후외척추 고정술에서 수술전 시행한 동량성 혈액희석: 안전성 및 효율성

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 마취과학교실

임정길 · 심지연 · 박상운 · 이동명 · 양홍석

- Abstract -

Intraoperative Normovolemic Hemodilution in Patients Undergoing Posterolateral Spinal Fusion: Safety and Efficacy

Jeong Gill Leem, M.D., Ji Yeon Sim, M.D., Sang Un Park, M.D.
Dong Myung Lee, M.D. and Hong Seok Yang, M.D.

Department of Anesthesiology, Asan Medical Center
College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea

Background: The implementation of intraoperative normovolemic hemodilution is a strategy used in an attempt to diminish the need for or obviate allogeneic transfusion and to avert the potential complications. The goal of this study was to evaluate the safety and efficacy of moderate intraoperative normovolemic hemodilution.

Methods: Fifteen patients scheduled for posterolateral spinal fusion underwent intraoperative normovolemic hemodilution with 10% pentastarch to a target hematocrit level of 25% (hemodilution group). All units of blood procured by hemodilution and additional allogeneic blood was transfused in the perioperative period to maintain the hematocrit level of $>25\%$. We investigated the effect of hemodilution on whole blood coagulation as measured by the thromboelastography and, evaluated its efficacy of decreasing the need for allogeneic blood transfusion as compared to the nonhemodilution group, retrospectively.

Results: Hemodilution with pentastarch caused a decrease in response and coagulation time ($p < 0.01$) but did not influence on the alpha angle and maximum amplitude on thromboelastogram. Amount of transfusion of allogeneic blood was 4.1 ± 1.7 units for the hemodilution group and 5.0 ± 1.5 units for the nonhemodilution group. Net red blood cell volume "saved" from hemodilution was about 120 ml.

Conclusion: Moderate intraoperative normovolemic hemodilution with pentastarch does not affect the coagulability of whole blood. But its efficacy of decreasing the need for allogeneic blood transfusion is minimal. (Korean J Anesthesiol 1997; 33: 1091~1097)

Key Words: Transfusion, autotransfusion: normovolemic hemodilution. Fluids: pentastarch. Monitoring, coagulation: thromboelastogram. Blood: RBC saving.

서 론

동량성 혈액회석은, 수술전 교질액이나 정질액을 투여하면서 혈액소(hemoglobin, Hb)치가 높은 혈액을 채혈하여, 수술중 적혈구가 희석된 상태에서 출혈을 유도하고 필요에 따라 채혈한 혈액을 재수혈함으로써 실험량을 최소화하는 자가수혈 방법 중의 하나이다¹⁾.

이 방법은 적혈구손실을 줄일 뿐만 아니라, 자가헌혈에 비하여 환자에게 편리하며 수기에 어려움이 적고 저장혈보다 혈소판이나 응고인자 등이 풍부한 신선 혈액을 공급할 수 있기 때문에 정형외과 영역^{2,3)}이나 개심술⁴⁾, 비뇨기과수술^{5,6)} 등에서 자주 이용되고 있다. 혈액회석을 하지 않았을 때에 비하여 적혈구가 희석된 상태로 출혈함으로써 적혈구의 손실이 상대적으로 감소하게 되어 산소운반능의 개선을 위한 동종혈액의 요구량을 감소시킨다고는 하지만, 적혈구용적률(hematocrit, Hct)을 30% 전후로 낮추는 정도의 혈액회석으로는 그 효율성을 기대하기 어렵다⁷⁾. Hct이 20%, Hb이 7 gm/dl로 될 때까지 혈액을 희석하여도 임상적으로 문제가 될 정도의 응고장애는 없고⁸⁾, 혈관내 용적을 정상으로 유지할 경우 심박출량의 증가와 혈액점도의 감소 등 대상기전에 의해 조직으로의 산소공급률은 Hb이 13 gm/dl일 때와 비슷하다고⁹⁾ 하므로, 2,000 ml 이상의 출혈이 예상되는 수술에서 동종혈액의 요구량을 감소시키기 위해서는 Hct을 25% 이하로 유지하는 중등도 이상의 혈액회석을 할 필요가 있다.

