

# Modificaciones metabólicas y requerimientos hidroelectrolíticos perioperatorios

Miguel A. Jorge, José M. Basaluzzo, Osvaldo López Gastón, Eduardo Danguise, Pedro Ferraina, Javier Osatnik, Gustavo Parrilla, Rosa Telias, Alicia M. Witriw, Griselda Pargament, Silvia Francioni

División Terapia Intensiva y División Cirugía Gastroenterológica.  
Hospital de Clínicas "José de San Martín", Buenos Aires

## RESUMEN

**Objetivo:** Estudiar en forma prospectiva los cambios metabólicos e hidroelectrolíticos que ocurren durante la cirugía con la finalidad de determinarlos requerimientos hidrosalinos y de establecer la magnitud y naturaleza del substrato energético utilizado.

**Material y métodos:** Se examinaron 20 pacientes (6 hombres y 14 mujeres de  $60 \pm 14$  años), sometidos a cirugía abdominal de mediana magnitud, con anestesia general, en los períodos preoperatorio, intraoperatorio y primer día postoperatorio. Durante la cirugía se administró solución salina isotónica ( $2,97 \pm 1,97$  ml/kg hora). El balance hídrico incluyó la pesada de material quirúrgico (gasas, etc) antes y después de ser utilizado. Se determinó la forma seriada el peso corporal. Durante el postoperatorio se establecieron en forma randomizada dos grupos: Grupo Dextrosa (GD)(dextrosa al 5%  $0,87$  ml/kg/hora) y Grupo Salina (GS) (solución salina isotónica,  $1,71$  ml/kg/hora). Para el cálculo de la pérdida insensible de peso se utilizó la ecuación de Newburgh, con la modificación de Gilder. Esta variable permite estimar el consumo de la masa grasa y la pérdida insensible de agua (PIVA).

**Resultados:** La PIVA durante la cirugía fue de  $4,47 \pm 3,9$  ml/kg/h, reduciéndose a  $0,33 \pm 0,15$  ml/kg/hora en el postoperatorio. El balance de agua, incluida la PIVA y asociado a la

variación del peso corporal, permitió establecer el requerimiento hídrico de cada período. El balance de sodio fue para el GS de  $256 \pm 95$  mEq y para el GD  $-28 \pm 61$  mEq. La cirugía produjo un consumo de grasa de  $1,5 \pm 1$  g/kg/h, que se reduce en el postoperatorio a  $0,086 \pm 0,03$  g/kg/h. El consumo proteico durante la cirugía es  $0,01 \pm 0,01$  kg, aumentando el primer día postoperatorio a  $0,21 \pm 0,08$  kg.

**Conclusiones:** Durante la cirugía el combustible utilizado es la grasa, al iniciarse el período postoperatorio el catabolismo graso disminuye, siendo la pérdida de tejido graso y magro proporcional. La pérdida de vapor de agua durante la cirugía es alta y variable, mientras que en el postoperatorio se reduce y es constante. Esta pérdida explica que el requerimiento hídrico durante la cirugía sea de  $6 \pm 4$  ml/kg/h, reduciéndose durante el postoperatorio a  $1 \pm 0,23$  ml/kg/h. A pesar de que la pérdida de sodio es relativamente baja durante la cirugía, sugiere reponer el requerimiento hídrico intraoperatorio con solución salina isotónica. En cambio, el requerimiento hídrico en el primer día postoperatorio debería ser repuesto con solución de dextrosa al 5%, sin la administración de cloruro de sodio, considerando el exceso salino no administrado en el período quirúrgico.

## ABSTRACT

### Metabolic changes and fluid requirements during surgery

**Objective:** To study prospectively the metabolic changes and fluid balance during surgery with the purpose of determining fluid requirements and establishing the magnitude and nature of the used energy substratum.

**Material and methods:** 20 patients (6 men and 14 women of  $60 \pm 14$  years), subjected to abdominal surgery of medium magnitude, with general anesthesia, were examined before surgery, in the intraoperative period and during the first postoperative day. During surgery an isotonic saline solution was administered at a rate of  $2.97 \pm 1.97$  ml/kg/hour. The recorded fluid balance was complete, and included the weighing of surgical material (gauze's, etc) before and after being used. Body weight was sequentially determined. In the postoperative period patients were randomly allocated in two groups with different fluid volumes and saline content: Dextrose group (DG)(5% dextrose administered at a rate of  $0.87$  ml/kg/hour) and Saline group (SG) (isotonic saline solution administered at a rate of  $1.71$  ml/kg/hour) Calculation of insensible loss of weight was obtained from Newburgh equation, with Gilder's modification. This variable allows measuring the consumption of fatty mass and insensible loss of water (ILW).

**Results:** ILW during surgery was of  $4.47 \pm 3.9$  ml/kg/h, decreasing to  $0.33 \pm 0.15$  ml/kg/hour in the postoperative period. Water balance, which included the ILW, were related to variation of body weight to establish fluid requirement for each period. Sodium balance was for the SG of  $256 \pm 95$  mEq, and for the DG  $-28 \pm 61$  mEq. Surgery produced  $1.5 \pm 1$  g/kg/h of fat consumption that decreases in the postoperative period to  $0.086 \pm 0.03$  g/kg/h. Protein consumption during surgery is of  $0.01 \pm 0.01$  kg, increasing to  $0.21 \pm 0.08$  kg in the first postoperative day.

**Conclusions:** During surgery fat is used as energy substratum, in the postoperative period fatty catabolism diminishes, being proportional the loss of lean and fatty tissue. The loss of water vapor during surgery is high and variable, while in the postoperative period ILW decreases and it is relatively constant. Fluid requirement during surgery is of  $6 \pm 4$  ml/kg/h, decreasing during the postoperative period to  $1 \pm 0.23$  ml/kg/hour. Despite the low sodium loss during surgery, it is suggested to restore intraoperative fluid with isotonic solution. Fluids in the first postoperative day should be restored with dextrose 5% solution, without the administration of sodium chloride taking into account the saline excess administered during the surgical period.

