

# Protocolo quirúrgico para disminuir las infecciones asociadas al implante de válvulas ventriculoperitoneales en el tratamiento de la hidrocefalia

## Cohorte retrospectiva de 400 casos

Pablo Ajler y Ezequiel Goldschmidt

### RESUMEN

La hidrocefalia es una de las patologías más frecuentes en la práctica neuroquirúrgica. Su prevalencia en la infancia es de 0.5 a 1 caso cada 1000 niños. La disfunción e infección de los sistemas de derivación son las complicaciones más frecuentes en el tratamiento de esta patología con consecuencias muchas veces devastadoras. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la aplicación de un nuevo protocolo quirúrgico con el objeto de disminuir las infecciones asociadas a la colocación de una válvula ventriculoperitoneal. Se trata de un estudio de cohorte retrospectiva; el porcentaje de pacientes con una válvula de derivación por hidrocefalia e infectados fue comparado en dos series consecutivas: la primera (grupo 1) del año 1996 a 2001 previa a la introducción de un protocolo quirúrgico con el objeto de disminuir las complicaciones infecciosas asociadas a la colocación de una válvula ventriculoperitoneal, y la segunda (grupo 2) del año 2001 a 2006 posterior a su aplicación. Ambos grupos fueron comparables en sus características demográficas, etiología de la hidrocefalia, tipo de válvula utilizada e instancia de la cirugía (urgente o programada). La incidencia de infecciones fue del 13.5% en el grupo A *versus* 3.5% en el grupo B ( $p < 0.001$ ) con un cociente de proporciones (*Odds ratio*) de 0.23 (IC 95% 0.09-0.54). La incorporación de una combinación de medidas preventivas intraoperatorias como el uso de yodopovidona, la no fijación de la válvula, la tunelización desde proximal, entre otras, resultaron extremadamente eficaces para reducir la infección de las válvulas ventriculoperitoneales.

**Palabras clave:** hidrocefalia, válvula ventriculoperitoneal, infección.

### REDUCTION OF SURGICAL INFECTIONS ASSOCIATED WITH VENTRICULOPERITONEAL SHUNT, A NEW PROTOCOL RETROSPECTIVE COHORT OF 400 CASES ABSTRACT

Hydrocephalus is one of the most common diseases in neurosurgical practice with a prevalence in children of 0.5-1/1000 newborns. Shunt dysfunction and infection are the most common complications in the treatment of this disease and strongly affect the neurological outcome. The aim of this study is to assess if the implementation of a new surgical protocol can reduce infections associated with the placement of a ventriculoperitoneal shunt. This is a retrospective cohort study intended to analyze if the application of a new surgical protocol can lower the infection rates in these patients. Infection incidence rate in group A (patients treated before the application of the protocol) were compared with the incidence rate in group B (patients treated after the protocol was applied). The two groups were not statistically different regarding base line characteristics. The incidence in group A was 13.5% (CI95%) compared with 3.5% (CI 95%) in group B,  $p < 0.05$ . (IC 95% 0.09-0.54). The instauration of a group of measures applied at the surgery can deeply influence the outcome of the ventriculoperitoneal shunts.

**Key words:** hydrocephalus, ventriculoperitoneal shunt, infection.

**Rev. Hosp. Ital. B.Aires 2014; 34(1): 5-10.**

### INTRODUCCIÓN

La hidrocefalia es una de las patologías más frecuentes en la práctica neuroquirúrgica. Su prevalencia en la infancia es de 0.5 a 1 caso cada 1000 niños.<sup>1,2</sup> En la población adulta su diagnóstico no es tan frecuente y su incidencia

es de aproximadamente 3.4 casos cada 100 000 adultos.<sup>3</sup> A partir del desarrollo de sistemas de derivación entre los años 1940 y 1950, la morbimortalidad asociada a esta patología ha caído notablemente de 50% a 5-10%,<sup>4,5</sup> y muchos de los pacientes tratados pueden desarrollar una vida completamente normal.

