

신이식 환자에서 생리식염수와 하트만 용액이 전해질과 산염기 및 신기능에 미치는 영향

울산대학교 간호학과¹, 계명대학교 동산의료원 이식혈관외과²

김민영¹ · 전나연² · 현슬기² · 김형태² · 조원현² · 박익준²

The Effects of Normal Saline Solution versus Hartmann's Solution on the Acid-base and Electrolytes Status and Renal Function after Kidney Transplantation

Min Young Kim, Ph.D.¹, Na Yeon Jeon, R.N.², Seul Ki Hyun, M.D.², Hyoung Tae Kim, M.D.²,
Won Hyun Cho, M.D.² and Ui Jun Park, M.D.²

Department of Nursing, Ulsan University College of Medicine¹, Ulsan, Division of Transplant and Vascular Surgery, Department of Surgery, Keimyung University Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine², Daegu, Korea

Background: The purpose of this study was to elucidate the effects of fluid on the acid-base and electrolytes status and renal function after kidney transplantation (KT).

Methods: We retrospectively analyzed 103 patients who underwent KT. Analyses were performed separately according to the donor type (living, 52; deceased, 51). In the living donor KT group, 28 patients received normal saline solution (NS) and 24 patients received Hartmann's solution (HS). In the deceased donor KT group, 27 patients received NS, and 24 received HS. The acid-base and electrolyte status, urine volume, and renal function between patients receiving NS and patients receiving HS were compared in each group.

Results: Regardless of donor type, there were no differences in potassium, pH, base excess, PCO₂ and HCO₃ between HS and NS on immediate postoperative and postoperative day 1. However, changes to neutral acid-base balance in terms of pH, HCO₃, and base excess were significantly higher in HS than in NS. In living donor KT, NS increased serum potassium and chloride significantly during fluid therapy. On postoperative day 7, renal function showed no difference between two groups but urine volume was significantly larger in NS than in HS.

Conclusions: HS does not increase the incidence of hyperkalemia after KT. The use of HS resulted in less metabolic acidosis than the use of NS. Renal function was similar but polyuria was more severe in patients who received NS than in those who received HS.

Key Words: Kidney transplantation, Fluid therapy, Electrolytes, Acid-base, Hartman's solution, Normal saline solution

중심 단어: 신장이식, 수액, 전해질, 산염기, 하트만 용액, 생리식염수

Received May 19, 2015, Revised October 13, 2015, Accepted October 28, 2015

Corresponding author: Ui Jun Park

Division of Transplant and Vascular Surgery, Department of Surgery, Keimyung University Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine, 56 Dalseong-ro, Jung-gu, Daegu 41931, Korea

Tel: 82-53-250-7315, Fax: 82-53-250-7322

E-mail: parkuijun@gmail.com

서 론

수액은 병원에 입원한 환자에게 가장 많이 주입되는 약제이지만 그 중요성은 간과되기 쉽다. 신이식 후 환자는 소변량이 적을 수도 있으며 반대로 하루 수천에서 10,000 mL 이상의 소변을 배설할 수도 있어, 신이식 후 수액을 적절하게 조절하는 것은 중요하다. 어떤 종류의 수액을 어느 정도 공급하는 것이 적절한지에 대한 연구는 많지 않다. 만성신부전 환자의 경우 대사성 산증을 주로 보이며, 신이식 직후에도 대사성 산증이 지속되는 경우가 흔하다. 산염기의 균형을 조절하기 위해서 폐와 신장이 중요한 완충 기능을 하는 것은 잘 알려진 사실이다. 이식 초기에는 신장의 완충 기능이 완전히 회복되지 않아 산염기 불균형에 대한 즉각적인 보상이 어려울 수 있으며, 이에 따른 산염기 불균형이 지속되거나 전해질 장애가 발생하여, 이식 환자의 임상경과에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(1).