Durante la cirugía se originan cambios estructurales secundarios al catabolismo tisular y a las modificaciones del contenido hídrico. Los requerimientos de agua, electrolitos y la reposición de la volemia durante el acto quirúrgico, han sido temas de intensos debates desde la última mitad del siglo XX, aunque raramente se realizaron estudios completos de balance hidrosalino. Desde quienes postulan un aporte hidrosalino suficiente para compensar las pérdidas medidas y estimadas,<sup>1</sup> hasta quienes proponen la administración de elevados volúmenes con el objeto de producir valores supranormales de transporte de oxígeno y así disminuir las fallas multiorgánicas y la mortalidad durante la cirugía.<sup>2,3,4</sup> En la actualidad, existe una tendencia a priorizar el mantenimiento de las variables hemodinámicas sobre el concepto de balance,<sup>5</sup> lo que conlleva frecuentemente a manifestaciones de exceso hidrosalino postoperatorio. La sobrehidratación en el trauma no es inocua,<sup>6</sup> siendo responsable de edema agudo de pulmón durante la cirugía<sup>7</sup> y en etapas posteriores de facilitar la aparición del síndrome de distress respiratorio.<sup>8</sup>

En este estudio se examina en forma prospectiva los cambios metabólicos e hidroelectrolíticos que ocurren durante el acto quirúrgico con la finalidad de establecer la magnitud y naturaleza del substrato energético utilizado y determinar los requerimientos hidrosalinos durante la cirugía y el primer día postoperatorio.

### Materiales y métodos

Fueron incluidos pacientes sometidos a cirugía abdominal de mediana magnitud, con anestesia general. La mediana complejidad fue basada en la expectativa de un sangrado menor a 500 ml y por una duración del procedimiento menor a 4 horas. Se excluyeron pacientes con hipertensión arterial y/o patologías o tratamientos que pudieran alterar el metabolismo hídrico y/o tuvieran contraindicación para recibir soluciones salinas. También se excluyeron aquellos pacientes que durante el acto quirúrgico requirieron el uso de expansores plasmáticos, drogas vasoactivas o transfusiones de sangre.

Se estudiaron 20 pacientes: 6 hombres y 14 mujeres con edad promedio  $60 \pm 14$  años. Se realizaron las siguientes cirugías: plástica de pared abdominal ( $n = 16$ ), anastomosis biliodigestiva ( $n = 1$ ), hemicolectomía ( $n = 2$ ), cierre de ileostomía con reconstrucción del tránsito ( $n = 1$ ). La duración de los períodos de estudio fueron para el prequirúrgico o basal de  $1460 \pm 124$  minutos, para el intraoperatorio de  $171 \pm 64$  minutos y para el primer día postoperatorio dos períodos consecutivos de  $723 \pm 22$  minutos y  $721 \pm 13$  minutos, respectivamente.

El presente trabajo contó con la aprobación de la Dirección de Docencia e Investigación del Hospital y con el consentimiento informado de los pacientes.

### Período I - Basal

Los pacientes seleccionados fueron admitidos 24 horas antes de la cirugía, y luego de la evacuación vesical, se inicia el período de recolección de orina preoperatoria. Se realizaron estudios basales de laboratorio, se evaluó la composición corporal mediante la técnica de fraccionamiento antropométrico y se registró el peso corporal. Los pacientes permanecieron en ayuno a partir de la noche previa a la cirugía.

### Período II - Quirúrgico

Al ingresar en el quirófano se colocó sonda vesical, sumando la orina residual a lo recolectado en el preoperatorio. A partir de entonces, se inició la medición de la diuresis del período quirúrgico.

El manejo anestésico fue el mismo para todos los pacientes: Tiopental Sódico 3-5 mg/kg para la inducción, miorelajación con Succinilcolina 1 mg/kg para continuar con Bromuro de Pancuronio. El mantenimiento se efectuó con Isoflurano al 1-2% y Fentanilo 2-4 mg/kg.

Durante el acto quirúrgico, todos los pacientes recibieron como plan de hidratación solución salina al 0,9% a un ritmo de infusión promedio de  $2,97 \pm 1,97$  ml/kg/hora.

Durante el acto operatorio se efectuó balance hídrico intraoperatorio mediante control de ingreso y egreso de fluidos y pesada (seco/mojado) de material textil utilizado. Este período finaliza con el ingreso a la sala de cuidados postoperatorios, donde se determinó el peso corporal, se recolectó la diuresis del período operatorio y se tomó muestra de sangre.

### Período III - Postoperatorio: 0 a 12 horas y 12 a 24 horas

Se inicia el plan de hidratación de 24 horas, subdividido en dos períodos de 12 horas. Se establecieron en forma randomizada dos grupos: Grupo Dextrosa (GD) a quien se indicó un plan de dextrosa al 5% sin sodio a un ritmo de 0,87 ml/kg/hora ( $1,534 \pm 0,1$  litros) y un Grupo Salina (GS) que recibió un plan de hidratación con solución salina al 0,9% a un ritmo de infusión de 1,71 ml/kg/hora ( $3,027 \pm 0,30$  L).

A las 12 horas del postoperatorio se realizó nuevo control de la diuresis, pesada en la cama, extracción de sangre y control del volumen infundido hasta el momento, para luego continuar con las siguientes doce horas. Cumplido este plazo, se repitieron los pasos del período anterior.

### Estudios realizados

**Fraccionamiento antropométrico:** Para determinar la composición corporal inicial.

**Ecuación de Newburgh LH<sup>9</sup>** Fue utilizada para el cálculo de la pérdida insensible de peso (PIP), de agua y consumo de grasa, durante la cirugía y primer día postoperatorio; las fórmulas aplicadas fueron las siguientes:

**PIP = Delta Peso - Balance** [1]; donde **Delta Peso** es la diferencia del peso corporal del paciente registrado entre el ingreso y el egreso de quirófano; al peso registrado al finalizar el acto quirúrgico se le adiciona el peso de las vísceras extraídas. En **balance** se registra la diferencia entre ingresos y egresos, sin incluir la pérdida insensible de vapor de agua (PIVA); la técnica para el cálculo de los egresos en quirófano incluye la medición por pesada del material textil mojado, técnica que se describe más adelante

**Tejido magro:** Se utilizó el nitrógeno ureico y el factor 30 (conversión a proteína y luego a tejido hidratado):<sup>10</sup>

**N<sub>2</sub> ureico x 30** [2]

**Grasa:** Se aplicó la fórmula de Newburgh, LH,<sup>9</sup> modificada por Gilder, H<sup>10</sup>:

**Grasa = (PIP - ((2,6 x H. de C.) + (15 x N<sub>2</sub>))) / 4,9** [3], donde H. de C. son gramos de hidratos de carbono administrados y N<sub>2</sub> gramos de nitrógeno urinario. La suma de la grasa y tejido magro representa la pérdida de la masa metabólica (PMM).

