

Sistemas de irrigación en artroscopia de hombro

J.M. Martínez Gómiz^a, F. López Mombiela^b y J. Vaquero Martín^b

^aServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Infanta Leonor. Madrid. España. ^bServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

A la hora de realizar un procedimiento artroscópico de manera segura es esencial una visualización óptima; para ello es necesario un correcto funcionamiento del sistema óptico y una adecuada distensión articular. Con este propósito se han diseñado sistemas de irrigación que introducen líquido en la articulación durante la artroscopia. La presión del líquido de irrigación distiende el espacio articular, mientras el flujo elimina detritus o sangre y mantiene apartados los tejidos blandos. De esta manera puede obtenerse y mantenerse un campo visual nítido. Además de los sistemas de irrigación por gravedad, con o sin bolsas presurizadas, pueden emplearse bombas automáticas de perfusión.

Palabras claves: irrigación, artroscopia, gravedad, bomba de perfusión, distensión articular.

Irrigation systems in shoulder arthroscopy

When it comes to performing a safe arthroscopic procedure, obtaining an optimal view of the surgical field is essential. For this, a proper functioning of the optical systems and an appropriate distension of the joint are required. With this goal in mind, irrigation systems have been developed that inject fluid into the joint during the arthroscopic procedure. The pressure exerted by the fluid distends the joint space, while the fluid itself removes any wear debris or blood found in the surgical field and keeps the soft tissues apart. In this way, a clear view can be obtained of the whole area. In addition to gravity irrigation systems with or without a pressurized bag, automatic infusion pumps can also be used.

Key words: irrigation, arthroscopy, gravity, infusion pump, joint distension.

En cualquier tipo de cirugía una buena exposición es crucial para el éxito de la misma. En artroscopia “buena exposición” se traduce en obtener y mantener una buena visualización durante todo el procedimiento¹⁻⁴. Ello va a requerir un adecuado funcionamiento del sistema óptico (lentes, artroscopio y equipo de cámara/vídeo) y una adecuada distensión articular mediante un sistema de irrigación que mantenga un medio óptimamente claro en el interior de la articulación¹. Una distensión adecuada es de crucial importancia a la hora de permitir la correcta inspección de la articulación en el diagnóstico, la visualización del campo operatorio y la manipulación del artroscopio e instrumentos quirúrgicos con mayor seguridad y eficacia⁵.

La dinámica de fluidos durante la artroscopia es esencial para la visualización, y según la duración para la morbilidad postoperatoria. En el manejo de fluidos existen 4 aspectos básicos: el flujo, determinado por la fórmula de Poiseuille (flujo = presión / resistencia)^{1,6,7}; la velocidad de flujo (l/min), que es la cantidad de líquido que se mueve pasado un punto específico durante un periodo de tiempo concreto; la resistencia, determinada por el diámetro de la vaina artroscópica y el diámetro de la cánula de irrigación y la presión (mmHg), que es una medida de fuerza sobre un área determinada. Cuando el flujo de entrada es igual al de salida la presión es estable y se dice que se halla en equilibrio⁸.

En la bibliografía no existen guías concluyentes para una irrigación articular óptima, existiendo diferentes recomendaciones en cuanto a las presiones intraarticulares de trabajo y la configuración de los portales^{1,6,9}. Al inicio de la artroscopia preguntas como cuál era la presión intraarticular mínima requerida para obtener una buena visualización, la presión segura de trabajo, la presión máxima necesaria para romper la membrana sinovial, las variaciones ocasionadas por el posicionamiento articular, o las presiones medias obtenidas a través de un sistema de gravedad permanecían sin respuesta¹.

Correspondencia:

J.M. Martínez Gómiz.
C/ Juan de la Cierva 18, portal 6, 3º B.
28500 Arganda del Rey. Madrid.
Correo electrónico: chemacot@yahoo.es

Recibido: noviembre de 2006
Aceptado: septiembre de 2007

Una irrigación óptima se define como un estado estable de irrigación, capaz de proporcionar una presión intraarticular positiva y un flujo suficiente de forma mantenida. La presión del líquido de irrigación distiende la articulación y ayuda a controlar el sangrado, mientras que un flujo adecuado es importante a la hora de mantener nítido el campo visual libre de sangre y restos de otros tejidos, además de aumentar la eficacia del instrumental de corte. Sin embargo, la elevación excesiva de la presión o del flujo puede provocar una extravasación de líquido en las partes blandas con la consiguiente distorsión de la anatomía y la aparición de complicaciones potenciales. Por tanto, los objetivos principales de los sistemas de manejo de líquidos serán proporcionar una presión intraarticular constante y mantener un balance de fluidos equilibrado⁴. Para conseguir este propósito son varios los sistemas de irrigación empleados: sistema de alimentación por gravedad, también llamado *the drill method*, infusión por gravedad con bolsas presurizadas y un sistema de irrigación mediante bomba automática^{1,8,10}.

