

경피적 척추 성형술에서 혈액 혼합 시멘트의 특성

서진혁* · 우영하[✉] · 정주선 · 김도훈* · 김옥걸 · 이상욱 · 박찬호

부산 부민병원 정형외과, *부산 대동병원 정형외과

Characteristics of Blood Mixed Cement in Percutaneous Vertebroplasty

Jin-Hyeok Seo, M.D.*, Young-Ha Woo, M.D.[✉], Ju-Seon Jeong, M.D., Do-Hun Kim, M.D.*, Ok-Gul Kim, M.D., Sang-Wook Lee, M.D., and Chan-Ho Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Busan Bumin Hospital, *Department of Orthopedic Surgery, Busan Daedong Hospital, Busan, Korea

Purpose: This study evaluated the efficacy of blood mixed cement for osteoporotic vertebral compression fractures in reducing the complications of percutaneous vertebroplasty using conventional cement.

Materials and Methods: This study was performed retrospectively in 80 patients, from January 2016 to January 2017. Porous cement was formed by mixing 2, 4, and 6 ml of blood with 20 g of cement used previously. A tube with a diameter and length of 2.8 mm and 215 mm, respectively, was used and the polymerization temperature, setting time, and optimal passing-time were measured and compared with those using only conventional cement. Radiologically, the results were evaluated and compared.

Results: The polymerization temperature was 70.3°C, 55.3°C, 52.7°C, and 45.5°C in the conventional cement (R), 2 ml (B2), 4 ml (B4), and 6 ml (B6), respectively, and the corresponding setting time decreased from 960 seconds (R) to 558 seconds (B2), 533 seconds (B4), and 500 seconds (B6). The optimal passing-time was 45 seconds (B2), 60 seconds (B4), and 78 seconds (B6) at 73 seconds (R), respectively and as the amount of blood increased, it was similar to the cement passing-time. The radiological results showed that the height restoration rates and the vertebral subsidence rates similar among the groups. Two cases of adjacent vertebral compression fractures in the R group and one in the B2 and B4 groups were encountered, and the leakage rate of the cement was approximately two times higher than that in the conventional cement group.

Conclusion: In conventional percutaneous vertebroplasty, the procedure of using autologous blood with cement decreased the polymerization temperature, reduced the setting time, and the incidence of cement leakage was low. These properties may contribute to more favorable mechanical properties that can reduce the complications compared to conventional cements alone.

Key words: blood mixed cement, vertebral compression fracture, percutaneous vertebroplasty

서론

골다공증성 척추 압박골절은 주요한 골다공증성 골절 중 하나이

며 직접적 또는 간접적인 사망률을 증가시키고 노년기에 또 다른 의학적 질환을 유발하며 삶의 질을 악화시킨다.^{1,2)} 척추 성형술은 골다공증성 척추 압박골절의 치료로 흔히 사용되고 있지만 시멘트 누출, 인접 척추 압박골절, 신경학적 손상을 동반하는 척추관 손상 및 협착을 유발시키는 합병증을 가지고 있다.³⁻⁶⁾ 또한 치명적인 심장천공을 동반한 심폐색전증이나 폐정맥폐색과 같은 합병증도 보고되었다.⁷⁻⁹⁾ 이러한 척추 성형술의 합병증을 줄이기 위하여 낮은 중화온도, 높은 점성과 낮은 강도를 지닌 시멘트의 주입에 관한 연구들이 보고되고 있다.¹⁰⁻¹²⁾

이 논문에서는 기존의 경피적 척추 성형술에 시멘트를 주입하

Received November 18, 2017 Revised January 24, 2018

Accepted May 14, 2018

[✉]Correspondence to: Young-Ha Woo, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Busan Bumin Hospital, 59 Mandeok-daero, Buk-gu, Busan 46555, Korea

TEL: +82-51-330-3082 FAX: +82-51-330-3075 E-mail: woo0ha@naver.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3102-7260>

여 생기는 단점을 보완하기 위하여 시멘트에 혈액을 혼합함으로써 기존의 시멘트만 주입하여 생기는 합병증을 줄이는 데 적당한지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

연구 대상자는 2016년 1월부터 2017년 1월까지 80명의 골다공증성 압박골절을 가진 환자를 대상으로 하였다. 각 군은 20명의 환자로 구성되어 있으며 나이, 성별, 골밀도를 비교하였다. 골밀도는 L1부터 L4까지의 T-score의 평균으로 하였다. 병리적, 고 에너지 외상성 척추 골절, 쿠벨 병은 제외시켰다(Table 1). 이 연구는 부산 대동병원 임상시험위원회의 승인을 받아 진행되었다(2019-06).