본 연구에서 저자들은 Hct을 25% 전후가 될 때까지 동량성 혈액회석을 시행하여 혈전탄성묘사도(thromboelastogram)로 혈액회석으로 인한 응고체계의 변화를 알아보고, 수술중과 후의 수혈량을 비교함으로써 동종혈액의 요구량을 감소시키는 효율성을 평가해 보고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구를 시작하기 이전에 척추전방 전위증이나 척추분리증으로 특정 외과외로부터 후척추고정술을 받았던 18명의 의무기록을 조사하여 대조군으로 하였고, 혈액회석군은 대조군과 외과외와 수술종류가

같은 65세 이하의 미국마취과학회 신체상태 1급이나 2급인 환자로서 심폐혈관계 질환, 당뇨병, 혈액응고장애 등의 전신질환이나 신질환이 없고 Hct이 35% 이상인 환자를 대상으로 하였다.

수술전 환자를 방문하여 수술에 따른 수혈의 필요성과 그 부작용, 동량성 혈액회석의 개요와 장, 단점을 설명하고 서면동의를 구하였다. 수술 90분전 경구로 0.15 mg/kg의 diazepam으로 마취전처치를 한 후 환자가 수술실에 도착하면 심전도, 맥박산소계측기 및 비침습적 혈압계를 부착하여 혈압, 맥박, 심전도를 감시하면서 thiopental sodium과 succinylcholine을 정맥내로 투여하여 기관내삽관을 하고 0.1 mg/kg의 pancuronium을 투여한 후 enflurane과 50%의 N₂O와 O₂로 마취유지를 하고 필요에 따라 pancuronium을 추가로 정주하였다. 식도체온계와 뇨량 감시를 위한 도뇨관과 지속적인 동맥압측정을 위하여 좌요골동맥에 도관을 삽입하고, 중심정맥압 측정과 수액투여를 위하여 우내경정맥을 통하여 중심정맥로를 확보한 후 수술체위(kneeling position)를 취하게 하였다.

혈전탄성묘사도(Haemoscope Corporation, USA), 혈청유산, Hb 및 Hct을 측정하고 평균동맥압, 맥박, 체온, 중심정맥압을 기록한 다음 채혈을 시작하였다. 1,000 ml 채혈까지는 채혈량과 동량의 10% pentastarch(Pentastan[®])로, 그 이상의 채혈량에 대해서는 하트만씨 용액을 채혈량의 2배로 투여하여 순환혈액량을 유지하고 채혈이 끝나면 0.15 mg/kg의 furosemide를 정주하였다. Gross¹⁰⁾의 계산식을 근거로 최종 Hct이 25%가 되는 채혈량을 추정하여 5~7분에 1 unit의 속도로 채혈하였고, 2 unit 채혈후 매 unit를 채혈할 때마다 Hb과 Hct을 측정하여 평균을 내었고 채혈후 혈전탄성묘사도와 혈청유산치를 추가로 측정하여 혈액회석 전의 수치와 비교하였다

$$\text{허용총혈량} = \text{추측총혈량} \times \frac{(\text{최초 Hct} - \text{최종 Hct})}{\text{평균 Hct}}$$

추측총혈량: 남자 70 ml/kg, 여자 65 ml/kg

채혈한 혈액은 실온에 보관하였다가 수술이 진행되어 골성 출혈이 생기기 시작하면 채혈한 자가혈액부터 수혈하였고 수술중 실험량이 많거나 수술후 출혈이 계속되면 주치의의 판단에 따라 자유로이

동종혈액을 수혈하게 하였다. 수술중에는 간헐적으로 Hb과 Hct를 측정하여 Hb을 7 gm/dL이상으로 유지하였고 수술후 중환자실로 이송하여 합병증 여부를 관찰하고 1주일 후 Hct를 측정하여 수술로 인한 적혈구 손실량⁵⁾을 계산하였다.