CONCEPTOS SOBRE IRRIGACIÓN ARTROSCÓPICA

Irrigación por gravedad

Los sistemas de alimentación por gravedad mediante bolsas de suero salino elevadas por encima de la articulación, con o sin el empleo de manguitos neumáticos en torno a las bolsas¹⁰, constituyen los sistemas más frecuentemente empleados.

Éstos se basan en la presión hidrostática; la presión en un punto de una columna hidráulica es igual al peso específico del líquido multiplicado por la altura de la columna. Por tal motivo es frecuente describir la presión de una columna hidráulica mencionando solamente el líquido y su altura (33 cm H₂O = 22 mmHg). El gradiente de presión y el flujo generado en estos sistemas dependerá únicamente de la diferencia de altura entre las bolsas de suero y la articulación⁶. Para una altura fija del reservorio y un diámetro de la cánula de entrada determinado, el gradiente de presión no se ve afectado por el aumento del volumen del reservorio, de tal forma que en un sistema de irrigación por gravedad podrá modificarse el flujo aumentando la altura de las bolsas de irrigación, pero no mediante un aumento del volumen de las mismas¹.

El flujo en estos sistemas vendrá determinado por el tamaño del artroscopio (canal efectivo de la vaina artroscópica), así como por el diámetro interno de la cánula de entrada. Con la cánula de salida cerrada, la presión intraarticular se incrementa lentamente durante la introducción de los primeros mililitros de irrigación, para aumentar rápidamente con volúmenes mayores a medida que la articulación se distiende. A la inversa, el flujo se modifica ligeramente durante este periodo de distensión articular para disminuir rápida-



Figura 1. Reservorios a dos alturas.

mente a medida que la presión intraarticular aumenta e iguala el gradiente de presión de entrada⁶.

Entre las ventajas de los sistemas de gravedad destacan su seguridad, sencillez y bajo coste. Sin embargo la visualización en estos sistemas puede verse comprometida por fluctuaciones en el flujo de entrada, obligando a la interrupción temporal de la cirugía. Uno de los problemas que se plantea con frecuencia es la pérdida brusca de la presión de entrada cuando las bolsas de irrigación se vacían. Para solventar este problema Davison¹¹ y Kim¹² utilizan una técnica sencilla basada en el empleo de dos reservorios a diferentes niveles. La bolsa superior se vacía antes debido a su mayor presión hidrostática. Cuando esto sucede la bolsa inferior comienza a drenar con escasa pérdida de presión en la articulación, lo que aporta el tiempo suficiente para cambiar el reservorio (fig. 1).

Aunque el flujo de entrada por gravedad es generalmente suficiente, éste varía con la velocidad del flujo de salida y no puede ser controlado de forma independiente. En intervenciones donde el flujo de salida es excesivamente alto (empleo de instrumentos motorizados con aspiración, realización de túneles óseos, etc.), el flujo de entrada no siempre puede mantener la presión intraarticular, lo que condiciona un balance negativo del flujo y el consiguiente colapso de la articulación^{1,6,9,13}.

Bombas de perfusión automática

El gradiente de presión generado en un sistema de irrigación mediante bomba automática es totalmente controlado por ésta y no depende de la altura del reservorio, de su volumen, o de la gravedad. Estas bombas tienen la capacidad de producir un flujo predecible y constante con el sistema abierto y presiones por encima de las alcanzadas con los sistemas de gravedad¹, lo que facilita la visualización y limpieza de la articulación durante el procedimiento^{5,6,9}.