#### Otras determinaciones:

Las determinaciones de electrolitos y otras en sangre y orina se realizaron de acuerdo a las técnicas

habituales de laboratorio. En los estudios de función renal se utilizaron las siguientes fórmulas:

**Clearance de creatinina:**

creatinina orina (mg %) x diuresis (ml/min) / creatinina plasma (mg %).

**Clearance de agua libre de electrolitos:**

Diuresis (ml/min) - [(Na + K) en orina x diuresis (ml/min)] / (Na + K) plasmáticos.

**Fracción excretada de sodio filtrado:**

[Na en orina (mEq/L) x creatinina plasmática (mg %) x 100] / [Na plasmático (mEq/L) x creatinina en orina (mg %)].

**U/P osmolar** (calculado): osmolaridad urinaria / osmolaridad plasmática.

#### Estadísticas:

Se empleó el test *t* para comparar muestras apareadas y no apareadas. El análisis de varianza para analizar más de dos grupos y el test de Dunnett para identificar grupos diferentes. Se realizaron correlaciones entre variables. Se consideró una *p* < 0,05 como estadísticamente significativa.

**Balanzas:** Balanza para pesada en quirófano de material textil y piezas anatómicas marca Kretz modelo 5330 de 15 kg de capacidad y un error de ± 2, g y balanza electrónica para cama marca CONTROL-DIAL con un rango de error de ± 50 g.

#### Balance hídrico intraoperatorio - Método Gravimétrico

Previamente a la cirugía, se climatizó el área quirúrgica a 24°C. Se registró el peso del material textil total dentro de sus respectivos envoltorios de papel. Al final de la cirugía se diferenció:

a. **Balance campo quirúrgico** = (Sol. Lavado + antiseptia) - (Aspirado lecho + delta peso del material textil (dPMT)).

b. **Balance medible** = Soluciones parenterales - (diuresis + sonda nasogástrica + otras pérdidas corporales). Las pérdidas insensibles no se consideran en este rubro.

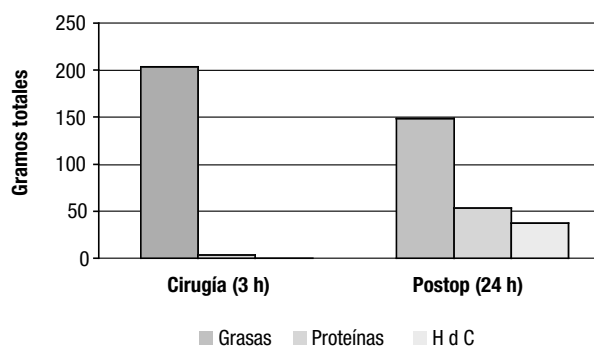
c. **PIVA** = Delta peso - balance corporal = PIP ; PIP - PMM = PIVA.

d. **Balance general** = (a + b) - c.

Finalmente, se determinó el peso de la pieza anatómica extraída - si hubiese alguna - para ser adicionada al peso del paciente al finalizar la cirugía, con el objeto de que el delta peso (que se utiliza en c.) refleje exclusivamente la pérdida metabólica.

**TABLA 1: Composición corporal previo a la cirugía (n = 20) (Media ± DS)**

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Peso (kg)           | 73,5 ± 12,3 |
| Masa Grasa (kg)     | 17,5 ± 10   |
| Masa Magra (kg)     | 50,2 ± 6,4  |
| Proteína total (kg) | 13,8 ± 1,4  |
| Agua total (L)      | 36,04 ± 5,3 |



**Figura 1.** Consumo de sustratos perioperatorios (g totales)

**TABLA 2:** Catabolismo del tejido graso y magro: Gasto calórico (n = 20) (Media ± DS)

| Catabolismo  | Cirugía (kg) | Postoperatorio (kg) | Total (PMM) (kg) | Calorías (kcal) |
|--------------|--------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Tejido Graso | 0,2 ± 0,15   | 0,15 ± 0,05         | 0,36 ± 0,16      | 3150 ± 1440     |
| Tejido Magro | 0,01 ± 0,01  | 0,21 ± 0,08         | 0,22 ± 0,09      | 290 ± 90        |
| Total        | 0,22 ± 0,15  | 0,36 ± 0,07         | 0,58 ± 0,15      | 3440 ± 1420     |

**Resultados**

**1. Composición corporal y catabolismo.**

La valoración de la composición corporal mediante antropometría por fraccionamiento, mostró que el grupo de pacientes, en su conjunto, pertenece a un normo tipo standard. El agua total fue calculada a partir del tejido magro<sup>11</sup> (Tabla 1).

Durante la cirugía y el primer día postoperatorio, se calculó el consumo de grasa (Tabla 2, Figura 1). La suma de la grasa y el tejido magro representa la pérdida de masas metabolizadas (PMM) y a partir de esa información se infiere el gasto calórico.

La PMM para el período intraoperatorio fue de  $1,21 \pm 1 \text{ g/kg/h}$  (equivalente a  $50 \pm 40 \text{ g}^2/\text{h}$ ) y para el postoperatorio de  $0,21 \pm 0,1 \text{ g/kg/h}$  (equivalente a  $8,4 \pm 2,2 \text{ g}^2/\text{h}$ ). La PIVA en el período quirúrgico fue de  $4,47 \pm 3,9 \text{ ml/kg/h}$ , superando diez veces la producida en el postoperatorio ( $0,333 \pm 0,15 \text{ ml/kg/h}$ ). La suma de la PMM + PIVA equivale a la PIP que fue durante la cirugía de  $-5,68 \pm 4,86$  y durante el postoperatorio de  $-0,54 \pm 0,18$ . La comparación del catabolismo postoperatorio con el observado por otros autores, muestra valores similares para el consumo proteico; siendo diferentes para las grasas (Tabla 3). Sin embargo, se deben destacar las diferencias en los métodos utilizados y en los períodos de estudio.

