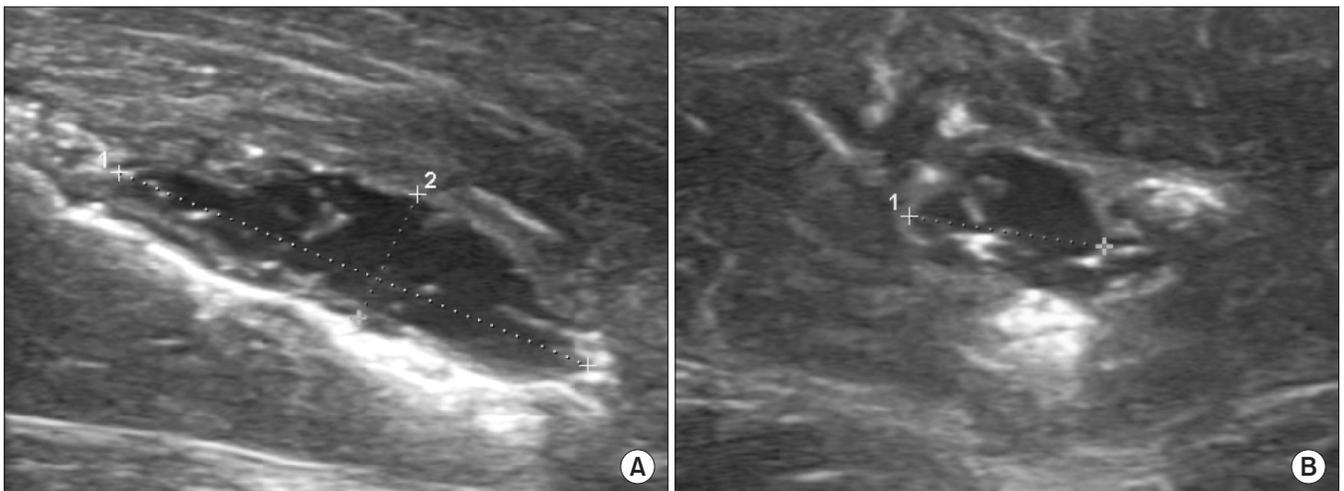


Figure 1. Measurement of the ultrasonographic gel using ultrasonography. The ultrasonographic gel in the muscle of slaughtered cow meat was measured in the sagittal plane with longitudinal and antero-posterior diameter (A), and the transverse plane with transverse diameter (B).

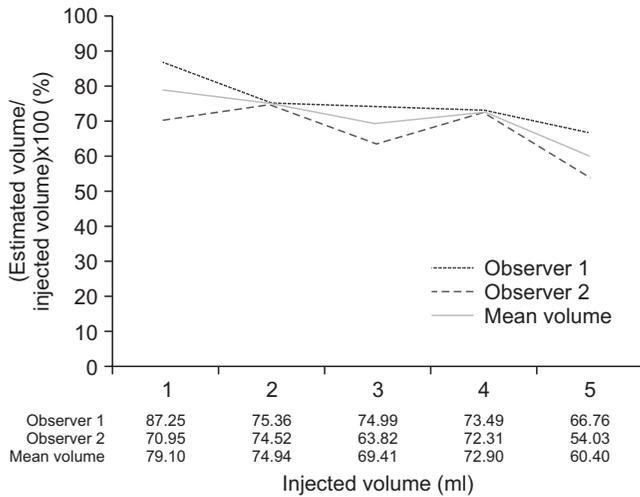


Figure 2. Measurement accuracy of injected volume of ultrasonographic gel.

정치의 백분율은 낮아지는 경향을 나타내었다.

주입된 초음파 젤의 SPSS를 이용한 급간 상관(interclass correlation)은 0.95 (95% confidence interval [CI], 0.89–0.98)⁵⁾로 높은 일치도를 확인할 수 있었고, Bland and Altman plot⁴⁾에서는 계통적 오류나 무작위 오류는 관찰되지 않았으며, 특히 두 측정자가 측정된 초음파 젤의 부피의 평균값의 차이가 ± 1.96 SD 내에 95% 이상이 존재해 두 검사자 간의 좋은 일치도를 보여주었다(Fig. 3).