Sin embargo, la disfunción e infección de los sistemas de derivación son las complicaciones más frecuentes, con consecuencias muchas veces devastadoras.

Enviado 18/01/14

Aceptado 31/03/14

Servicio de Neurocirugía, Hospital Italiano de Buenos Aires.  
Correspondencia: pablo.ajler@hospitalitaliano.org.ar

Estos pacientes, que requieren mayor estadía hospitalaria, múltiples procedimientos y terapéutica antibiótica, generan un gran impacto en el sistema de salud que podría ser prevenido. Lo que es aún peor: las complicaciones mencionadas provocan una alta morbimortalidad con secuelas definitivas en muchos de ellos.<sup>6</sup>

El objetivo del presente trabajo es estudiar la aplicación de un nuevo protocolo quirúrgico con el objeto de disminuir las infecciones asociadas a la colocación de una válvula ventriculoperitoneal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio de cohorte retrospectiva; el porcentaje de pacientes con una válvula de derivación por hidrocefalia e infectados será comparado en dos series consecutivas: la primera (grupo 1) del año 1996 a 2001 previa a la introducción de un protocolo quirúrgico nuevo con el objeto de disminuir el porcentaje de infecciones asociadas a la colocación de una válvula ventriculoperitoneal, y la segunda (grupo 2) del año 2001 a 2006 posterior a su aplicación.

Se incluyeron pacientes con hidrocefalia de cualquier etiología diagnosticada por tomografía computarizada (TC) de encéfalo, resonancia magnética (RM) de encéfalo y ultrasonografía transfontanelar, a los que se les colocó una derivación ventriculoperitoneal en el Hospital de Niños Dr. Pedro de Elizalde, con un seguimiento posoperatorio de 6 meses en el período 1996-2006.

## Criterios de exclusión

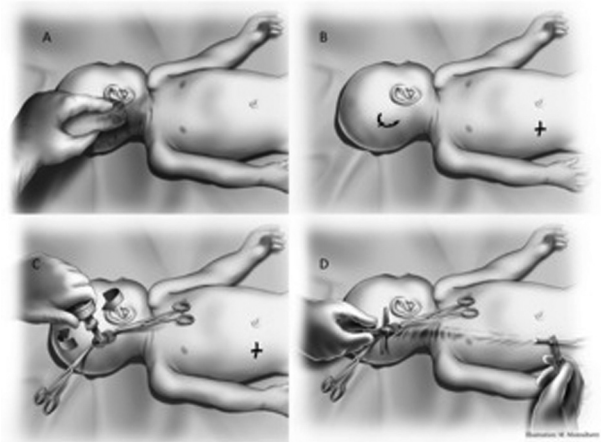
- Fallecimiento del paciente por otra patología.
- Infección del líquido cefalorraquídeo al momento del implante (físicoquímico y cultivo tomado en la cirugía). Se consideró infectado a un paciente cuando cumplió con uno o más de los criterios expresados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Valores necesarios en el líquido cefalorraquídeo para considerar infección del sistema

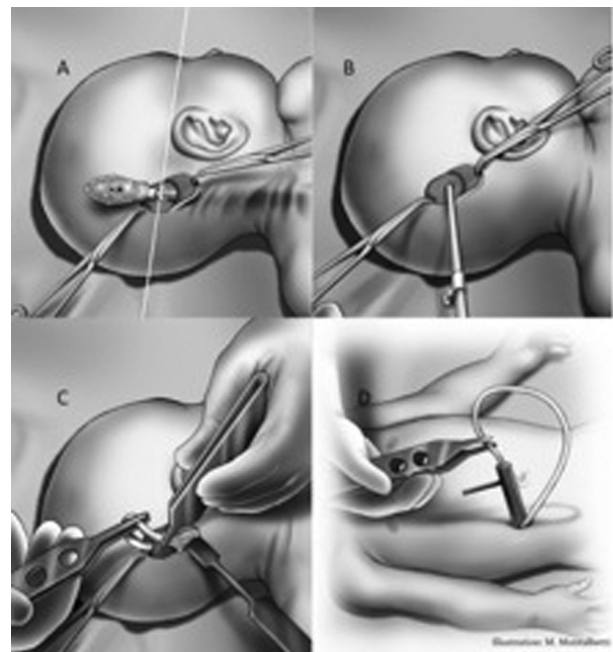
- |    |  |
|----|--|
| a. | cultivo positivo de LCR (líquido cefalorraquídeo) de válvulas en pacientes con presentación clínica de meningitis bacteriana aguda o signos o síntomas de disfunción |
| b. | Por lo menos uno de los siguientes parámetros de inflamación bacteriana de LCR   |
| 1. | Número de leucocitos mayor de $0.25 \times 10^9$ por litro con predominio PMN  |
| 2. | Concentración de lactato en LCR mayor de 3.5 mmol por litro  |
| 3. | Relación glucosa LCR/suero menor de 0.4  |
| 4. | Valor absoluto de glucosa en LCR menor de 2.5 mmol por litro   |