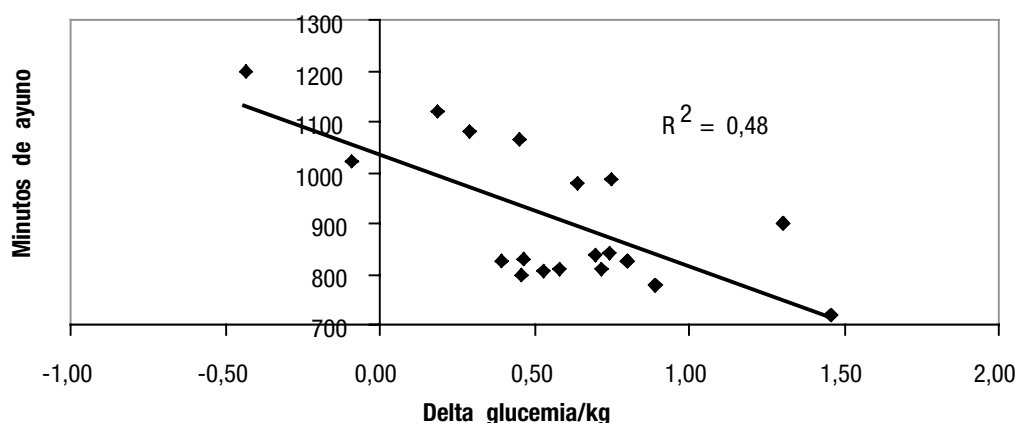


Figura 2. Ayuno, cirugía e hiperglucemia

**TABLA 3: Datos comparativos del catabolismo postoperatorio en g/kg/h**

| Autor                | N  | Días | Proteínas | Grasas | PMM  | kcal/kg/h |
|----------------------|----|------|-----------|--------|------|-----------|
| Kinney <sup>12</sup> | 10 | 3    | 0,03      | 0,05   | 0,08 | 0,57      |
| Hill <sup>13</sup>   | 46 | 14   | 0,03      | 0,06   | 0,09 | 0,66      |
| Este estudio         | 20 | 1    | 0,03      | 0,087  | 0,11 | 0,87      |

**TABLA 4: Balance perioperatorio de agua (L) y sodio (mEq) (n = 20)**

| Período |       | Ingresos   |             |             | Egresos    |            |            | Balance     |
|---------|-------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
|         |       |            | Diuresis    | Otros       | Campo      | PIVA*      | Total      |             |
| Cirugía | Agua  | 0,51 ± 0,2 | 0,1 ± 0,08  | 0,02 ± 0,07 | 0,2 ± 0,23 | 0,79 ± 0,6 | 1,1 ± 0,61 | 0,58 ± 0,63 |
|         | Sodio | 78 ± 24    | 8 ± 6       | 3 ± 10      | 30 ± 34    | 0          | 41 ± 18    | 37 ± 42     |
| Postop. | Agua  | 2,28 ± 0,9 | 1,18 ± 0,48 | 0,05 ± 0,16 | 0          | 0,57 ± 0,2 | 1,8 ± 0,44 | 0,48 ± 0,88 |
|         | Sodio | 230 ± 245  | 145 ± 121   | 7 ± 22      | 0          | 0          | 153 ± 143  | 77 ± 103    |
| Total   | Agua  | 2,8 ± 1    | 1,27 ± 0,7  | 0,07 ± 0,12 | 0,2 ± 0,23 | 1,36 ± 0,4 | 2,9 ± 0,67 | -0,1 ± 1,17 |
|         | Sodio | 308 ± 269  | 153 ± 65    | 10 ± 15     | 30 ± 34    | 0          | 194 ± 80   | 114 ± 144   |

\*PIVA: Se contabiliza la pérdida de vapor de agua descontando la pérdida de tejido PMM.

**TABLA 5: Campo quirúrgico**

| Ingresos    |                | Egresos             |               | Balance  |  |
|-------------|----------------|---------------------|---------------|----------|--|
| Lavado (L)  | Aspiración (L) | Material Textil (g) | Agua (L)      | Na (mEq) |  |
| 0,512 ± 0,3 | 0,268 ± 0,3    | 0,443 ± 0,24        | -0,199 ± 0,23 | -30 ± 34 |  |

## 2. Glucemia.

Se observó aumento de la glucemia al finalizar la cirugía, que se redujo progresivamente a las 12 y 24 horas postoperatorias. El grupo postoperatorio con aporte de dextrosa mantuvo niveles más elevados que el grupo salina. Se pudo comprobar una correlación inversa entre el tiempo de ayuno previo y el nivel de glucemia al finalizar la cirugía (Figura 2).

## 3. Balance hidrosalino perioperatorio.

El balance hidrosalino obtenido durante la cirugía y postoperatorio figura en la Tabla 4. El sodio contenido en los líquidos de lavado (ingresos - egresos) se consideraron neutralizados, sólo se contabilizó el balance final del campo quirúrgico: lavado - (aspiración + delta peso material textil), cuyo detalle se muestra en la Tabla 5, en egresos de agua y sodio.

Durante este período se comprobó una significativa correlación entre el balance (sin pérdidas insensibles) y el delta de peso ( $r^2 = 0,93$ ), mientras en el período quirúrgico estas mismas variables no mostraron correlación, señalando que la PIVA durante el postoperatorio es relativamente constante; mientras que durante la cirugía no sólo es de mayor magnitud (diez veces) sino que también y está sujeta a mayor variabilidad.

## 5. Requerimiento de líquidos en cirugía y primer día postoperatorio.

A partir de los datos de balance se puede calcular el requerimiento de líquidos durante la cirugía y postoperatorio, como lo detalla la Tabla 6. Para ello, se parte de la premisa de que el balance hídrico al finalizar cada período debería ser neutro, toda vez que el aporte hídrico compense exactamente las pérdidas. Cuando el balance resulta positivo, indica una excesiva administración de agua; si es negativo, señala que el plan de hidratación ha sido insuficiente. El requerimiento fue prácticamente idéntico en ambos grupos, en relación con la similitud de las cirugías realizadas. En la Tabla 6 se destaca el incremento del requerimiento de fluidos por hora durante la cirugía, en comparación con las necesidades postoperatorias.

## 6. Diuresis.

Durante la cirugía la diuresis disminuyó significativamente con relación a la diuresis del preoperatorio ( $1,06 \pm 0,46$  vs.  $0,59 \pm 0,54$  ml/min)

( $p = 0,01$ ) al igual que el clearance de agua libre ( $0,21 \pm 0,5$  vs.  $-0,06 \pm 0,27$  ml/min) ( $p = 0,04$ ). No se observaron diferencias significativas durante la cirugía en la fracción excretada de sodio, la osmolaridad urinaria y plasmática, el filtrado glomerular y el U/P osmolar. Durante el postoperatorio, no se observaron diferencias significativas de la diuresis entre los grupos dextrosa vs. salina a las 12 horas y a las 24 horas, a pesar de que el grupo salina recibió sodio y el doble de líquido durante estos períodos.

En la Tabla 7 se examinan las variables inmediatamente después de la cirugía, a las 12 y 24 del postoperatorio. Se compara el grupo dextrosa y el grupo salina.