적혈구 손실량(ml)

= (입원시 Hct - 수술 1주일 후 Hct) × 총혈량
+ 수혈량(unit) × 저장혈의 적혈구 용적

저장혈의 적혈구 용적(ml) =

저장혈의 평균 Hct(38%)¹¹⁾ × 400 ml

혈액회석군과 대조군의 수술중, 수술후 수혈량과 총수혈량 및 적혈구 손실량의 비교에는 Student's t-test를, 혈액회석군에 있어서 혈액회석 전후의 반응 시간(reaction time: R), 혈액응고시간(coagulation time: R+K), 혈병형성속도(clot formation rate: α) 및 최대 진폭(maximum amplitude: MA) 등의 혈전탄성묘사도 지표와 혈청유산치 비교에는 paired t-test를 각각 적용하여 $p < 0.05$ 를 통계학적으로 의미있는 것으로 하였다.

결 과

대조군과 혈액회석군의 연령, 성비, 체중 및 신장은 유의한 차이가 없었다(Table 1). 마취유도에서 수술시작까지의 경과시간은 대조군과 혈액회석군이 각각 36.1 ± 8.3 , 45.3 ± 10.3 분으로 혈액회석군의 수술 준비시간이 길었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 혈액회석군의 입원시 평균 Hct는 $39.0 \pm 3.4\%$ 이었으며, 채혈량은 남자 4.4 ± 0.8 unit, 여자 $2.7 \pm$

Table 1. Demographic Characteristics

	Control (n=18)	Hemodilution (n=15)
Age(yr)	49.9 ± 7.1	51.7 ± 12.0
Sex(F/M)	12/6	9/6
Weight(kg)	60.0 ± 9.1	62.3 ± 6.3
Height(cm)	156.2 ± 8.0	160.1 ± 8.7

Values are mean $\pm$ S.D.

0.7 unit로 평균 3.6 ± 0.8 unit이었으며, 혈액을 회석한 후 Hct는 남자가 $26.6 \pm 2.5\%$, 여자가 $22.8 \pm 2.2\%$ 로 감소하였다(Table 2). 수술중 평균 Hct는 혈액회석군이 $24.9 \pm 3.5\%$ 로 대조군의 $30.3 \pm 2.3\%$ 보다 유의하게 낮게 유지되었으며($p < 0.001$), 수술 1일 후에는 혈액회석군과 대조군이 각각 28.3 ± 3.0 , $32.4 \pm 2.5\%$ 로서 혈액회석군이 대조군보다 낮았으나 통계적 유의성은 없었고 양 군 모두 중환자실에서의 수혈로 인하여 수술중의 Hct보다 높아지는 경향을 보였다. 수술후 7일째의 Hct는 대조군 $33.0 \pm 2.0\%$, 혈액 회석군 $33.9 \pm 1.3\%$ 로 양 군에서 차이가 없었다.

혈액 회석군과 대조군의 동종혈액 수혈량은 수술

Table 2. Hematocrit Changes and Amount of Autologous Blood Obtained by Hemodilution

	Male (n=6)	Female (n=9)	Total (n=15)
Hematocrit(%)			
Admission	41.6 ± 3.4	37.3 ± 2.3	39.0 ± 3.4
Immediate posthemodilution	26.6 ± 2.5	22.8 ± 2.2	24.3 ± 2.9
Units collected*	4.4 ± 0.8	2.7 ± 0.7	3.6 ± 0.8

Values are mean $\pm$ S.D. *: All units procured by hemodilution were transfused.

Table 3. Perioperative Hematocrit Values and Transfusion Outcomes

	Control (n=18)	Hemodilution (n=15)
Hematocrit(%)		
Admission	38.2 ± 2.0	39.0 ± 3.4
Intraoperative(mean)	30.3 ± 2.3	$24.9 \pm 3.5^*$
Postoperative day 1	32.4 ± 2.5	28.3 ± 3.0
Postoperative day 7	33.0 ± 2.0	33.9 ± 1.3
Allogeneic transfusion(units)		
Intraoperative	3.6 ± 1.0	$1.7 \pm 1.3^*$
Postoperative	1.4 ± 1.2	$2.4 \pm 0.9^*$
Total	5.0 ± 1.5	4.1 ± 1.7
Estimated RBC loss(ml)	934.3 ± 215.9	814.8 ± 206.4

Values are mean $\pm$ S.D. *: Significantly different from control group($p < 0.05$).