## Pasos técnicos de la cirugía (grupo 2, Figs.1 y 2)

1. Lavado con yodopovidona del territorio quirúrgico en tres oportunidades.



**Figura 1.** Descripción de la técnica quirúrgica. **A.** Técnica de lavado con jabón de yodopovidona previo a la colocación de campos. **B.** Pueden observarse en la ilustración los sitios donde realizar las incisiones. **C.** Orificio de craneotomía con trépano manual. **D.** Se observa la introducción del pasador de proximal a distal y la introducción del catéter distal con técnica estéril en sentido contrario.



**Figura 2.** Descripción de la técnica quirúrgica. **A.** Puede observarse el catéter distal ya unido a la válvula; este es uno de los puntos en donde debe fijarse el catéter con una ligadura, evitando tocar la sutura. **B.** Colocación del catéter ventricular: con pinza de mano, el sistema valvular es colocado debajo del bolsillo cutáneo. **C.** Conexión del catéter ventricular a la válvula. **D.** Se ha introducido un trocar en la cavidad abdominal a través del cual se coloca el catéter distal a la cavidad peritoneal.

2. Colocación de campos quirúrgicos con técnica estéril y *steri drape* impregnado en yodoformo (3MTM IobanTM 2 Antimicrobial Incise Drapes EZ®).
  3. Incisión pequeña parietal posterior en forma de una herradura pequeña con estricto control de hemostasia.
  4. Realización del bolsillo cutáneo en donde se va a alojar el sistema.
  5. Orificio de trépano en la región de entrada del catéter.
  6. Colocación del tunelizador desde dentro del bolsillo cutáneo hasta la región paraumbilical.
  7. Apertura de la válvula y sus catéteres; se coloca válvula en solución fisiológica (no debe ser manipulada).
  8. Se introduce un catéter distal de distal a proximal, se conecta a través del tunelizador y se cubre el remanente para evitar la adhesión de bacterias (no manipular el catéter sino utilizar pinzas).
  9. Se conecta el catéter distal a la válvula y se fija con una ligadura, dejando el nudo hacia el lado craneal. Se coloca la válvula en el bolsillo.
  10. Coagulación y apertura dural; se coloca un catéter ventricular, se corta y conecta al sistema fijándolo con ligadura. No debe manipularse.
  11. Colocación del catéter distal mediante trocar a la cavidad peritoneal.
  12. Cierre de ambas incisiones.
- Durante toda la cirugía se realizan lavados con solución de yodopovidona.

Tabla 2

	Frecuencia	Porcentaje
<b>Edad</b>		
Recién nacidos	148	37.0
Lactantes	212	53.0
1-4 años	25	6.3
Mayores de 5 años	15	3.8
<b>Etiología</b>		
MMC	176	44.0
Estenosis acueductal	122	30.5
Posmeningitis	52	13.0
Poshemorrágica	32	8.0
Tumoral	18	4.5
<b>Tipo de válvula</b>		
Ventriculoperitoneal	375	93.8
Ventriculoatrial	25	6.3
<b>Urgencia</b>		
No	350	87.5
Sí	50	12.5

## RESULTADOS

De acuerdo con criterios de inclusión y exclusión se analizaron las historias clínicas de 400 pacientes, el 50% (200) perteneció al grupo A (previo a la instalación de las medidas antiinfecciosas descriptas) y los restantes 200 pacientes al grupo B (posterior a las medidas).