El uso de la bomba de infusión en artroscopia fue descrito por primera vez por Gillquist en 1977¹⁴. A diferencia de los sistemas de gravedad éstas pueden trabajar con una mayor presión⁹ y flujo⁶, además de permitir mantener este último en presencia de altas presiones. Un flujo elevado es útil a la hora de lavar y distender la articulación de forma rápida, siendo especialmente útil cuando se emplean instrumentos motorizados con aspiración. Una vez distendida la articulación el incremento de la presión ayudará al control del sangrado mediante el taponamiento de los vasos sangrantes.

Tipos de bomba

La bomba peristáltica funciona mediante pinzado y despinzado del tubo de entrada, introduciendo paquetes individuales de líquido, de forma que la presión y el flujo se regulan mediante el control de las revoluciones por minuto (rpm) de la cabeza de la bomba. El inconveniente de este sistema es que tiene un efecto pulsátil, y cuando la velocidad de flujo es alta puede producirse un pico de presión.

La bomba centrífuga emplea un propulsor rotatorio mediante el que se envía un volumen continuo de líquido. Ello permite un control más uniforme de la presión sin que se produzcan picos. Sin embargo, la presencia de un flujo constante en un espacio no contenido puede provocar una extravasación en las partes blandas circundantes, siendo especialmente importante la relación entre el flujo de entrada y salida en el espacio subacromial⁸.

Existen en el mercado bombas con control de presión y bombas con control de presión y flujo capaces de modificar ambas variables de forma independiente. Estas últimas son generalmente más complejas de manejar y tienen un mayor coste³.

Son varios los estudios que comparan sistemas de bomba en condiciones de laboratorio, pero escasos los que hablan de su eficacia clínica^{1,13}. El empleo de bombas con control de presión y flujo parece disminuir la extravasación y tiempo quirúrgico, gracias a una mayor visualización y facilidad técnica para cada procedimiento³. Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias significativas en la eficacia de ambos tipos de bombas en procedimientos simples como la acromioplastia¹⁵, si bien otros más complejos y prolongados podrían beneficiarse del empleo de bombas más avanzadas³.

Muellner et al² evaluaron la precisión en el control de la presión y el flujo de 4 dispositivos de irrigación. Todos fueron capaces de mantener presiones de 60 mmHg de forma fiable. Sin embargo, para alcanzar una misma presión intraarticular, debía aumentarse la presión reflejada en el *display* en las bombas más simples (Arthrex AR-6450, bomba de alto flujo Stryker 1,5L), debiendo mostrar valores superiores en comparación con las bombas más sofisticadas (Arthro FMS 4 y Acufex InteliJet).

En la actualidad existen en el mercado sofisticados sistemas de perfusión automática que pueden proporcionar presiones de hasta 200 mmHg y un flujo máximo que puede alcanzar los 2.000 ml/min. Estos sistemas permiten modificar la presión y el flujo de forma independiente, están equipados con dispositivos de seguridad que evitan la hiperpresión articular y pueden ser controlados en su totalidad por el cirujano a través de un pedal o dispositivo remoto. Sin embargo, considerando las posibles complicaciones en relación con las altas presiones, como la ruptura de la membrana sinovial, la extravasación de fluido y el síndrome compartimental, es difícil comprender por qué todos los dispositivos permiten valores de presión muy por encima de 100 mmHg.

Sistemas de irrigación: relación presión-flujo-resistencia

El flujo a través de un vaso o un tubo viene determinado por la ley de Poiseuille^{1,6,7}:

$$F = \frac{P \times D^4}{V \times L} \times C$$

En donde F es el flujo, P es el gradiente de presión entre los extremos del sistema, D es el diámetro del vaso/tubo, L es la longitud, V la viscosidad del líquido de irrigación y C es una constante. La fórmula puede simplificarse: $F = P / R$, donde R es la resistencia al flujo. Desde un punto de vista práctico el principal factor responsable del flujo será el diámetro de la cánula de entrada y/o de la vaina del artroscopio. A pesar de una presión hidrostática constante la reducción a la mitad del radio de una cánula disminuirá el flujo a 1/16⁷. Por esta razón cánulas de gran diámetro empleadas en irrigación urológica se utilizan en artroscopia.