고 찰

근육 내 혈종은 해파린 항응고 치료의 심각한 잠재적 합병증으로 발생할 수 있으며, 치료 또한 보존적인 치료와 수술적인 치료 등 적응증에 대한 합의가 이루어지지 않고 있다.⁴⁾ 자발적 근육내 혈종의 관찰에서부터 수술적인 제거까지 다양하게 선택될 수 있으며, 이러한 치료 방법을 결정하는 데는 혈종의 해부학적 위치뿐만 아니라 크기와 변화가 중요한 요소로 생각된다. 혈종으로 인한 신경학적인 증상이 없거나 미미하게 존재하면서 혈종의 크기가 작은 경우 혈종이 자연스럽게 흡수되기를 기대하는 보존적인 방법이 선택될 수 있지만 혈종의 크기가 충분히 크며, 이로 인한 신경학적인 증세가 나타나고, 이러한 상황이 지속되거나 악화되면 수술적 제거를 고려하여야 한다. 따라서 혈종 및 농양의 위치뿐만 아니라 그 크기와 부피를 평가하고 추시하는 것은 중요하며, 초음파를 이용하여 이를 유용하게 평가할 수 있다.

본 연구에서는 초음파 젤의 부피를 측정하는 데 있어 1 ml 젤을 주입하였을 때는 초음파로 측정된 부피가 주입한 부피의 79.10% $\pm 8.15\%$ 였으나 5 ml 부피를 주입하였을 때는 초음파로 측정된 부피가 주입한 부피의 60.40% $\pm 6.37\%$ 로 계측되어 통계적인 유의성을 확인하지 못하였지만, 이러한 결과는 두 가지 의미로 설명할 수 있다. 즉 첫째, 임상에서 혈종의 부피 측정하였을 때, 이것이

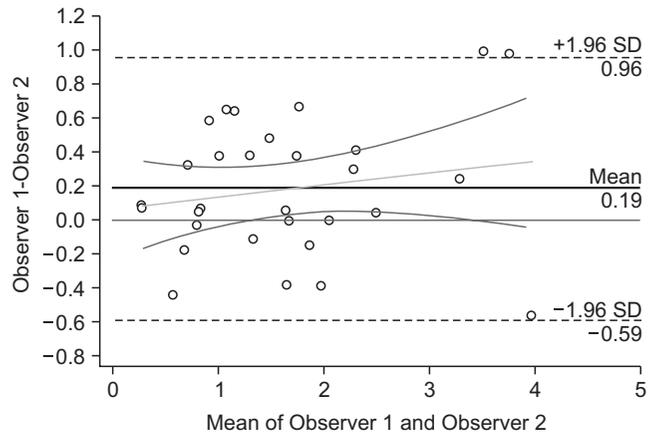


Figure 3. Analysis of interobserver reliability by Bland and Altman plot.⁴⁾ SD, standard deviation.

실제 혈종의 부피와 오차가 많이 생길 수 있고, 둘째, 혈종의 크기가 커질수록 부피 측정이 더 어려울 수 있다는 것이다.

실제 주입한 젤의 부피와 측정된 부피가 차이가 나는 이유는 첫째, 부피를 측정하는 데 사용된 공식은 구형(round shape) 혹은 타원체(oval shape)를 기반으로 적용되는 공식으로, 근육 내로 주입된 초음파 젤은 구형이나 타원체가 아닌 불규칙한 모양이기 때문에, 이로 인하여 측정값의 오차가 생길 수 있다. 따라서 초음파 자체 내에서 부피를 측정하기 위해서는 다른 프로그램의 공식이나 계산 방식이 필요할 것으로 생각된다. 둘째, 초음파 젤이 주입될 때 근육 사이로 빠져나가며 이로 인해 초음파에서 측정이 제대로 되지 않는 부분이 생길 수 있기 때문으로 고려된다.

임상적으로 근육 내 혈종의 평가를 위해 초음파는 흔하게 사용되는 방법으로 직경이나 부피를 측정하여 혈종 크기의 증가 혹은 감소 여부를 추시할 수 있다. 본 연구는 이러한 임상에서의 초음파의 측정 결과는 실제 혈종이나 농양의 크기나 부피의 값을 과소 평가하는 경향이 있을 수 있으며, 따라서 임상에서는 그 결과를 해석하는 데 있어 주의가 필요할 것으로 생각된다. 또한 초음파로 혈종의 크기를 추시하는 경우 이전 측정에 비해 얼마나 증가하여야 실질적인 증가로 볼 수 있는지에 대해서는 후후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 소의 둔근을 팬텀으로 사용하였는데 근육 자체의 크기와 형태가 인간의 근육과 차이가 있을 수 있다는 점이다. 둘째로, 초음파 젤을 팬텀으로 주입할 때 주입한 초음파 젤이 주사기 바늘을 따라 주사 부위 쪽으로 소량 역류(leakage)되는 경우가 있어, 이런 점이 계측상의 오류로 나타날 수 있으며, 셋째, 본 연구는 pilot study의 개념으로 진행되어 power analysis 방식 시행은 불가능하였다. 넷째, 주입한 초음파 젤이 모두 근육내에 소방(loculation)되지 않고 일부 주위 근육층을 따라 침윤(infiltration)될 수 있다. 마지막으로 소방된 초음파 젤이 타원형이라는 가정하에 본 연구가 진행되어 실제로 나타날 수 있는