Table 4. Effects of Hemodilution with Pentastarch on the Thromboelastographic Parameters

	Prehemodilution	Posthemodilution
R(min)	11.0±2.4	8.5±4.1*
R+K(min)	16.1±3.0	12.3±5.1*
α (°)	42.8±7.8	43.8±8.3
MA(mm)	51.8±6.3	51.6±7.4

Values are mean±S.D. of 10 patients. R; Reaction time, R+K; Coagulation time. α ; Alpha angle, MA; Maximum amplitude. *: $p < 0.05$, significantly different from prehemodilution values.

중에는 각각 1.7 ± 1.3 , 3.6 ± 1.0 unit로 혈액희석군이 유의하게 적었으나($p < 0.05$), 수술후에는 2.4 ± 0.9 , 1.4 ± 1.2 unit로 혈액희석군의 수혈량이 대조군보다 유의하게 많았다($p < 0.05$). 총수혈량은 혈액희석군이 4.1 ± 1.7 unit로 대조군의 5.0 ± 1.5 unit보다 적었으나 통계적 유의성은 없었다(Table 3).

수술로 인한 적혈구 손실량은 혈액희석군과 대조군이 각각 814.8 ± 206.4 , 934.3 ± 215.9 ml로 혈액희석군의 적혈구 손실이 약 120 ml 정도 적은 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다(Table 3).

혈액희석 전후의 혈전탄성묘사도 지표들은 반응시간(R), 혈액응고시간(R+K) 이 희석전 각각 11.0 ± 2.4 , 16.1 ± 3.0 분, 희석 후 8.5 ± 4.1 , 12.3 ± 5.1 분으로 유의하게 감소하였고($p < 0.01$), 최대진폭(MA)은 희석전 51.8 ± 6.7 mm에서 51.6 ± 7.4 mm으로 거의 차이가 없었으며 혈병형성속도(α)는 희석전 $42.8 \pm 7.8^\circ$ 에서 희석후 $43.8 \pm 8.3^\circ$ 로 약간 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다(Table 4). 그러나 1예에서 혈액희석 후 반응시간, 혈액응고시간, 혈병형성속도는 정상이었으나 최대진폭이 정상하한치인 48 mm보다 낮은 38.5 mm이었고, 3예에서는 혈병형성속도, 최대진폭은 정상이었으나 반응시간과 혈액응고시간이 정상하한치인 13.5 분보다 낮았다.

혈청유산치는 혈액희석전 2.3 ± 0.7 mM/L에서 희석후 2.9 ± 1.2 mM/L로 유의하게 증가하였다.

고 찰

동종혈액의 수혈시 감염, HIV(human immunodeficiency virus) 등과 같은 혈액전파성 질환의 감염, 용혈, 발열이나 면역억제 등의 면역성 부작용이 발생할 수 있기에 수술전 자가혈액의 헌혈(preoperative blood autologous donation), 수술중 출혈된 혈액의 재수혈, 동량성 혈액희석 등과 같은 자가수혈법이 시행되고 있다. 그 중에서 동량성 혈액희석은 일정량의 혈액을 채혈함과 동시에 교질액이나 정질액을 투여하여 혈액을 희석함으로써 적혈구의 소실을 줄이고 혈액응고인자를 보존하여 출혈을 감소시킬 목적으로 사용되고 있다¹²⁾.