Los parámetros demográficos, la etiología de la hidrocefalia, el tipo de válvula que se colocó y el tipo de instancia de la cirugía (urgente o programada) se describen en la tabla 2. Con el fin de determinar diferencias en las características basales de ambas poblaciones, se compararon ambos grupos para determinar si existían entre ellos diferencias en cuanto a la distribución de edad, etiología, tipo de válvula y tipo de cirugía. En ningún caso se encontraron diferencias significativas (Tabla 3).

La incidencia en el grupo A fue del 13,5% en comparación con el 3,5% del grupo B. El análisis muestra una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ( $p$  menor de 0.001) con un cociente de proporciones (*Odds ratio*) de 0.23 (IC 95% 0.09-0.54). Siendo las características basales comparables, la diferencia se debe –con una altísima probabilidad– a la introducción de medidas preventivas de infecciones. De hecho, el 79,4% de los pacientes infectados pertenecen al primer grupo. En el segundo grupo (B), solo el 3.5% presentaron infecciones. Los 7 pacientes infectados en el grupo B fueron cirugías

Tabla 3. Comparación entre ambos grupos de las características de base. Las variables se expresan como “frecuencia (porcentaje)”

	Grupo A	Grupo B	p
<b>Edad</b>			
Recién nacidos	71 (35.5)	77 (38.5)	0.751
Lactantes	106 (53)	106 (53)	0.751
1-4 años	14 (7)	11 (5.5)	0.751
Mayores de 5 años	9 (4.5)	6 (3)	0.751
<b>Etiología</b>			
MMC	87 (43.5)	89 (44.5)	0.538
Estenosis acueductal	6 (31)	60 (30)	0.538
Posmeningitis	26 (13)	26 (13)	0.538
Poshemorrágica	19 (9.5)	13 (6.5)	0.538
Tumoral	6 (3)	12 (6)	0.538
<b>Tipo de válvula</b>			
Ventriculoperitoneal	188 (94)	187 (93.5)	1
Ventriculoatrial	12 (6)	13 (6.5)	1
<b>Urgencia</b>			
No	174 (87)	176 (88)	0.88
Sí	26 (13)	24 (12)	0.88

**Tabla 4.** Incidencia de las infecciones asociadas a colocación de derivaciones de acuerdo con el grupo. “% del grupo” indica qué proporción de cada grupo tiene o no infección; en cambio “% de infecciones” indica qué proporción de los pacientes infectados o no representa cada grupo.

	Infectados	No infectados
<b>Grupo A</b>		
Frecuencia	27	173
% del grupo	13.5	86.5
% de las infecciones	47.3	79.4
<b>Grupo B</b>		
Frecuencia	7	193
% del grupo	3.5	96.5
% de las infecciones	20.6	52.7

de urgencia, las que presentan per se un riesgo aumentado en ambos grupos (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

Un análisis detallado de diferentes aspectos de la cirugía permitió desarrollar un protocolo estricto con el objetivo de disminuir las infecciones; se trata de un nuevo protocolo que fue aplicado desde el año 2001 con la consiguiente disminución significativa de las infecciones. Cabe aclarar que no existieron cambios mayores en cuanto a la política de cuidado de infecciones generales del hospital entre los períodos 1996-2001 y 2001-2006. Previamente a la aplicación de un protocolo estricto en el año 2001 existía una gran variación interpersonal en el implante de las válvulas; esto se debía al hecho de que los integrantes del equipo médico quirúrgico provenían de diferentes escuelas de formación. De acuerdo con estudios que contaron con el apoyo de la Organización Mundial de la Salud, el uso de una lista de chequeo antes y durante la cirugía ha demostrado reducir de manera importante la morbilidad.<sup>7</sup>