중합체 20 g과 단량체 9.2 g이 한 팩에 들어간 골시멘트를 사용하였다. 표본은 24시간 동안 방 온도 18°C, 습도 21%를 유지한 곳

에서 제작되었으며 기존의 시멘트 군인 R 군과 각각 2 ml, 4 ml, 6 ml를 시멘트와 섞은 혈액 혼합 군 B2, B4, B6으로 나누었다. 혈액은 시멘트와 혼합 직전에 정맥혈에서 채취되었으며 혈액 채취 후 응고를 예방하기 위해 1분 내에 혼합을 완료하였고 이후 경피적 척추 성형술을 시행하였다(Fig. 1). 혼합된 시멘트는 통과시간 측정을 위해 지름 2.8 mm, 길이 215 mm의 튜브에 채웠고 용기에 담아 중합온도와 응결시간을 측정하였다. 중합온도는 단량체와 중합체를 섞은 후에 적외선 온도기를 사용하여 최대치를 측정하였다. 응결시간은 혼합한 시점으로부터 중합온도에 도달하는 시점까지의 시간 간격으로 하였다. 이상적인 통과시간은 지름 2.8 mm, 길이 215 mm의 튜브에 20-50 N의 압력을 가해 시멘트 투여 시작부터 시멘트가 튜브를 다 빠져 나가는 마지막 시간 간격으로 하였다. X-ray 및 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)의 방사선적 평가를 이용하여 술 후 추체 높이 재건율, 재함몰률, 인접 추체 골절을 각 군별로 각각 13, 15, 13, 11명을 6개월간 추적

Table 1. Comparison of Blood Mixed Cement with Conventional Cement according to Blood Volume

| Variable | R | B2 | B4 | B6 | p-value |
|---|----------|----------|----------|----------|---------|
| Sex (male/female) | 6/14 | 3/17 | 5/15 | 4/16 | |
| Age (yr) | 70.6±6.5 | 69.6±7.2 | 73.2±6.8 | 70.4±7.9 | 0.102 |
| Bone density (T-score) | -3.1±0.8 | -3.0±1.1 | -3.2±0.8 | -3.1±1.0 | 0.323 |
| Polymerization temperature (°C) | 70.3±2.1 | 55.3±1.6 | 52.7±2.1 | 45.5±0.9 | 0.045 |
| Corresponding setting time (s) | 960±12 | 558±10 | 533±8 | 500±5 | 0.038 |
| Optimal passing-time (s) | 73±3.1 | 45±2.5 | 60±3.3 | 78±1.2 | 0.012 |
| Height restoration rate (%) | 5.0±6.3 | 5.2±5.6 | 6.0±7.2 | 5.8±5.1 | 0.721 |
| Vertebral subsidence rate (%) | 6.0±8.3 | 5.2±7.8 | 5.5±6.6 | 4.8±7.0 | 0.633 |
| Adjacent vertebral compression fracture (cases) | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.783 |

Values are presented as number only or mean±standard deviation. R, conventional cement only; B2, 2 ml blood mixed cement; B4, 4 ml blood mixed cement; B6, 6 ml blood mixed cement.



Figure 1. Percutaneous vertebroplasty. (A) Needle injection into vertebral body. (B) After cement injection into the vertebra.

관찰하였다. 각 평가 항목은 CT의 sagittal view에서 측정하였으며 추체 높이 재건율은 술 전 추체 평균 높이를 술 후 회복된 높이 정도로 나누어서 측정하였고 재함몰률은 술 전 추체 평균 높이를 술 후 함몰된 높이 정도로 나누어서 측정하였다. 군별로 각 데이터는 SPSS ver. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 분석하였고 중합온도, 응고시간, 이상적인 통과시간은 one-way ANOVA test를 통해 비교하였다. 군 간의 차이점을 확인하기 위해 post hoc multiple comparison test를 사용하였다.