혈액희석시 채혈량은 환자상태나 예상되는 출혈량에 따라 좌우되며 허용실혈량¹⁰⁾을 넘지 않는 것이 보통이다. 그동안 허용실혈량 및 혈액희석에서 최종 Hct의 근거가 되는 안전한 최저 Hct은 1890년 Miculicz 등¹³⁾이 제안한 30%를 그대로 적용하여 왔다. 그러나 Robertie등¹⁴⁾은 Hb이 8 gm/dl 이하라도 대량작용이 충분한 만성빈혈 환자, 미국마취과학회 신체상태가 1급인 환자로서 의도적으로 혈액희석을 한 경우 또는 수술후 감염이나 호흡기 합병증 및 보행장애에 피로를 느끼지 않거나, 저체온에서 체외순환시는 Hct 18%가 수혈을 필요로 하는 역치라고 하였다. 또한 다음과 같은 미국마취과학회 신체상태 2 또는 3급인 환자들은 24%까지를 그 역치라고 보았는데, 좌심실 비대, 관상동맥 부전, 조절이 힘든 빈맥, 및 지속적 열 등이 없는 대부분의 심장수술 환자, 대상이 잘 되는 비만, 주요 장기의 합병증이 초래되지 않은 당뇨, 좌심실 비대가 없는 만성고혈압 등의 환자들이 여기에 해당한다. 본 연구의 혈액희석군은 미국마취과학회 신체상태 1 급 혹은 2 급인 환자를 대상으로 하였으므로 혈액희석 후 최종 Hct는 25%를 목표로 하였다. Gross¹⁰⁾의 계산식에 근거하여 Hct이 39%인 혈액을 Hct이 25%가 되게 희석하기 위해서는 총혈량의 44%를 채혈하여야 하나 실제로는 총혈량의 34%인 3.6 ± 0.8 unit를 채혈한 후 Hct이 $24.3 \pm 2.9\%$ 로 감소하였다. 이는 추측총혈량 계산에서 실제체중이 이상체중의 20%를 초과할 때는 남, 여 각각 65, 60 ml/kg로 총혈량을 계산하여야 하나 이를 고려하지 않았고, 입원시의 전혈구 검사는 12시간 이상의 금식으로 혈액이 농축된 상태에서 측정된 수치이기 때문에 총혈량이 실제보다 크게 환산될 수 있다는 점 및 채혈량과 동량으로 투여한 pentastarch는 혈장량 증가효과가 주입량의 100~150%이므로

로 혈액회석 효과가 pentastarch의 투여량보다 증폭되었기 때문일 것으로 사료되며 고흡 등²⁾의 연구결과와 비슷하였다.

혈액회석에서 회석제로 교질액이나 정질액을 모두 사용할 수 있으나, 정질액만 사용하는 경우 체혈량의 3배 이상이 필요하여 수술중의 말초부종이나 수술후의 폐부종이 드물게 초래될 수 있기 때문에¹⁵⁾, 교질용액과의 혼용이 추천되기도 한다⁶⁾. 교질용액 회석제로 사용한 pentastarch는 평균분자량이 작은 hydroxyethyl starch의 일종으로 hetastarch에 비해 혈액회석의 정도가 높음에도 불구하고, 응고인자 VIII에 미치는 영향이나 트롬빈 시간의 단축이 적고, 우로키나제 활성화 혈병용해시간(urokinase-activated clot lysis time)과 출혈시간을 지연시키지 않는 등 혈액응고계에 대한 억제작용이 적어서 외상 및 수술환자의 혈장증량제로 선호되고 있다¹⁶⁻¹⁹⁾. 수술전 혈장단백이 정상범위이고 혈액응고장애가 없을 경우 출혈로 인한 혈장량 보충시 20 ml/kg까지 hetastarch를 투여하여도 혈액응고기전에는 장애가 없다고 하였으므로²⁰⁾, hetastarch와 동량의 pentastarch도 혈액회석 자체로 인한 효과외에는 혈액응고기전을 방해하지 않는다는 것이 여러 연구에서 확인되었다^{17,21-22)}. Stehling등⁸⁾은 Hct이 20%가 될 때까지 중등도로 혈액을 회석하여도 임상적으로 문제가 될 정도의 혈액응고장애는 없다고 하였다. 그러나 과도한 혈액회석으로 인해 혈장단백이 정상치의 30~40% 이하로 떨어져 혈액응고인자가 결핍되거나²³⁾, Hct이 20% 이하로 감소하여 혈소판 응집력이 약화되거나²⁴⁾ 혈소판이 말초혈류의 중심부에서 이동하게 되면 혈소판의 부착능이 떨어져²⁵⁾ 응고장애가 나타날 수 있다. 이와 같이 중등도 이상의 혈액회석을 할 경우는 혈액응고상태를 평가해 보아야 할 것으로 사료되어 본 연구에서는 전체적인 혈액응고체계를 빠르고 역동적으로 감시할 수 있는 혈전탄성모사도를 사용하였다. 혈액회석 후 내인성 응고계통의 기능을 반영하는 반응시간(R)과, 내인성 응고계통, 혈소판 및 섬유소원의 기능을 복합적으로 반영하는 혈액응고시간(R+K)이 감소의 경향을 보였으나 3예를 제외하고는 모두 정상범위를 유지하였고, 섬유소원과 혈소판의 기능을 반영하는 혈병형성속도(α)와 혈병의 탄력성을 반영하는 최대진폭(MA)은 변화가 없었다. 이는 pentastarch를 사용한 30~40%의 혈액회석이 응고계의 억제보다는