불규칙한 형태에 대한 계측은 하지 못하였다. 이러한 문제는 모두 실제로 인체 내에서 일어나는 염증이 진행되는 병태생리학적 과정을 재현하는 데 있어 본 실험 모델이 가지는 한계점으로 지적할 수 있어, 이런 제한점들이 실제 초음파 젤의 주입량을 측정하는 데 있어 그 정확성을 제한하는 요인으로 작용될 것으로 생각된다.

결론

결론적으로 초음파를 이용하여 근육내 주입한 초음파 젤의 부피의 계측치는 실제 주입한 양의 평균 71.35%를 나타내었고, 주입된 초음파 젤의 부피가 커질 때 대체로 더욱 낮아지는 경향을 보였다. 그리고 두 측정자의 높은 관찰자 간 일치도를 보여주었다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Szopinski KT, Smigielski R. Safety of sonographically guided aspiration of intramuscular, bursal, articular and subcutaneous hematomas. *Eur J Radiol.* 2012;81:1581-3.
2. Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.* 2003;64:85-91.
3. MacMahon PJ, Kennedy AM, Murphy DT, Maher M, Mc-Nicholas MM. Modified prostate volume algorithm improves transrectal US volume estimation in men presenting for prostate brachytherapy. *Radiology.* 2009;250:273-80.
4. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
5. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33:159-74.

초음파를 이용한 팬텀 근육 내 주입한 초음파 젤 부피 계측: 예비연구

이희제 • 안새미* • 류정아* • 박태수[✉]

한양대학교구리병원 정형외과, *영상의학과

목적: 팬텀 근육내 주입한 초음파 젤의 부피를 초음파를 이용하여 계측하고 이를 실제 주입한 양과 비교하여 관찰자 간 일치도를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 한 명의 정형외과 의사가 초음파 젤을 주사기를 이용하여 정육점에서 구입한 소의 둔근 내로 1 ml에서 5 ml의 양을 30회에 걸쳐 주입하였고 이때 주입된 부피를 기록하였다. 그후 두 명의 영상의학과 의사가 초음파를 이용하여 둔근 내 젤의 부피를 계산하고, 계측한 부피와 실제 주입한 양을 비교하고 관찰자 간 일치도를 평가하였다.

결과: 초음파로 측정된 부피는 실제 주입한 초음파 젤의 평균 71.35%였고 실제 부피에 비하여 과소평가되는 경향을 보였다. 관찰자 간 일치도를 평가하기 위해 SPSS를 이용하여 시행한 급간 상관(interclass correlation)은 0.95였고, Bland and Altman plot을 이용하여 평가한 일치도 역시 측정된 초음파 젤의 부피의 평균 차이가 ± 1.96 표준편차 내에 95% 이상이 존재해 두 검사자 간의 좋은 일치도를 보여주었다.

결론: 근육내 주입한 초음파 젤의 초음파를 이용한 부피의 계측치는 실제 주입한 양의 평균 71.35%를 나타내었고, 이는 주입된 젤의 부피가 커질 때 더욱 낮아지는 경향을 보였다. 그리고 두 측정자의 관찰자 간 일치도는 높았다.

색인단어: 근육내 젤 저류, 계측, 관찰자 간 일치도, 초음파

접수일 2015년 7월 30일 수정일 2015년 12월 4일 게재확정일 2016년 2월 24일

[✉]책임저자 박태수

11923, 구리시 경춘로 153, 한양대학교구리병원 정형외과

TEL 031-560-2316, FAX 031-557-8781, E-mail parkts@hanyang.ac.kr

*본 연구는 알파인인 메디칼시스템(주)의 논문 지원 프로그램의 지원을 받아 수행되었습니다.