결 과

각 항목에 대한 결과는 Table 1에 나와 있다. 중합온도는 R, B2, B4, B6 군에서 각각 $70.3^{\circ}\text{C} \pm 2.1^{\circ}\text{C}$, $55.3^{\circ}\text{C} \pm 1.6^{\circ}\text{C}$, $52.7^{\circ}\text{C} \pm 2.1^{\circ}\text{C}$, $45.5^{\circ}\text{C} \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 를 보였고 혈액 혼합 군이 그렇지 않은 군과 비교하였을 때 낮은 중합온도를 나타내었다. 응결시간은 각 군에서 각각 960 ± 12 초, 558 ± 10 초, 533 ± 8 초, 500 ± 5 초를 보였으며, 혈액량이 증가함에 따라 감소하는 양상을 보였다. 통과시간은 각 군에서 각각 73 ± 3.1 초, 45 ± 2.5 초, 60 ± 3.3 초, 78 ± 1.2 초를 보였으며 혈액을 포함하였을 경우 통과시간이 줄어 들었지만 혈액량이 증가할수록 기존의 시멘트와 비슷한 수치를 나타내었다. 각 군 간의 합병증에서 인접 추체 골절은 기존 시멘트 군에서 2명, 2 ml, 4 ml 혈액 혼합 시멘트에서 각각 1명씩 발생하였으며, 시멘트 누출은 혈액 혼합 시멘트를 이용한 군에서 8.3%로 기존 시멘트만 사용한 군의 17.6%에 비해 발생률이 낮았다. 방사선적으로 추적 관찰한 결과 추체 재건율은 각 군에서 각각 5%, 5.2%, 6%, 5.8%로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며($p=0.521$), 추체 재함몰률 또한 각각 6%, 5.2%, 5.5%, 4.8%로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.433$). 인접 추체 골절은 R 군에서 2건, B2, B4 군에서 1건씩 나타났다.

고 찰

골다공증성 척추 압박골절에 있어 시멘트를 이용한 척추 성형술은 척추체의 안정성을 증가시키고 통증을 상당히 감소시켰다. 그러나 시술 횟수가 증가할수록 합병증 발생도 늘었다. 외적인 요인에 의해 발생하는 합병증 중 하나는 척추 성형술을 받은 척추로부터 압박을 받게 되는 인접 척추에서의 압박골절이다. 시멘트의 강도는 골다공증 척추에 비해 8-40배 정도 높아 척추체 안에 있는 시멘트가 더 많은 압박을 주변 해면골 조직에 주어 연속적인 재골절을 야기할 수 있다.^{5,13)} 효요추부 척추의 강도를 회복하기 위해서 주입해야 하는 시멘트의 양은 적어도 16%-29%이며 30 mm³의 T12/L1에서 시멘트 4-5 ml, 40 mm³의 L1/L2에서 5-6 ml가 권장된다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 문제는 증상적인 누출 없이 충분한 양의 시멘트를 척추에 주입하는 방법이다. 연약한 시멘트는 골절 부위로 들

어가는 경향이 있거나 추간압에 의해 척추 혈관으로 밀려날 수 있다.¹⁷⁾ 점성이 큰 시멘트는 조기 또는 다량의 시멘트 누출을 막을 수는 있지만 더 높은 점성의 시멘트를 주입하기 위해서는 최대 손 압력의 16.7배 이상의 높은 압력이 필요하기 때문에 실제 손 압력으로는 주입할 수 없다.¹⁸⁾ 하지만 표면 마찰을 가진 원통형 튜브를 통과하는 점성 유체에 대한 Hagen-Poiseuille 법에 따르면 1.4 mm 출구의 주사기가 아닌 2.8 mm 직경 튜브가 사용되는 경우 점성이 16배 더 높은 시멘트가 동일 압력으로 주입될 수 있다. 혈액 혼합 시멘트에서 감소된 응결시간은 척추가 빠르게 상승되고 시멘트가 초기에 굳어지는 것을 의미한다. 만약에 점성도가 일정 수준을 넘어서게 되고 이상적인 통과점을 지나게 되면 충분한 양의 시멘트가 척추체 내로 유입되지 못하게 되고 갇히게 될 수 있다. 하지만 시멘트 표면에 형성된 혈장장벽 때문에 시멘트와 튜브 사이에 윤활제 역할을 하여 튜브 표면의 마찰을 줄이면서 고점도의 시멘트가 쉽게 통과할 수 있게 한다.¹²⁾ B6 군에서 이상적인 통과시간은 R 군과 유사했으나 응결시간의 경우 R 군에 비해 48%나 감소했다. B6 군의 점성이 R 군에 비해 더 높기 때문에 임상적으로 시멘트의 척추체 혈관 외 유출이나 시멘트에 의한 색전의 위험도를 유의하게 줄일 수 있다. 중합 시멘트의 중심부 온도는 49°C - 112°C 이고 50°C 로 8분간 지속되며 이는 연부 조직의 손상을 일으키기에 충분하다.^{19,20)} 만약 유의한 반응열과 함께 시멘트가 척추관으로 방출된다면 방출된 열의 대부분은 연속적으로 흐르는 뇌척수액에 의해 차단될 것이다. 하지만 뇌척수액이 지나가지 않는 신경공과 신경절 경계로 새어 나간다면 신경 조직에 열손상을 입힐 수 있다.^{4,20)} 그러므로 시멘트를 중합하면서 생기는 반응열은 최소화되어야 한다. 이번 연구에서 나온 결과에 따르면 시멘트에 혈액을 혼합할 경우에 생기는 45.5°C - 55.3°C 의 열 반응이 열손상을 입히지 않는다고 할 수는 없으나 시멘트 단독사용으로 생기는 70.3°C 보다는 유의하게 낮고 주변으로의 열전도가 잘 발생해 온도가 쉽게 내려가게 되어 주변 조직 손상을 줄일 수 있게 된다.