오히려 혈액응고의 개시가 항진된 즉, 과응고상태를 유발한다는 것을 의미하며 500 ml를 사용한 이전의 연구결과²¹⁾와 비슷하였다. Ruttmann등²⁶⁾은 생체의 실험에서 등장성 생리식염수로 25%의 혈액회석을 한후 조사한 혈전탄성모사도에서 혈병의 강도(clot strength)에는 차이가 없었지만 혈액응고개시와 혈병형성속도가 빨라졌다고 하였으며 이러한 변화는 회석제의 약리효과라기보다는 혈액회석 그 자체로 인한 것이고 교질액보다는 정질액에서 더 현저하다고 하였다. 본 연구에서 혈병형성속도에 영향이 없었던 것은 생체내에서 교질용액인 pentastarch를 사용하여 40%까지 혈액회석의 정도가 높았기 때문이었을 것으로 추정된다.

혈액이 회석되면 Hb의 감소로 산소운반능이 떨어져 조직저산소증이 생길 것으로 예상되나 심혈관계의 반응 즉 혈액점도의 감소로 인하여 심박출량이 증가하고 말초로의 미세혈류가 개선되며 조직에서의 산소추출률이 높아지는 등 대상기전이 충분하므로 Hct이 14% 이상이면 주요장기의 손상은 없다고 한다²⁷⁾. 본 연구에서 혈액회석후 혈청유산치가 증가하였으나 표준편차의 1.5배 이상의 증가나 수술중과 후의 Hct이 14% 이하로 떨어진 사례가 없었으므로 혈청유산치의 증가는 의미가 없는 것으로 판단된다.

출혈량이 같을 경우 적혈구 소실량은 출혈한 혈액의 Hct에 따라 달라지므로 적혈구 소실을 최소화하여 동종혈액의 수혈을 감소시킬 목적으로 혈액회석을 시행할 경우에는 예상출혈량과 회석전·후 및 수술중 수혈을 요하는 최저 Hct치를 결정하여 혈액응고계와 산소운반능이 허용되는 한계내에서 가능한 최대로 혈액을 회석할 필요가 있다⁷⁾. 이론상, 총혈량이 5,000 ml이고 회석전 Hct이 40%인 환자에서 수혈이 필요한 최저 Hct을 30%와 25%로 다르게 설정하여, 허용출혈량까지 혈액을 회석하고 그 후의 출혈량에 대해서는 채혈한 혈액을 재수혈하는 방법으로 회석후 Hct치를 그대로 유지해 나간다고 가정해 보자. 혈액회석을 하지 않았을 때와 혈액을 회석했을 때의 동종혈액 수혈이 필요한 허용출혈량은 최종 Hct이 30%일 때는 각각 1,438 ml와 1,667 ml이지만 최종 Hct이 25%일 때는 각각 2,350 ml와 3,000 ml가 된다. 따라서 혈액회석을 하게 되면 최종 Hct가 30%일 때는 129 ml, 25%일 때는 650 ml의 동종혈액 수혈요구량을 감소시키는 효과를 가져온다. 그