En la Figura 3 se examinan las variaciones del filtrado glomerular, observándose un incremento del mismo durante el postoperatorio, sin diferencias significativas entre los grupos dextrosa y salina.

## Discusión

### 1- Metabolismo

El catabolismo durante el trauma quirúrgico fue estudiado por numerosos autores en diferentes tipos de cirugía y con el empleo de variados métodos. En este trabajo se ha empleado la técnica descrita por Newburg a partir del registro de la pérdida insensible de peso (PIP). La PIP que corresponde a la pérdida de peso corporal que supera al balance hídrico, promedió en el intraoperatorio 1 kg equivalente a  $5,68 \pm 4,86$  ml/kg/h, correspondiendo el 22% al tejido catabolizado y el 78% a pérdida insensible de vapor de agua, valores que se reducen sustancialmente durante el postoperatorio.

La pérdida de tejido magro que sucede al trauma quirúrgico se encuentra relacionada con la severidad de la injuria. El catabolismo proteico intraoperatorio no ha sido claramente diferenciado del postoperatorio, basándose la mayor parte de los estudios en el análisis del balance acumulativo de nitrógeno durante este último período.<sup>10</sup> En este estudio, se observó durante la cirugía un consumo reducido de proteínas, mientras la pérdida de K, si bien escasa en términos absolutos, no mantiene la relación N/K en 1/3 propia del catabolismo proteico. Alcanza una relación de 1/19 con una significativa correlación entre ambas mediciones ( $r^2: 0,81$ ). No hemos encontrado descripta la pérdida diferencial del K durante la cirugía; este hallazgo sugiere

**TABLA 6: Requerimientos hídricos durante la cirugía y el primer día postoperatorio en ml/kg/hora**

| Período        | Grupo    | Aporte          | Balance           | Requerimiento   |
|----------------|----------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Cirugía        | Salina   | $2,96 \pm 1,97$ | $-3,08 \pm 3,6$   | $6,0 \pm 4$     |
| Postoperatorio | Dextrosa | $0,87 \pm 0,07$ | $-0,107 \pm 0,29$ | $0,98 \pm 0,29$ |
|                | Salina   | $1,71 \pm 0,15$ | $0,63 \pm 0,27$   | $1,07 \pm 0,23$ |

**TABLA 7: Variables postoperatorias : G. dextrosa (n =10) y G. salina (n =10)**

| Variable                      | Postcirugía  | Grupos postoperatorios | 0 a 12 h       | 12 a 24 h     | P#    |
|-------------------------------|--------------|------------------------|----------------|---------------|-------|
| Glucemia (mg %)               | 140,4 ± 31   | Dextrosa               | 132 ± 22       | 117 ± 12      | NS    |
|                               |              | Salina                 | 95 ± 17*       | 88 ± 11*      | 0,05  |
|                               |              | P                      | 0,001          | 0,001         |       |
| Diuresis (ml/min)             | 0,59 ± 0,54  | Dextrosa               | 0,62 ± 0,43    | 0,81 ± 0,48   | NS    |
|                               |              | Salina                 | 0,65 ± 0,16**  | 1,18 ± 0,5*   | 0,05  |
|                               |              | P                      | NS             | NS            |       |
| Fracción excretada Na (%)     | 0,65 ± 0,68  | Dextrosa               | 0,34 ± 0,22    | 0,22 ± 0,21   | NS    |
|                               |              | Salina                 | 0,65 ± 0,47    | 1,55 ± 0,96*  | 0,05  |
|                               |              | P                      | NS             | 0,001         |       |
| Clearance creatinina (ml/min) | 70 ± 52      | Dextrosa               | 103 ± 39       | 112 ± 45*     | 0,05  |
|                               |              | Salina                 | 108 ± 32       | 123 ± 46*     | 0,05  |
|                               |              | P                      | NS             | NS            |       |
| Natrema (mEq/L)               | 141,7 ± 2    | Dextrosa               | 141 ± 2,2      | 139,8 ± 1,5   | NS    |
|                               |              | Salina                 | 142 ± 2,1      | 143 ± 2,7     | NS    |
|                               |              | P                      | NS             | 0,005         |       |
| Natriuresis (mEq)             | 7,82 ± 6,12  | Dextrosa               | 35 ± 27*       | 22 ± 18       | 0,001 |
|                               |              | Salina                 | 62 ± 29* **    | 172 ± 77*     | 0,001 |
|                               |              | P                      | 0,045          | 0,001         |       |
| U/P Osmolar                   | 1,56 ± 0,64  | Dextrosa               | 1,96 ± 0,72    | 1,65 ± 0,56   | NS    |
|                               |              | Salina                 | 2,3 ± 0,34*    | 2,4 ± 0,44*   | 0,05  |
|                               |              | P                      | NS             | 0,004         |       |
| CL. Agua libre (ml/min)       | -0,06 ± 0,26 | Dextrosa               | -0,1 ± 0,27**  | 0,25 ± 0,29*  | 0,05  |
|                               |              | Salina                 | -0,35 ± 0,23** | -0,87 ± 0,49* | 0,05  |
|                               |              | P                      | 0,03           | 0,001         |       |

P# Análisis de varianza. \* Test de Dunnett  $p < 0,05$  en relación al postquirúrgico \*\*  $p < 0,05$  entre 12 y 24 horas.

otros factores en la eliminación del K, además del catabolismo muscular. Si excluimos las pérdidas intraoperatorias, la relación  $N_2/K$  postoperatoria fue de 1/2,6, que resulta similar a la habitualmente aceptada, aunque a diferencia de lo observado durante la cirugía no existió correlación entre ambas determinaciones.

La lipólisis constituye la fuente primaria de energía durante la cirugía, aunque no se ha establecido claramente la magnitud de este fenómeno, siendo la resultante de la acción de catecolaminas, glucagón, cortisol e hipoinsulinemia.<sup>14, 15, 16</sup> El catabolismo graso intraoperatorio aportó casi la totalidad del gasto calórico (99,4% de las calorías). No hemos encontrado otras referencias de este masivo consumo de grasas, que probablemente ocurre ante toda situación de trauma agudo. La administración de

dextrosa al 5% en traumas moderados no produce cambios en el glicerol plasmático ni en los niveles de excreción urinaria de adrenalina o noradrenalina, lo que demuestra que el aumento de la lipólisis es secundario al efecto del trauma e independiente del aporte nutricional.<sup>17</sup>

Durante el postoperatorio, se observa disminución del catabolismo graso e incremento de la pérdida de masa magra. En este período de 24 horas se pierden 147 g de grasa, valor similar a lo referido por otros autores,<sup>12</sup> que sostienen que el mayor consumo se produce luego de los primeros días del postoperatorio, pudiendo llegar a 1 kg o más en la primera semana.