Es claro que un método estandarizado puede provocar cambios drásticos en las complicaciones infecciosas asociadas a cualquier procedimiento; de hecho, un estudio llevado adelante en Estados Unidos por la Asociación Nacional de Hospitales Pediátricos demostró una reducción importante en el porcentaje de complicaciones en la colocación y extracción de vías centrales utilizando un conjunto de medidas protocolizadas.<sup>8</sup>

Una serie de factores determinan el desarrollo de las infecciones. La etiología de la hidrocefalia, la edad del paciente y su estado nutricional son factores no modificables, por lo que nos centraremos en el análisis de los factores que sí podemos cambiar y sobre la evidencia de estos en la literatura.<sup>9</sup>

### Tiempo quirúrgico

El tiempo quirúrgico es uno de los principales factores de riesgo de infección del sitio quirúrgico<sup>10</sup> y depende en

gran medida de la experiencia del cirujano y de la técnica utilizada.

Resultan de importancia algunos cambios en la técnica que hemos implementado para acelerar el procedimiento: el uso de un trocar a nivel peritoneal es, sin duda, el paso más importante en este aspecto, ya que evita la disección del tejido celular subcutáneo y los planos musculares. En una población mayoritariamente neonatal, el uso del trocar puede generalizarse, pues solo se realiza una incisión en la piel y se introduce el trocar y a través de él colocamos el catéter peritoneal. Esto reduce sensiblemente el tiempo operatorio.

La utilización de puntos de sutura para fijar la válvula, algo innecesario desde nuestro punto de vista, también prolonga el procedimiento.

Otro aspecto importante que contribuye a la disminución del tiempo quirúrgico es la tunelización del catéter distal desde el bolsillo donde va alojada la válvula (craneal) hacia caudal. Esto evita tener que agrandar el bolsillo, disminuyendo el tiempo quirúrgico. Muchos centros tunelizan el catéter distal desde distal a proximal y por la vía submuscular.

### El antiséptico intraoperatorio y su impacto

La utilización de yodopovidona es habitual en la limpieza prequirúrgica y antes de la colocación de campos quirúrgicos; sin embargo, su uso durante la cirugía no está estandarizado, a pesar de que muchos trabajos científicos concluyen que determina un descenso del porcentaje de infecciones.

De hecho, un metanálisis reciente de Fournel<sup>11</sup> demuestra, sobre un total de 24 trabajos aleatorizados y controlados, que el uso de yodopovidona intraoperatoria disminuiría las infecciones del sitio quirúrgico. Por lo tanto, existe evidencia en la literatura que apoya su utilización. En el grupo B de pacientes comenzamos a emplearla con el objeto de hacer descender el número de infecciones. Se utilizó una solución de yodopovidona (10 g cada 100 ml) durante el acto operatorio en el 100% de los casos, topicando los tejidos en forma continua.

### Uso de suturas y su aplicación en la técnica

Las suturas tendrían un papel en el desarrollo de infecciones. De hecho, algunas empresas fabricantes han desarrollado productos impregnados con antibióticos con el objeto de reducir el porcentaje de infecciones. Si bien algunos trabajos publicados acerca de suturas con antibióticos especialmente en el implante de válvulas han demostrado utilidad,<sup>12</sup> varios metanálisis más recientes no han podido comprobar su eficacia.<sup>13</sup>

Desde nuestro punto de vista la utilización de un exceso de suturas a nivel subcutáneo tiene dos potenciales efectos sobre el desarrollo de infecciones. El primero es que el agregado de sustancias inertes tiene la potencialidad de ser colonizado por gérmenes que terminen provocando una infección del sistema. El segundo es que el uso de sutu-

ras para fijar la válvula incrementa el tiempo operatorio, aumentando el riesgo de infecciones.

Usualmente, las válvulas se fijan al periostio para evitar su desplazamiento. Con los sistemas actuales, esta conducta no es necesaria ya que no se producen desplazamientos, por lo que dejamos de fijar la válvula en el grupo B, disminuyendo el tiempo quirúrgico y las potenciales infecciones. En nuestra serie no tuvimos migración de válvulas no fijadas al periostio.