러므로 혈액회석의 목적은 혈액회석후의 최종 Hct과 수술에 따른 실혈량에 따라 달라지게 되는데, 허용 실혈량 이하의 출혈에 대해서는 동종혈액의 수혈을 피하는 것이 될 것이며 그 이상의 출혈에 대해서는 동종혈액의 수혈을 감소시켜 그로 인한 부작용을 줄이기 위한 것이라 할 수 있다¹⁾. 동종혈액의 수혈 요구량을 감소시켜 주는 효율성은 혈액을 회석하기 전의 Hct과 총혈량 및 최종 Hct에 의하여 결정된다. 최종 Hct을 30% 전후로 낮추는 정도의 혈액회석은 효율성이 아주 적어서 저장혈 1 unit에도 미치지 못하지만⁶⁾ 15%까지 혈액을 회석하면 동종혈액 수혈요구량을 3.9 unit 정도 감소시킬 수 있다고 한다¹⁾. 본 연구에서는 최종 Hct을 24%로 떨어뜨리는 중등도의 혈액회석을 하고 수술중 Hct을 25% 전후로 유지한 결과 수술중 동종혈액의 수혈량은 혈액회석군이 대조군에 비해 현저히 적었지만 수술후 수혈량은 혈액회석군이 더 많았고, 수술로 인한 적혈구 손실량은 혈액회석군이 대조군보다 약 120 ml가 적어서 1 unit의 동종수혈 감소효과가 있었다. 혈액회석의 정도에 비하여 효율이 낮았던 것은 총혈량을 과대평가하였고 pentastarch의 대사 및 배설로 인한 혈량의 감소 그리고 수술후 외과과의 Hb을 10 gm/dl 이상으로 유지하기 위하여 필요 이상의 수혈을 한 결과로 여겨지며, 수술후 빈혈 증상이 없는 경우 Hb을 9~10 gm/dl로 유지했다면 그 효율성은 더 컸을 것으로 사료된다.