이식 환자에게 사용되는 수액의 종류에 대한 연구는 많지 않으며, 대부분의 연구는 수술 중 사용한 수액에 대한 연구이다(2,3). 수액에 대한 연구에서 대량의 생리식염수의 주입은 대사성 산증의 요인 중 하나로 알려져 있으며, 신장이식 환자의 경우, 기존의 대사성 산증을 더 악화시킬 수 있는 요인이 된다. 수술 직후 소변량이 확보되지 않은 상태에서 고칼륨 혈증에 대한 부담으로 국내의 이식센터에서는 생리식염수 또는 1/2 생리식염수를 신이식 후 수액으로 사용하는 경향이 있으며, 경우에 따라서는 콜로이드 용액도 병행하고 있다. 생리식염수의 경우 일반적으로 수술 환자에서 다량으로 사용할 경우 신장 기능의 감소, 감염 및 출혈의 증가 등의 부작용이 보고되며, 신이식 환자에서는 자유수분으로 인한 소변량의 증가로 수액의 주입을 증가시키게 되고, 다시 소변량의 증가와 수액 주입의 증가로 반복될 수 있다(3-9). 하트만 용액은 생리식염수에 비해 전해질 조성 및 삼투질 농도가 혈장의 구성과 유사하며, 수술 환자에서 대사성 산증의 발생이 적은 것으로 보고되고 있다(2,10).

본 연구는 신이식 후 하트만 용액과 생리식염수를 사용한 환자들의 수술 초기 전해질, 산염기, 그리고 소변량 및 초기 신기능의 차이를 비교하고자 한다.

대상 및 방법

2012년 11월부터 2014년 12월까지 계명대학교 동산의료원에서 신이식 후 정맥주입용액으로 하트만 용액을 사용한 환자와 생리식염수 용액을 사용한 환자를 대상으로

수술 직후와 1일째의 산염기 상태 및 전해질 상태를 비교하였고, 7일째 신기능과 소변량을 비교하였다. 환자는 18세에서 70세의 환자를 대상으로 하였고, 수술 후 이식신 기능 지연으로 투석을 시행한 환자는 산염기 및 전해질 상태의 변화가 투석에 의해 영향을 받기 때문에 연구에서 제외하였다.

1. 마취 및 면역억제제

모든 환자에서 요골동맥을 통한 동맥관 및 경정맥을 통한 중심정맥관을 삽입 후 전신마취를 시행하였다. 전신마취 유도는 propofol (1.5~2 mg/kg)과 sufentanil citrate (0.8 µg/kg)를 사용하였고, 근이완제로는 cisatracurium besilate (0.15 mL/kg)를 사용하였다. 수술 중 마취의 유지는 desflurane을 사용하였다. 수술 중 수액은 생리식염수를 사용하였고, 수술 중 수액은 시간당 약 400~500 mL/hr를 주입하면서 목표 중심정맥압을 7~12 mmHg로 유지하였다. 모든 환자에서 수술 중 5% 알부민 250 mL를 정주하였고, 혈관문합이 끝나고 나면 furosemide 20 mg과 mannitol 300 mL를 정주하였다. 유도 면역억제제로는 basiliximab 또는 thymoglobulin을 사용하였고, 유지 면역억제제로는 tacrolimus, mycophenolate mofetil과 prednisolone을 사용하였다. 수술 중 혈관문합을 시작할 때 methylprednisolone (500 mg)을 투여하였다. 생체 신이식의 경우 기증자 신장은 복강경수술을 통하여 적출하였다.