#### **Adherencia de bacterias al silastic**

La gran mayoría de las infecciones en válvulas ventriculoperitoneales se producen por estafilococos de la serie *epidermidis* y la fase inicial de estas comienza con la adhesión de la bacteria al silastic de la válvula.<sup>14</sup>

Es así como en el grupo B intentamos someter a un menor tiempo de exposición al silastic, disminuyendo también su manipulación mediante el uso de pinzas. Asimismo hicimos hincapié en abrir el envase de la válvula inmediatamente antes de su implante, para evitar tiempos innecesarios de exposición al medioambiente.

La utilización de yodopovidona también disminuiría la adhesión de las bacterias al silastic.<sup>15</sup>

#### **Importancia del rasurado**

El rasurado preoperatorio ha sido vinculado a la posibilidad de disminuir el índice de infecciones; sin embargo, algunos estudios recientes y un metanálisis demuestran lo contrario.<sup>16</sup> En este punto, el rasurado de la zona de incisión no fue protocolizado, aunque la mayoría de los pacientes de ambos grupos fueron rasurados en el sitio de la incisión.

#### **Adhesivos impregnados con yodopovidona**

El uso de adhesivos plásticos impregnados con yodopovidona separa y evitaría el traslado de gérmenes de la piel hacia el silastic de la válvula. Múltiples artículos priorizan su uso como coadyuvante para disminuir el riesgo de infección en válvulas.<sup>17</sup> A pesar de esto, en un metanálisis reciente de la base de datos Cochrane no se observan beneficios en heridas quirúrgicas en general en la prevención de infecciones; en nuestro análisis en el 100% de los pacientes del grupo 2 se utilizó el adhesivo plástico impregnado con yodopovidona.

#### **Cambio de guantes durante la cirugía**

La gran mayoría de las infecciones de los sistemas de derivación ventriculoperitoneal se produce en el primer mes posoperatorio; la mitad de ellas por lo general se

deben a estafilococos coagulasa negativos y un tercio de estas a *Staphylococcus aureus*.<sup>18</sup> Esto sugiere que existe una transferencia de gérmenes de la piel del paciente al sistema de derivación; por lo tanto, el cambio de guantes antes de tocar la válvula podría determinar una disminución importante de la cantidad de infecciones.<sup>18</sup> Es así como implementamos dos medidas en el grupo 2: el cambio de guantes inmediatamente antes de abrir la derivación y el no manipular la válvula directamente sino con pinzas.

#### **Cantidad de personas en el quirófano e infecciones**

La circulación de gente en el quirófano es, sin duda, un factor determinante en la posibilidad de infecciones; esta observación nos llevó a ser estrictos en cuanto a la entrada y salida de gente del quirófano, por lo que eliminamos en el grupo 2 el uso de instrumentadora y redujimos de esta manera la cantidad de personal. Las puertas de la sala operatoria permanecieron cerradas durante los procedimientos y solo se abrieron en caso de emergencias; este factor es –desde nuestro punto de vista– esencial en la reducción de infecciones.<sup>19</sup>

El mecanismo y las causas por las cuales una válvula de derivación se infecta no son del todo conocidos; muchas variables que supuestamente influyen han sido descritas, como el sexo, la edad, la etiología de la hidrocefalia y ciertos factores perioperatorios. Nuestro punto de vista es que la infección de los sistemas de derivación está fundamentalmente mediada por el acto quirúrgico ya que es allí donde ingresa o bien donde por una deficiente técnica se generan los medios necesarios para una infección ulterior. Nuestro análisis de 400 pacientes operados, todos de un rango etario y características socioculturales similares, demostró que ciertas modificaciones de la técnica en el quirófano determinan una reducción del porcentaje de infecciones a un punto cercano al cero.

#### **CONCLUSIONES**

La adopción estricta de una combinación de medidas quirúrgicas resultó extremadamente eficaz para prevenir las complicaciones infecciosas asociadas a la colocación de una válvula ventriculoperitoneal.