이상과 같이 pentastarch를 사용한 중등도의 동량성 혈액회석은 혈액응고상태를 악화시키지 않았으며 동종혈액 수혈량을 1 unit 정도 감소시켰으므로 그 효율성은 낮았으나, 혈액회석에 대한 충분한 지식과 수술후 환자관리에 만전을 기한다면 그 효율성은 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Weiskopf RB: Mathematical analysis of isovolemic hemodilution indicates that it can decrease the need for allogeneic blood transfusion. *Transfusion* 1995; 35: 37-41.
2. 고흥, 김현정: 후척추고정술시 혈액회석과 유도 저혈압의 병용이 혈액학 및 산소운반능에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1994; 27: 1620-7.
3. 도상환, 민성원, 김종수, 이지호, 김갑수, 조광태: 척추수술시 자가수혈의 경험. *대한마취과학회지* 1994; 27: 772-7.
4. 함병문, 이상민: 개심술중 실험구제법을 이용한 자가수혈. *대한마취과학회지* 1994; 26: 79-85.
5. Goodnough LT, Grishaber JE, Monk TG, Catalona WJ: Acute preoperative hemodilution in patients undergoing radical prostatectomy: a case study of efficacy. *Anesth Analg* 1994; 78: 932-7.
6. Monk TG, Goodnough LT, Birkmeyer JD, Brecher ME, Catalona WJ: Acute normovolemic hemodilution is a cost-effective alternative to preoperative autologous blood donation by patients undergoing radical retropubic prostatectomy. *Transfusion* 1995; 35: 559-65.
7. Jeffrey FM, Jonathan VR, David GB: Maximum blood savings by acute normovolemic hemodilution. *Anesth Analg* 1995; 80: 108-13.
8. Stehling L, Zauder HL: Acute normovolemic hemodilution. *Transfusion* 1991; 31: 857-68.
9. Jones JA: Red cell substitutes: current opinion. *Br J Anaesth* 1995; 74: 697-703.
10. Gross JB: Estimating allowable blood loss: Corrected for dilution. *Anesthesiology* 1983; 58: 277-80.
11. 한규섭, 지현숙, 김상인, 권석운, 오영철, 김기홍: CPD-A 보존혈액의 화학적, 혈액학적 변화에 관한 연구. *대한임상병리학회지* 1990; 10: 187-92.
12. Triulzi DJ, Gilmor GD, Ness PM, Baumgartner WA, Schultheis LW: Efficacy of autologous fresh whole blood or platelet-rich plasma in adult cardiac surgery. *Transfusion* 1995; 35: 627-34.
13. Rawstron RE: Anemia and surgery: a retrospective clinical study. *Aust NZ J Surg* 1970; 39: 425-32. in Robertie PG, Gravlee P: Safe limit of isovolemic hemodilution and recommendations for erythrocyte transfusion. *Internation Anesth Clin* 1990; 28: 197-204.
14. Robertie PG, Gravlee P: Safe limit of isovolemic hemodilution and recommendations for erythrocyte transfusion. *Internation Anesth Clin* 1990; 28: 197-204.
15. Haberkern M, Dangel P: Normovolemic hemodilution and intraoperative autologous transfusion in children: Experience with 30 cases of spinal fusion. *Eur J Pediatr Surg* 1991; 1: 30-5.
16. Strauss RG, Stansfield C, Henriksen RA, Villhauer PJ: Pentastarch may cause fewer effects on coagulation than hetastarch. *Transfusion* 1988; 28: 257-60.
17. 정남영, 함병문: 개심술 환자에게 혈량증가를 위한 혈장 단백질제와 10% 펜타스타치가 심혈관계 및 혈액응고에

- 미치는 영향. 대한마취과학회지 1994; 27: 1801-9.
18. London MJ, Ho JS, Trieman JK: A randomized critical trial of 10% pentastarch(low molecular weight hydroxyethyl starch) versus 5% albumin for plasma volume expansion after cardiac operations. J Thorac Cardiovasc Surg 1989; 98(5): 785-97.
19. Waxman K, Holness R, Tominaga G, Chela P, Grimes J: Hemodynamic and oxygen transport effects of pentastarch in burn resuscitation. Am Surg 1989; 209: 341-5.
20. Halonen P, Linko K, Myllyda G: A study of haemostasis following the use of hydroxyethyl starch 120 and dextran in major laparotomies. Acta Anaesth Scand 1987; 31: 320-4.
21. 최인철, 고흥: 제왕절개시 경막외마취전 수액투여제로 사용한 10% Pentastarch의 효과. 대한마취과학회지 1994; 27: 1646-59.
22. London MG, Frank M, Verrier ED, Merrick SH, Levin J, Mangano DT, et al: The safety and efficacy of ten percent pentastarch as a cardiopulmonary bypass priming solution. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 104: 284-96.
23. Mortemans YJ, Vermaut G, Verbruggen AM, Arnout JM, Vermeylen J, Aken HV, et al: Effects of 6% hydroxyethyl starch and 3% modified fluid gelatin on intravascular volume and coagulation during intra-operative hemodilution. Anesth Analg 1995; 81: 1235-42.
24. Escolar G, Garrido M, Mazarra R, Castillo R, Ordinsa A: Experimental basis for the use of red cell transfusion in the management of anemic-thrombocytopenic patients. Transfusion 1988; 28: 406-11.
25. Murphy WG, Davies MJ, Eduardo A: The hemostatic response to surgery and trauma. Br J Anaesth 1993; 70: 205-13.
26. Ruttmann TG, James MFM, Viljoen JF: Haemodilution induces a hypercoagulable state. Br J Anaesth 1996; 76: 412-4.
27. Singler RC, Furman EB: Hemodilution: How low a minimum hematocrit? Anesthesiology 1980; 53: 72.