결 론

혈액은 골다공증성 척추체에서 계수를 낮추고 중합온도를 낮추기 위해 척추 성형술에서 생체에 적합한 충전제로 사용된다. 혈액 혼합 시멘트는 척추 성형술에서 계수를 낮추고 인접 척추체에 압박 정도를 줄이는 것과 같은 임상적인 장점이 있다. 또한 혈장막의 윤활 효과는 같은 온도에서 높은 점성을 가진 시멘트를 사용할 수 있게 하여 시멘트 누출이나 색전의 위험성을 감소시키며 중합온도를 낮춰 신경조직에서 온열 손상의 가능성을 감소시켜 골다공증성 척추에 기존의 경피적 척추성형술을 시행하였을 시 발생할 수 있는 합병증을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 특히 혈액 6 ml를 사용한 B6 군은 기존의 시멘트 군이나 다른 용량의 혈

액을 포함한 군과 비교하였을 때 높은 공극률을 보이고 낮은 중합온도를 보이며 시멘트와 튜브 사이에 마찰을 줄여 통과 시간을 지연시켜 장벽 역할을 하는 등의 특징을 보였다. 이러한 특징들은 기존의 시멘트와 비교하였을 때 척추 성형술에서 좀 더 적합한 기계적인 특성을 가진 것으로 나타났으며 기존의 시멘트만 사용하여 척추 성형술을 시행한 것과 비교하였을 때 합병증 발생이 더 적을 것으로 생각한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Kado DM, Lui LY, Ensrud KE, Fink HA, Karlamangla AS, Cummings SR; Study of Osteoporotic Fractures. Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women. *Ann Intern Med*. 2009;150:681-7.
2. Bliuc D, Nguyen ND, Milch VE, Nguyen TV, Eisman JA, Center JR. Mortality risk associated with low-trauma osteoporotic fracture and subsequent fracture in men and women. *JAMA*. 2009;301:513-21.
3. Rohlmann A, Zander T, Jony, Weber U, Bergmann G. Effect of vertebral body stiffness before and after vertebroplasty on intradiscal pressure. *Biomed Tech (Berl)*. 2005;50:148-52.
4. Teng MM, Cheng H, Ho DM, Chang CY. Intraspinous leakage of bone cement after vertebroplasty: a report of 3 cases. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2006;27:224-9.
5. Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty. *Spine J*. 2007;7:575-82.
6. Rohlmann A, Zander T, Bergmann G. Spinal loads after osteoporotic vertebral fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur Spine J*. 2006;15:1255-64.
7. Chen JK, Lee HM, Shih JT, Hung ST. Combined extraforaminal and intradiscal cement leakage following percutaneous vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:E358-62.
8. Lim SH, Kim H, Kim HK, Baek MJ. Multiple cardiac perforations and pulmonary embolism caused by cement leakage after percutaneous vertebroplasty. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;33:510-2.
9. Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25:175-80.
10. Belkoff SM, Sanders JC, Jasper LE. The effect of the monomer-to-powder ratio on the material properties of acrylic bone cement. *J Biomed Mater Res*. 2002;63:396-9.
11. Boger A, Böhner M, Heini P, Verrier S, Schneider E. Properties of an injectable low modulus PMMA bone cement for osteoporotic bone. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008;86:474-82.
12. Loeffel M, Ferguson SJ, Nolte LP, Kowal JH. Vertebroplasty: experimental characterization of polymethylmethacrylate bone cement spreading as a function of viscosity, bone porosity, and flow rate. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:1352-9.
13. Lin WC, Lee YC, Lee CH, et al. Refractures in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective analysis. *Eur Spine J*. 2008;17:592-9.
14. Tomita S, Molloy S, Jasper LE, Abe M, Belkoff SM. Biomechanical comparison of kyphoplasty with different bone cements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29:1203-7.
15. Molloy S, Mathis JM, Belkoff SM. The effect of vertebral body percentage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:1549-54.
16. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, Deramond H. An ex vivo biomechanical evaluation of a hydroxyapatite cement for use with vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:1542-6.
17. Gravius S, Kraska N, Maus U, Mumme T, Berdel P, Weisskopf M. Intravertebral pressure during vertebroplasty - an in-vitro study. *Z Orthop Unfall*. 2009;147:43-7.
18. Baroud G, Crookshank M, Böhner M. High-viscosity cement significantly enhances uniformity of cement filling in vertebroplasty: an experimental model and study on cement leakage. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:2562-8.
19. Ahn DK, Choi DJ, Lee S, Kim KS, Kim TW, Chun TH. Spinal cord injury caused by bone cement after percutaneous vertebroplasty: one case of long-term follow-up and the result of delayed removal. *J Korean Orthop Assoc*. 2009;44:386-90.
20. Belkoff SM, Molloy S. Temperature measurement during polymerization of polymethylmethacrylate cement used for vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:1555-9.