La observación original de Claude Bernard acerca del incremento de la glucosa sanguínea en el trauma fue ampliamente confirmada.<sup>18</sup> La glucemia al final

de la cirugía se elevó un 40% con relación a los valores de ayuno, tendiendo a estabilizarse en el primer día de postoperatorio. Fue observada una relación inversa entre los niveles de glucemia alcanzados al final de la cirugía y el tiempo de ayuno previo. Esto podría indicar que la magnitud de la respuesta hiperglucémica al trauma tiene relación con el estado de los depósitos de glucógeno. En el postoperatorio, los pacientes que recibieron glucosa, no alcanzaron sus valores basales de glucemia, mientras los que no recibieron glucosa alcanzaron a las 24 h valores inferiores al ayuno, siendo la diferencia entre ambos grupos significativa.

En la literatura, hay opiniones contrapuestas en cuanto a la utilidad del aporte de soluciones glucosadas en el postoperatorio para disminuir el consumo proteico. A mediados del siglo pasado, se aconsejaba administrar entre 100 y 200 g de dextrosa para disminuir el catabolismo,<sup>16</sup> aunque posteriormente no se encontraron diferencias con el aumento de 200 a 500 calorías por día como dextrosa al 5% durante el postoperatorio<sup>19, 20</sup> Chambrier y col.<sup>19</sup> compararon las respuestas metabólicas luego de la cirugía, observando que el grupo sin aporte de glucosa no experimentó hipoglucemia pero tuvo aumento de la cetonemia y de los ácidos grasos, mientras el grupo con aporte de glucosa (2 g/kg/día) evidenció hiperglucemia con elevación de la insulina pero sin disminución del catabolismo nitrogenado. En nuestra serie, no observamos diferencias significativas entre los grupos con y sin aporte de glucosa en el consumo de grasa, proteínas y gasto calórico total, confirmando que el aporte de 1,04 g/kg/día de glucosa no produce cambios metabólicos de significación, salvo en el nivel de glucemia.

### Balance hídrico y cirugía

La hidratación durante la cirugía es frecuentemente guiada por parámetros hemodinámicos.<sup>21,4</sup> Esta conducta suele resultar en elevados aportes hídricos<sup>5,7,6</sup> que incluso pueden prolongarse en el

postoperatorio inmediato, cuando todavía el manejo de fluidos persiste alterado.

El trauma quirúrgico genera un estímulo neurohormonal relacionado con la actividad simpática, los niveles de ACTH, cortisol, vasopresina (HAD) y el eje renina-angiotensina-aldosterona (RAA),<sup>22</sup> todos con influencia directa en la excreción renal de agua y sal. Por otro lado, los agentes anestésicos también participan como estímulo aferente de esta respuesta, amplificándola o bloqueándola de acuerdo a la droga utilizada.<sup>23</sup>

La respuesta renal a la cirugía es la oliguria;<sup>24</sup> sin embargo este fenómeno es poco considerado a la hora de confeccionar los planes de hidratación en el perioperatorio, ya que aún hoy predomina el objetivo de corregir los parámetros hemodinámicos y obtener una "adecuada diuresis", aunque ello signifique realizar aportes agresivos de fluidos, la administración de diuréticos o la asociación de ambas conductas, violentando de este modo las respuestas fisiopatológicas y dejando en el olvido el concepto de balance.

### Período intraoperatorio

La hipotensión arterial y la oliguria durante el intraoperatorio<sup>25,26,27</sup> no siempre son causadas por fenómenos hemorrágicos o pérdidas líquidas. También pueden participar mecanismos respiratorios y/o cardiovasculares, secundarios a drogas anestésicas con efecto vasodilatador y/o depresor miocárdico, maniobras de intubación orotraqueal o la misma asistencia respiratoria a presión positiva, que modifica el volumen pulmonar y la presión intratorácica.<sup>28,29</sup> En estas circunstancias, si bien el tratamiento con expansión puede corregir transitoriamente la hipotensión arterial, esta conducta puede no corregir los factores causales. Debe también considerarse que el aporte de fluidos se hace en instancias en que el organismo es ineficaz para eliminar los excesos administrados. A excepción de pérdidas mayores de sangre que deberán tratarse con transfusiones -volumen a volumen- ante la presencia de alteraciones hemodinámicas que no se correspondan con complicaciones en el campo quirúrgico, la actitud terapéutica debe orientarse a corregir otros posibles factores causales relacionados con el agente anestésico, la adecuación en velocidad de infusión de drogas, posición del paciente. En este sentido debe recordarse que el tratamiento sintomático de la hipotensión arterial, no vinculada a la hipovolemia, es la administración de vasopresores.

En nuestra serie, se administró un plan restrictivo que resultó en un balance negativo de agua, que se refleja en la tendencia al incremento de la osmolaridad plasmática al final de la cirugía. La elevación del U/P osmolar por encima de la unidad y la disminución significativa del clearance de agua libre, reflejan la acción de la HAD. Fieldman y col.<sup>2</sup> refieren que la HAD