2. 신이식 후 수액요법

2012년 11월부터 2013년 12월까지 신이식을 받은 환자에서는 정맥주입용액으로 생리식염수를 사용하였고, 2014년 1월부터 2014년 12월까지는 하트만 용액을 사용하였다. 뇌사 기증자부터 신이식을 받은 경우 생체 기증자 신이식에 비해 요량이 적고 고용량의 이노제를 사용하는 경우가 더 많기 때문에 기증자 유형에 따라 두 군으로 나누어 연구를 시행하였다. 신이식 후 정맥주입량은 수술 직후부터 매시간 배출되는 소변량에 따라 100 mL/hr 이하에서는 100 mL/hr, 100~300 mL/hr인 경우는 소변량의 100%, 300~500 mL/hr인 경우는 소변량의 90%, 500 mL/hr 이상에서는 소변량의 80%를 정맥 주입하였다. 신이식 후 모든 환자는 외과 중환자실의 이식 병상에서 2일간 치료를 받은 후 이식 병동으로 전실하였다. 중환자실에 입실해 있는 동안 노모그람에 따라 시간당 수액 보충을 하고, 이식 병동으로 전실 후 1~2일간은 4시간마다, 그 이후는 8시간마다 환자의 소변량과 체액 상태를 고려하여 수액 보충을 하였다.

3. 검사 및 통계

전해질 분석 및 동맥혈 분석은 수술 직후(T0)와 수술 후 1일째(T1)의 나트륨, 칼륨, 염소와 pH, PCO₂, HCO₃⁻, base excess (BE)를 평가하였다. 이식신의 신기능은 7일째 혈청 크레아티닌으로 Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) 공식[estimated GFR_{MDRD}=186×serum creatinine (mg/dL)^{-1.154}×Age^{-0.203}×(0.742 if female)]을 이용하여 계산하였다. 통계분석은 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였고, 범주형 변수는 chi-square test, 연속형 변수는 independent t-test를 이용하여 비교하였다. 생리식염수 군과 하트만 용액 군 간 T0와 T1 시점에서 각 변수의 변화의 비교는 repeated measure analysis of variance test를 이용하여 분석하였다. 본 연구는 계명대학교 동산병원 의학연구윤리 심의위원회의 심의를 통과하였다 (IRB 2015-03-54).

결 과

전체 환자는 103명이었고, 평균 연령은 45.8세(범위; 18~70), 남자가 59명(57.3%)이었다. 생체 기증자로부터 신이식을 받은 환자는 52명이었고, 뇌사 기증자로부터 신이식을 받은 환자는 51명이었다.

1. 생체 신이식

생체 신이식환자 중 생리식염수를 사용한 환자는 28명이었고, 하트만 용액을 사용한 환자는 24명이었다. 생리식염수 군과 하트만 용액 군에서 연령, 성별, 원인 신질환의

차이는 없었다(Table 1).

T0와 T1시점에서 칼륨은 생리식염수 군에서 평균 0.3 mmol/L, 하트만 용액 군에서 평균 0.1 mmol/L 증가하여 생리식염수에서 유의하게 증가량이 많았고($P=0.029$), 염소도 생리식염수 군에서 평균 6.8 mmol/L, 하트만 용액 군에서 평균 1.3 mmol/L 증가하여 생리식염수 군에서 증가량이 많았다($P<0.001$). 산염기 변화량은, 생리식염수 군에서 pH는 평균 0.02, 하트만 용액 군에서 pH는 평균 0.05로 하트만 용액 군에서 pH의 증가량이 컸다($P=0.030$). HCO₃⁻는 생리식염수 군에서 평균 -3.4 mmol/L, 하트만 용액 군에서 평균 1.2 mmol/L였고($P=0.009$), BE는 각각 평균 0.1 mmol/L 와 2.4 mmol/L ($P=0.005$)로 하트만 용액 군에서 중성화 경향이 높았다. T0와 T1의 나트륨과 PCO₂의 변화량은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

이식 후 7일째 평균 요량은 생리식염수 군에서 10,896 mL/day, 하트만 용액 군에서 8,811 mL/day로 생리식염수 군에서 평균 요량이 많았고($P=0.049$), 7일째 신기능은 생리식염수 군에서 89.2 mL/min/1.73 m², 하트만 용액 군에서 81.8 mL/min/1.73 m²으로 두 용액 군 간 차이를 보이지 않았다($P=0.307$) (Table 3).