경피적 척추 성형술에서 혈액 혼합 시멘트의 특성

서진혁* · 우영하[✉] · 정주선 · 김도훈* · 김옥걸 · 이상욱 · 박찬호

부산 부민병원 정형외과, *부산 대동병원 정형외과

목적: 골다공증성 척추 압박골절을 가진 환자에서 혈액을 혼합한 시멘트를 사용함으로써 기존 시멘트를 이용하여 경피적 척추 성형술을 시행했을 경우 나타나는 합병증을 줄이는 데 적합하지 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 2016년 1월부터 2017년 1월까지 80명을 대상으로 후향적으로 진행되었다. 각 군에서 기존에 사용하던 시멘트 20 g에 혈액을 각각 2, 4, 6 ml를 섞어서 다공성 시멘트를 생성하였다. 지름 2.8 mm, 길이 215 mm의 튜브를 이용하였고 중합온도, 응결 시간, 적절한 통과시간을 측정하여 기존의 시멘트만 사용하던 것과 비교하였다. 방사선적으로 컴퓨터 단층촬영 및 X-ray를 통하여 결과를 평가하여 비교하였다.

결과: 중합온도는 기존의 시멘트(R), 2 ml (B2), 4 ml (B4), 6 ml (B6) 군에서 각각 70.3°C, 55.3°C, 52.7°C, 45.5°C였으며, 응결시간은 960초(R)에서 558초(B2), 533초(B4), 500초(B6)로 감소하는 양상을 보였다. 통과시간은 각각 73초(R)에서 45초(B2), 60초(B4), 78초(B6)를 보였으며, 혈액의 양이 증가할수록 기존의 시멘트 통과시간과 유사하였다. 방사선적 결과 분석에서 추체 재건율과 추체 재합물률은 4군 간에 유의한 차이가 없었다. 인접 추체 골절은 R군에서 2건, B2, B4 군에서 1건씩 나타났으며, 시멘트 누출률은 기존 시멘트 군에서 약 2배 높게 측정되었다.

결론: 기존의 경피적 척추 성형술 시 본인 자가 혈액을 시멘트와 혼합하여 사용하는 술식은 중합온도의 감소, 응결시간의 단축을 보이며 시멘트 누출 발생률이 적었다. 이러한 물성은 기존의 시멘트만 사용하는 경우보다 합병증을 줄일 수 있는 더 적합한 기계적 특성에 도움일 될 것으로 판단된다.

색인단어: 혈액 혼합 시멘트, 척추 압박골절, 경피적 척추 성형술

접수일 2017년 11월 18일 수정일 2018년 1월 24일 게재확정일 2018년 5월 14일

[✉]책임저자 우영하

46555, 부산시 북구 만덕대로 59, 부산 부민병원 정형외과

TEL 051-330-3082, FAX 051-330-3075, E-mail woo0ha@naver.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3102-7260>