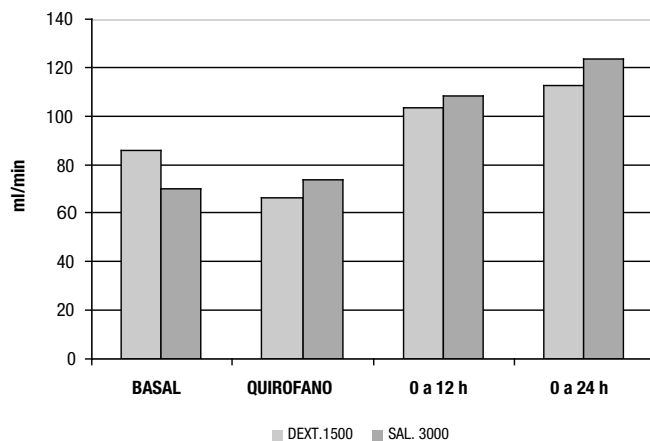
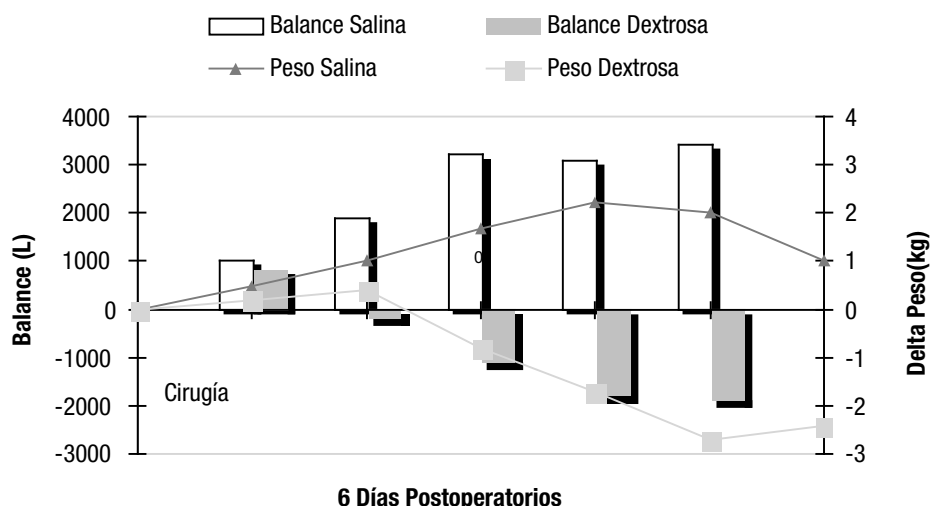


Figura 3. Filtrado glomerular perioperatorio.



**Figura 4.** 3000 ml/día solución salina vs. 3000 ml/día solución dextrosa 5% (Tindall & Clark)

alcanza una media de 59 pg/ml (VN = hasta 5 pg/ml) a la hora de haberse iniciado la cirugía, y este aumento era independiente del volumen urinario.

El balance de líquidos correspondiente al campo operatorio reveló una pérdida de 200 ml, probablemente debida a sangre, como lo sugiere la disminución del hematocrito a las 24 horas de finalizada la cirugía. Las pérdidas insensibles representaron el 70-80% de los egresos. Siendo el consumo de tejido la única pérdida de peso que debería tener el paciente, la variación del peso en exceso o déficit con respecto a ese valor o a través del balance hídrico, permite determinar si el aporte líquido fue el adecuado. En nuestra serie, a partir de estas premisas se calculó el requerimiento hídrico que fue de 6 ml/kg/h. Este valor es algo más del doble de lo efectivamente suministrado; pero resulta inferior del recomendado y habitualmente utilizado.<sup>25</sup>

El balance de sodio fue positivo con retención del 51% de lo administrado, no obstante el reducido aporte y la escasa modificación del filtrado glomerular. Esta situación, si bien ya fue referida por otros autores,<sup>30</sup> no ha tenido una clara explicación. La pérdida de sodio durante la cirugía es mínima.

Como conclusión, se propone como esquema de reposición hidrosalina intraoperatoria para un individuo de 70 kg, la administración de 500 ml de solución salina isotónica por hora de cirugía. Aunque la pérdida de sodio en esta instancia es baja, es conveniente obtener cierta expansión del espacio extracelular y cubrir las pérdidas de sangre menores a 500 ml.

En nuestra serie no encontramos diferencias significativas del filtrado glomerular entre el período preoperatorio e intraoperatorio; aunque en este último período se observó mayor variación del filtrado glomerular. Tampoco hubo correlación entre el filtrado glomerular y otras variables intraopera-

rias como el balance líquido, el aporte salino y el tiempo de duración de la cirugía. Mediciones intraoperatorias del clearance de inulina y PAH realizadas por otros autores, mostraron caídas del filtrado glomerular con presiones de perfusión renal conservadas, atribuible a una alteración de la autorregulación renal.<sup>31</sup>

#### Período postoperatorio

Luego de la cirugía, la persistencia de la elevación de la HAD por estímulos no osmolares es de 24-36 h, aunque puede extenderse más allá de este período.<sup>32</sup> La relación U/P osmolar se mantiene en valores mayor de la unidad en los dos grupos, evidenciando la acción de la HAD durante todo el período de estudio en forma independiente del aporte hidrosalino. Sin embargo, el comportamiento de ambos grupos en el manejo del agua fue diferente. El balance de agua es positivo en GS (incrementa la *resorción*), mientras que en el GD se observa eliminación de agua libre. Esta situación ya fue referida por Thomas y Morgan,<sup>32</sup> que encontraron niveles plasmáticos de HAD cuatro veces más altos en los pacientes que reciben solución salina isotónica comparados con los que reciben dextrosa. Tindall SF y Clark RG<sup>33</sup> comparan dos grupos de seis pacientes, sometidos a cirugía de mediana complejidad, durante un período postoperatorio de 6 días. A uno de los grupos se le administra 3000 ml de solución salina por día, mientras que al otro se le aporta el mismo volumen pero de dextrosa al 5%. En la Figura 4 se muestran las curvas de peso y balance hídrico de ambos grupos donde se destaca que entre el tercer y cuarto día, el grupo con solución salina presenta un peso de aproximadamente 5 kg más que el de dextrosa, debido a mayor antidiuresis a pesar de no existir diferencias en la magnitud de la cirugía ni en el procedimiento anestésico,



La diuresis en las primeras 12 horas fue similar en ambos grupos, no obstante el diferente aporte de volumen, y recién en la fase final el GS la incrementa en paralelo a la mayor excreción de sodio, aunque no alcanza diferencia significativa con el GD.

En nuestra serie, el balance salina también tuvo un comportamiento diferente en ambos grupos. En el GD se hace discretamente negativo, no obstante que la fracción excretada de sodio siempre se mantuvo en menos del 1%, mientras que el GS retuvo el 46% del sodio administrado. La fracción excretada de sodio en el GS fue similar a la del GD en las primeras 12 horas, pero aumenta en forma significativa por encima de la unidad en el período final.

El clearance de creatinina se incrementa significativamente durante el postoperatorio con respecto al basal, sin diferencias entre grupos, a pesar de que el GD hizo balance negativo de agua y sal. Esto indicaría que el incremento postoperatorio del filtrado glomerular es independiente de la expansión del espacio extracelular.