2. 뇌사 신이식

뇌사 신이식환자 중 생리식염수를 사용한 환자는 27명이었고, 하트만 용액을 사용한 환자는 24명이었다. 생리식염수군과 하트만 용액 군에서 연령, 성별, 원인 신질환의 차이는 없었다(Table 1).

뇌사 신이식에서 T0와 T1의 산염기 변화량은, 생리식염

Table 1. Patients demographics

Variable	Living donor KT			Deceased donor KT		
	NS (n=28)	HS (n=24)	P-value	NS (n=27)	HS (n=24)	P-value
Age (yr)	41.9±11.9	44.9±11.5	0.334	45.2±11.4	48.9±9.4	0.300
Male sex	15 (53.6)	13 (54.2)	0.966	15 (55.6)	16 (66.7)	0.417
Height (cm)	165.3±9.9	164.7±9.4	0.832	162.2±8.3	163.9±7.8	0.460
Weight (kg)	62.7±14.0	64.3±14.6	0.688	58.6±8.7	60.9±7.6	0.335
BMI (kg/m ²)	22.7±2.9	23.6±4.4	0.386	22.2±2.0	22.6±2.2	0.428
Cause of ESRD			0.118			0.352
Diabetes mellitus	3 (10.7)	9 (37.5)		6 (22.2)	2 (8.3)	
Hypertension	1 (3.6)	0		3 (11.1)	1 (4.2)	
Glomerulonephritis	17 (60.7)	10 (41.7)		14 (51.9)	15 (62.5)	
Others	7 (25.0)	5 (20.8)		4 (14.8)	6 (25.0)	

Data are presented as mean±SD or number (%).

Abbreviations: KT, kidney transplantation; NS, normal saline solution; HS, Hartmann's solution; BMI, body mass index; ESRD, end-stage renal disease.

Table 2. Blood electrolytes and acid-base in normal saline group and Hartmann's solution in living donor kidney transplantation

Variable	Group	Immediate postoperative (T0)	Postoperative day 1 (T1)	Difference	P-value
Serum electrolyte					
Sodium (mmol/L)	NS (n=28)	132.8±3.9	136.3±3.5	3.6±4.6	0.087
	HS (n=24)	134.3±2.8	135.9±2.1	1.6±3.1	
Potassium (mmol/L)	NS (n=28)	4.0±0.5	4.3±0.4	0.3±0.4	0.029
	HS (n=24)	4.1±0.6	4.2±0.5	0.1±0.5	
Chloride (mmol/L)	NS (n=28)	98.5±4.8	105.3±4.5	6.8±4.8	<0.001
	HS (n=24)	102.2±4.3	103.5±3.5	1.3±3.6	
Acid-base analysis					
pH	NS (n=28)	7.35±0.44	7.37±0.36	0.02±0.04	0.030
	HS (n=24)	7.33±0.58	7.38±0.38	0.05±0.05	
PCO ₂ (mmHg)	NS (n=28)	37.3±3.7	35.5±3.3	-1.8±3.8	0.531
	HS (n=24)	38.9±4.3	37.7±3.2	-1.2±3.2	
HCO ₃ (mmol/L)	NS (n=28)	24.0±5.7	20.8±3.9	-3.4±5.8	0.009
	HS (n=24)	20.5±4.0	22.1±2.9	1.7±2.6	
BE (mmol/L)	NS (n=28)	-4.2±3.1	-4.1±2.5	0.1±2.5	0.005
	HS (n=24)	-4.6±4.4	-2.2±3.10	2.4±2.9	

Data are presented as mean±SD.

Abbreviations: NS, normal saline solution; HS, Hartmann's solution; BE, base excess.

Table 3. Allograft renal function and urine volume on postoperative day 7

Variable	NS	HS	P-value
Living donor KT			
eGFR (mL/min/1.73 m ²)	89.2±28.8	81.8±21.6	0.307
Urine volume (mL/day)	10,896.4±3,889.6	8,811.3±3,485.2	0.049
Deceased donor KT			
eGFR (mL/min/1.73 m ²)	59.7±34.1	61.3±30.8	0.860
Urine volume (mL/day)	6,871.1±3,579.3	4,996.6±2,361.1	0.031

Data are presented as mean±SD.