Agradecimientos: a los Dres. Guillermo Ajler y Alberto Yáñez, exjefe y jefe actual de Neurocirugía del Hospital de Niños Pedro de Elizalde, por facilitar y dar apoyo a este trabajo.

**REFERENCIAS**

1. Gardner P, Leipzig T, Phillips P. Infections of central nervous system shunts. *Med Clin North Am.* 1985;69(2):297-314.
2. Persson EK, Anderson S, Wiklund LM, et al. Hydrocephalus in children born in 1999-2002: epidemiology, outcome and ophthalmological findings. *Childs Nerv Syst.* 2007;23(10):1111-8.
3. Tisell M, Höglund M, Wikkelsø C. National and regional incidence of surgery for adult hydrocephalus in Sweden. *Acta Neurol Scand.* 2005;112(2):72-5.
4. Hadenius AM, Hagberg B, Hyttinas-Bensch K, et al. [Congenital hydrocephalus. II. Long-term prognosis of untreated hydrocephalus in infants]. *Nord Med.* 1962;68:1515-9.
5. Patwardhan RV, Nanda A. Implanted ventricular shunts in the United States: the billion-dollar-a-year cost of hydrocephalus treatment. *Neurosurgery.* 2005;56(1):139-44; discusión 144-5.
6. Vinchon M, Dhellemmes P. Cerebrospinal fluid shunt infection: risk factors and long-term follow-up. *Childs Nerv Syst.* 2006;22(7):692-7.
7. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med.* 2009;360(5):491-9.
8. Miller MR, Griswold M, Harris JM 2nd, et al. Decreasing PICU catheter-associated bloodstream infections: NACHRI's quality transformation efforts. *Pediatrics.* 2010;125(2):206-13.
9. Nejat F, Tajik P, Ghodsi SM, et al. Breastfeeding: a potential protective factor against ventriculoperitoneal shunt infection in young infants. *J Neurosurg Pediatr.* 2008;1(2):138-41.
10. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, et al. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1999;20(4):250-78; quiz 279-80.
11. Fournel I, Tiv M, Soulias M, et al. Meta-analysis of intraoperative povidone-iodine application to prevent surgical-site infection. *Br J Surg.* 2010;97(11):1603-13.
12. Rozzelle CJ, Leonardo J, Li V. Antimicrobial suture wound closure for cerebrospinal fluid shunt surgery: a prospective, double-blinded, randomized controlled trial. *J Neurosurg Pediatr.* 2008;2(2):111-7.
13. Chang WK, Srinivasa S, Morton R, et al. Triclosan-impregnated sutures to decrease surgical site infections: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Ann Surg.* 2012;255(5):854-9.
14. Boelens JJ, Tan WF, Dankert J, et al. Antibacterial activity of antibiotic-soaked polyvinylpyrrolidone-grafted silicon elastomer hydrocephalus shunts. *J Antimicrob Chemother.* 2000;45(2):221-4.
15. Levy ML, Luu T, Meltzer HS, et al. Bacterial adhesion to surfactant-modified silicone surfaces. *Neurosurgery.* 2004; 54(2): 488-90; discussion 490-1.
16. Broekman ML, van Beijnum J, Peul WC, et al. Neurosurgery and shaving: what's the evidence? *J Neurosurg.* 2011;115(4):670-8.
17. Kestle JR, Riva-Cambria J, Wellons JC 3rd, et al. A standardized protocol to reduce cerebrospinal fluid shunt infection: the Hydrocephalus Clinical Research Network Quality Improvement Initiative. *J Neurosurg Pediatr.* 2011;8(1):22-9.
18. Schoenbaum SC, Gardner P, Shillito J. Infections of cerebrospinal fluid shunts: epidemiology, clinical manifestations, and therapy. *J Infect Dis.* 1975;131(5):543-52.
19. Rehman AU, Rehman TU, Bashir HH, et al. A simple method to reduce infection of ventriculoperitoneal shunts. *J Neurosurg Pediatr.* 2010;5(6):569-72.