## Conclusiones

Se concluye que durante la cirugía de mediana complejidad, la grasa es el principal combustible utilizado, siendo mínimo el consumo de proteínas. Durante el postoperatorio inmediato el catabolismo de grasa disminuye, siendo la pérdida de este tejido proporcional a la del tejido magro. La pérdida de vapor de agua durante la cirugía es elevada y variable, mientras en el postoperatorio es baja y constante. El requerimiento hídrico durante la cirugía es de  $6 \pm 4$  ml/kg/h que debiera administrarse como solución salina para compensar pérdidas de sangre menores y asegurar la estabilidad hemodinámica. Durante el primer día postoperatorio el requerimiento se reduce a  $1 \pm 0,23$  ml/kg/h, siendo conveniente que la reposición se efectúe como soluciones de dextrosa al 5% para compensar el exceso hidrosalino del período quirúrgico. Debe tenerse en cuenta que en estos períodos se retiene el 50% del sodio administrado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Moore FD: Metabolic care of the surgical patient. Philadelphia: WB Saunders Co. 1959.
- Shires T, Williams J, Brown F: Acute changes in extracellular fluids associated with major surgical procedures. *Annals of Surgery* 1961; 154:803-810.
- Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, et al: Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high risk surgical patients. *Chest* 1988; 94:1176-86.
- Shoemaker WC, Thangathurai D, Wo CCJ, Kuchta K, Canas M, Sullivan MJ, Farlo J, Roffey P, Zellman V, Katz RL: Intraoperative evaluation of tissue perfusion in high-risk patients by invasive and noninvasive hemodynamic monitoring. *Crit Care Med* 1999; 27:2147-52.
- Jorge MA: Sobrecarga de volumen en pacientes en estado crítico. Efecto hemodinámico vs balance hidrosalino. *Medicina (Buenos Aires)* 2000; 60:135-38.
- Shizgal HM, Solomon S, Gutelius JR: Body water distribution after operation. *SGO*, 1977, 144:35-41.
- Lowell JA, Schifferdecker C, Driscoll DF, et al: Postoperative fluid overload: Not a benign problem. *Crit Care Med* 1990; 18:728-33.
- Simmons RS, Bardine GG, Seidenfeld JJ, et al: Fluid balance and the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135:924-9.
- Newburgh LH, Johnston MW, Lashmet FH, Sheldon JM: Further experiences with the measurement of heat production from insensible loss of weight. *The Journal of Nutrition* 1936; 13:203-221.
- Gilder H, Moody FG, Cornell GN, Beal JM: Components of body weight loss in surgical patients. *Metabolism* 1961; 10:134-148.
- Basaluzzo JM, López Gastón O, Giniger R, Narvaez PG, Gilbert BH, Cúneo JL: Método de fraccionamiento antropométrico versus isotópico en la valoración del estado nutricional durante el perioperatorio. *Prensa Méd. Argent* 1988; 75:274-278.
- Kinney JM, Long CL, Gump FE, Duke JH (JR): Tissue composition of weight loss in surgical patients. *Ann of Surg* 1968; 168:459-474.
- Hill GL, Douglas RG, Schroeder D: Metabolic bases for the management of patients undergoing major surgery. *World J Surg* 1993, 17:146-153.
- Allison SP, Hinton P, Chamberlain MJ: Intravenous glucose-tolerance, insulin and free fatty acid levels in burned patients. *Lancet* 1968; 2:1113.
- Lindseth RE: Postoperative glucose metabolism in diabetic and non diabetic patient. *Arch Surg* 1972; 105:741-748.
- Wilmore DW: Respuesta hormonal y su efecto sobre el metabolismo. En: Respuesta a las infecciones y lesiones. *Clin Quir NA. Interamericana* 1976, p. 999.
- Jörgen N, Björn N, Tomas S, Wahrenberg H, Peter A: Catecholamine regulation of adipocyte lipolysis after surgery. *Surgery* 1991; 109:488-96.
- Robin AP, Askanazi J, Cooperman A, Carpenter A, Elwin H, Kinney JM: Influence of hypercaloric glucose infusions on fuel economy in surgical patients. A review. *Critical Care Med* 1981; 9:680-686.
- Chambrier C, Aouifi A, Bon C, Saudin F, Paturol B, Bouletreau P: Effects of intraoperative glucose administration on circulating metabolites and nitrogen balance during prolonged surgery. *Clin Anesth* 1999, 11(8):646-51.

20. Moore FD: The significance of weight changes after trauma. *Ann. Surg* 1955; 141:141-144.
21. Boyd O, Bennett ED: Achieving the goal. *Crit Care Med* 1999; 27:2298-2299.
22. Basaluzzo JM, Rossi GG, Giniger R: La desnutrición proteica como factor de riesgo en la infección y cicatrización de las heridas. *Rev. Argent. Cirug* 1992; 63:69-73.
23. Greco BA, Jacobson HR: Fluid and electrolyte problems with surgery, trauma and burns, En: *Fluids and electrolytes*. Ed. Kokko and Tannen, Cap. 19, WB Saunders Co, 1996.
24. Pringle H, Maunsell RCB, Pringle S: Clinical effects of ether anaesthesia on renal activity. *Br Med J* 1905; 2:542-43.
25. Campbell IT, Baxter JN, Tweedie IE, Taylor GT, Keens SJ: IV fluids during surgery. *Br J Anaesth*, 1990; 65:726-729.
26. Roberts JP, Roberts JD, Skinner C, Shires GT, Illner H, Canizaro PC, Shires GT III. Extracellular fluid deficit following operation and its correction with Ringer's lactate. *Ann Surg* 1985; 202:1-8.
27. Shires III GT, Peitzman AB, Albert SA, Illner H, Silane MF, Perry MO, Shires GT: Response of extravascular lung water to intraoperative fluids. *Ann Surg* 1983; 197:515-519
28. Conway CM: Haemodynamic effects of pulmonary ventilation. *Br J Anaesth* 1975; 47:761.
29. Glick G, Wechsler AS, Epstein SE: Reflex cardiovascular depression produced by stimulation of pulmonary stretch receptors in the dog. *J Clin Invest* 1969; 48:467.
30. Steele A, Gowrishankar M, Abrahamson S y col: Postoperative hyponatremia despite near-isotonic saline infusion: a phenomenon of desalination. *Annals of Internal Medicine* 1997; 126:20-25.
31. Mazze RI: *Renal physiology*. Anesthesia, Miller RD ed. Vol 1; 1990. Churchill Livingstone.
32. Thomas TH, Morgan DB: Post-surgical hyponatraemia: the role of intravenous fluids and arginine vasopressin. *Br J Surg*, 1979, 66:540-542.
33. Tindall SF, Clark RG. The influence of high and low sodium intake on post-operative antidiuresis. *Br J Surg* 1981; 68:639-644.