Abbreviations: NS, normal saline solution; HS, Hartmann's solution; KT, kidney transplantation; eGFR, epidermal growth factor receptor.

수 군에서 pH는 평균 -0.01, 하트만 용액 군에서 pH는 평균 0.05로 하트만 용액 군에서 pH의 증가량이 컸다 ($P=0.006$). HCO₃는 생리식염수 군에서 평균 0.1 mmol/L, 하트만 용액 군에서 평균 3.9 mmol/L였고($P=0.002$), BE는 각각 평균 -0.1 mmol/L와 3.6 mmol/L ($P=0.009$)로 하트만 용액 군에서 중성화 경향이 높았다. T0와 T1의 나트륨, 칼륨, 염소 그리고 PCO₂의 변화량은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

이식 후 7일째 평균 요량은 생리식염수 군에서 6,871 mL/day, 하트만 용액 군에서 4,997mL/day 많았고($P=0.031$), 7일째 신기능은 생리식염수 군에서 59.7 mL/min/1.73 m², 하트만 용액 군에서 61.3 mL/min/1.73 m²으로 두 용액 군 간 차이를 보이지 않았다($P=0.860$) (Table 3).

고 찰

다량의 생리식염수를 정주하면 혈중 염소가 증가하며 중탄산염이 감소하여 대사성 산증이 유발되는 것은 잘 알려진 현상이다(1,2,11-14). 신이식 환자에서는 수술 후 다뇨와 함께 다량의 수액공급이 요구되는 환자가 많으며, 정주하는 수액의 종류가 환자의 전해질 및 산염기의 상태에 영향을 줄 수 있다. 신이식 후 정주하는 수액의 종류에 대한 연구는 많지 않으며, 지금까지의 연구들은 수술 중 사용하는 수액의 종류에 대한 연구들이 대부분이다(2,13). 본 연구는 신이식 후 초기 투여한 생리식염수와 평형염액인 하트만 용액을 사용한 환자에서 전해질 및 산염기 상태를 비교하였다. 신이식 환자에서 이식 직후 정주용액으로 생리식염수와 하트만 용액을 주입받은 환자 모두 기증 신

Table 4. Blood electrolytes and acid-base in normal saline group and Hartmann's solution in deceased donor kidney transplantation

Variable	Group	Immediate postoperative (T0)	Postoperative day 1 (T1)	Difference	P-value
Serum electrolyte					
Sodium (mmol/L)	NS (n=27)	134.8±3.8	135.7±4.1	0.9±5.5	0.081
	HS (n=24)	132.9±2.6	134.7±2.6	1.8±2.6	
Potassium (mmol/L)	NS (n=27)	4.7±0.6	4.5±0.7	−0.2±0.7	0.121
	HS (n=24)	4.5±0.2	4.6±0.9	0.1±0.7	
Chloride (mmol/L)	NS (n=27)	98.8±3.8	100.1±4.7	1.3±6.0	0.243
	HS (n=24)	99.9±2.7	99.0±2.6	−0.3±3.7	
Acid-base analysis					
pH	NS (n=27)	7.37±0.52	7.36±0.04	−0.01±0.07	0.006
	HS (n=24)	7.33±0.44	7.38±0.05	0.05±0.07	
PCO ₂ (mmHg)	NS (n=27)	38.1±5.4	38.7±3.7	1.1±5.1	0.807
	HS (n=24)	37.8±5.4	39.3±4.3	1.5±5.8	
HCO ₃ (mmol/L)	NS (n=27)	21.9±2.7	21.9±2.7	0.1±3.0	0.002
	HS (n=24)	19.3±2.4	23.2±4.4	3.9±4.7	
BE (mmol/L)	NS (n=27)	−1.7±4.7	−1.9±5.6	−0.1±7.5	0.009
	HS (n=24)	−5.2±2.8	−1.6±4.7	3.6±5.8	

Data are presented as mean±SD.

Abbreviations: NS, normal saline solution; HS, Hartmann's solution; BE, base excess.

장의 유형과 관계없이 산증의 유발 또는 전해질의 장애 없이 안전하게 사용할 수 있었다. 이식 후 1주일에 평가한 신기능은 투여한 정주용액의 종류 간 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서 두 용액 군 간 유의한 pH의 감소는 없었으나, 산염기의 상태를 분석해보면 생리식염수 군에서 HCO₃의 감소 및 BE의 감소를 보이는 것은 대사성 산증이 유발되는 것으로 이해할 수 있으며, PCO₂의 감소가 동반되는 것은 유발된 대사성 산증에 대한 호흡보상이 이루어지는 것으로 해석할 수 있다. 생리식염수는 완충액을 포함하지 않기 때문에 많은 양을 정주하게 되면 체내의 중탄산염을 희석시켜 대사성 산증을 유발할 수 있으며, 생리식염수에 포함된 다량의 염소가 대사성 산증을 유발하게 된다(15,16). 신이식을 받는 말기신부전 환자에서 흔히 산염기의 불균형이 동반되어 있고, 이식과정에서 허혈재관류 손상으로 인한 대사성 산증이 동반될 수 있기 때문에, 다량의 생리식염수를 정주하는 것은 산증을 악화시키게 되거나 산염기 검사 결과의 해석을 복잡하게 만들 수 있다.

말기신부전 환자는 투석을 시행하고 있어도 전해질 불균형이 발생하는 경우가 흔히 있다. 신이식 환자의 수술 후 치료에 있어서 과칼륨혈증의 발생을 줄이는 것이 중요하기 때문에, 칼륨이 포함된 하트만 용액의 사용을 주의하게 된다. 그러나, 본 연구에서는 수술 후 하트만 용액을 사용한 환자에서 치료나 투석을 필요로 하는 과칼륨혈증을 보이는 환자는 없었고, 5.5 mmol/L 이상의 과칼륨혈증을 보이는 환자는 하트만 용액 군에서 4명, 생리식염수 군에

서 3명으로 두 군 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 본 연구의 결과만으로 칼륨이 포함된 다량의 하트만 용액을 정주하는 것이 과칼륨혈증의 유발 없이 안전하다는 결론을 내리는 것은 무리가 있다. 그러나, 이론적으로는 생리식염수를 투여하여 발생하는 고염소성 대사성 산증이 혈액 내의 증가된 수소이온과 세포 내 칼륨의 교환을 일으켜 과칼륨혈증을 유발하게 된다(4,5,7).

생리식염수 정주에 따른 혈중 과염소증이 신동맥의 수축과 신혈류의 감소에 따른 신기능을 저하시킬 수 있다(9). 신이식 환자에서 정주용액의 종류가 신기능에 영향을 미칠 수 있다는 것에 대해서는 논란의 여지가 있다(17,18). 그러나, 이전의 결정질 용액을 비교한 연구에서는 정주액의 종류가 이식 신기능에 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다(2,3,13). 본 연구에서는 두 용액 군의 소변량을 비교해 볼 때 생리식염수 군에서 하트만 용액 군에 비해 소변량이 많았다. 본 연구의 결과만으로 생리식염수 군에서 소변량이 더 많은 이유를 설명하는 것에는 한계가 있으며, 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

기증신장의 유형에 관계없이 생리식염수와 하트만 용액 두 군 간에 초기 신기능은 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 후향적 연구이며, 환자의 수가 적고, 짧은 기간의 검사 결과 및 임상정보를 바탕으로 시행한 한계를 가지고 있다.

결론

본 연구 결과 신이식 후 정주액으로 생리식염수와 하트만 용액 모두 안전하게 사용될 수 있다. 이식 후 정주액으로 하트만 용액은 과칼륨혈증의 증가가 없었고, 생리식염수에 비해 산염기 불균형이 적었다.

REFERENCES

- 1) McFarlane C, Lee A. A comparison of plasmalyte 148 and 0.9% saline for intra-operative fluid replacement. *Anaesthesia* 1994;49:779-81.
- 2) O'Malley CM, Frumento RJ, Hardy MA, Benvenisty AI, Brentjens TE, Mercer JS, et al. A randomized, double-blind comparison of lactated Ringer's solution and 0.9% NaCl during renal transplantation. *Anesth Analg* 2005;100:1518-24.
- 3) Hadimioglu N, Saadawy I, Saglam T, Ertug Z, Dinckan A. The effect of different crystalloid solutions on acid-base balance and early kidney function after kidney transplantation. *Anesth Analg* 2008;107:264-9.
- 4) Adroque HJ, Madias NE. Changes in plasma potassium concentration during acute acid-base disturbances. *Am J Med* 1981;71:456-67.
- 5) Halperin ML, Kamel KS. Potassium. *Lancet* 1998;352: 135-40.
- 6) Waters JH, Gottlieb A, Schoenwald P, Popovich MJ, Sprung J, Nelson DR. Normal saline versus lactated Ringer's solution for intraoperative fluid management in patients undergoing abdominal aortic aneurysm repair: an outcome study. *Anesth Analg* 2001;93:817-22.
- 7) Magder S. Balanced versus unbalanced salt solutions: what difference does it make? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2014;28:235-47.
- 8) Wu BU, Hwang JQ, Gardner TH, Repas K, Delee R, Yu S, et al. Lactated Ringer's solution reduces systemic inflammation compared with saline in patients with acute pancreatitis. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2011;9:710-7.
- 9) Wilcox CS. Regulation of renal blood flow by plasma chloride. *J Clin Invest* 1983;71:726-35.
- 10) Takil A, Eti Z, Irmak P, Yilmaz Gogus F. Early postoperative respiratory acidosis after large intravascular volume infusion of lactated ringer's solution during major spine surgery. *Anesth Analg* 2002;95:294-8.
- 11) Tellan G, Antonucci A, Marandola M, Naclerio M, Fiengo L, Molinari S, et al. Postoperative metabolic acidosis: use of three different fluid therapy models. *Chir Ital* 2008; 60:33-40.
- 12) Scheingraber S, Rehm M, Sehmisch C, Finsterer U. Rapid saline infusion produces hyperchloremic acidosis in patients undergoing gynecologic surgery. *Anesthesiology* 1999;90:1265-70.
- 13) Khajavi MR, Etezadi F, Moharari RS, Imani F, Meysamie AP, Khashayar P, et al. Effects of normal saline vs. lactated ringer's during renal transplantation. *Ren Fail* 2008;30: 535-9.
- 14) Wilkes NJ, Woolf R, Mutch M, Mallett SV, Peachey T, Stephens R, et al. The effects of balanced versus saline-based hetastarch and crystalloid solutions on acid-base and electrolyte status and gastric mucosal perfusion in elderly surgical patients. *Anesth Analg* 2001;93:811-6.
- 15) Prough DS, White RT. Acidosis associated with perioperative saline administration: dilution or delusion? *Anesthesiology* 2000;93:1167-9.
- 16) Kellum JA. Determinants of blood pH in health and disease. *Crit Care* 2000;4:6-14.
- 17) Cittanova ML, Leblanc I, Legendre C, Mouquet C, Riou B, Coriat P. Effect of hydroxyethylstarch in brain-dead kidney donors on renal function in kidney-transplant recipients. *Lancet* 1996;348:1620-2.
- 18) Abdallah E, El-Shishtawy S, Mosbah O, Zeidan M. Comparison between the effects of intraoperative human albumin and normal saline on early graft function in renal transplantation. *Int Urol Nephrol* 2014;46:2221-6.