De forma experimental un sistema completo de irrigación es un modelo compuesto de una bomba con un número de restricciones en serie, como son el tubo de entrada, la combinación vaina-artroscopio, la articulación, la cánula de salida y el tubo de salida. La bomba generará una presión inicial al comienzo del sistema (presión hidrostática para los sistemas de gravedad) y el flujo se desarrollará con una magnitud dependiente de las restricciones totales del sistema. La presión caerá en cada punto de restricción (i) de acuerdo con la fórmula: $\Delta P_i = Q \cdot R_i$ (caída de presión hidro-

dinámica en cada punto = flujo · resistencia en cada punto). Si las restricciones previas a la articulación son altas la caída de presión será elevada, por lo que el resultado será siempre una presión intraarticular por debajo de la presión inicial del sistema^{2,13}.

Por todo ello, y desde un punto de vista práctico, el flujo y la presión intraarticular serán mayores cuando se emplee una cánula de irrigación independiente con una menor resistencia, en comparación con la entrada de suero a través del canal efectivo del artroscopio^{4,13}. A su vez, el empleo de instrumentos motorizados con aspiración producirá un incremento del gradiente de presión a través del sistema, lo cual incrementará el flujo, pero dará lugar a una mayor caída de presión en cada punto de restricción⁴.

Presión crítica de cierre

Todos los vasos presentan una pared muscular que hace que el vaso se colapse antes de que la presión del entorno iguale la presión en el interior de su luz. Es lo que se conoce como “presión crítica de cierre”, siendo el valor medio para una arteriola de unos 20-30 mmHg menor que la presión arterial sistólica. Los vasos que nutren el espacio subacromial son pequeñas arteriolas y capilares con una presión media de unos 25 mmHg menor que la presión arterial sistólica (PAS)¹⁶. Si combinamos estos 25 mmHg con una “presión crítica de cierre” de 20 mmHg, tenemos que el valor teórico calculado que detendría el sangrado en el espacio subacromial es de 45 mmHg menor que la PAS¹⁷. Este mismo principio explicaría por qué no se origina un flujo retrógrado de solución salina hacia el interior del vaso cuando se produce una hiperpresión articular.

LA IRRIGACIÓN EN LA CLÍNICA

Vías de entrada del líquido de irrigación

A pesar de su alta resistencia, la mayoría de los cirujanos prefieren realizar la entrada de líquidos a través del grifo y del canal efectivo de la vaina del artroscopio. Esto permite dirigir el flujo de entrada hacia el campo visual, lo cual aumenta la efectividad de la irrigación, aportando claridad al cirujano allí donde más lo necesita^{6,9,11,18}.

Una forma de eliminar esta resistencia es emplear una cánula de entrada independiente. El estudio de Dolk et al¹³ mostró que el flujo a través del artroscopio era un quinto del obtenido a través de una cánula independiente de 5mm, presentando un efecto menor el diámetro y la longitud del tubo de irrigación¹⁹. De la misma manera, la presión intraarticular tiende a ser mayor cuando se emplea una cánula accesoria, tal y como muestra el estudio experimental de Tuijthof⁴.

Como desventaja el flujo de entrada se produce en una zona remota del área visualizada, dando lugar a una disminución de la efectividad de la irrigación al producirse la



Figura 2. (A) Vaina de alto flujo. (B) Moderna vaina de doble canal que permite el control real de la presión intraarticular. Cortesía de Conmed-Linvatec.

limpieza por dilución en la totalidad del volumen articular. Además, en articulaciones diferentes a la rodilla (hombro, codo, tobillo y cadera) el número de portales de acceso es limitado. En estos casos la irrigación a través del artroscopio obvia la necesidad de emplear un portal accesorio aumentando la flexibilidad del cirujano a la hora de colocar el instrumental quirúrgico⁶.

Hoy día la mayoría de los artroscopios presentan una vaina de alto flujo con una capacidad de 200 ml/min a través de su canal útil usando un sistema de irrigación por gravedad¹. Para aquellos procedimientos que requieran un flujo mayor sin prescindir de la irrigación a través del artroscopio, actualmente existen en el mercado vainas de 5,9 mm para artroscopios de 4 mm. Estas vainas presentan un aumento de su canal efectivo para líquidos respecto a las vainas estándar de 5,5 mm, lo cual aumenta su capacidad y disminuye su resistencia (fig. 2).

Presiones intraarticulares de trabajo y flujo

En 1977 Gillquist et al¹⁴ determinaron un umbral de presión de 28 mmHg (40 cm H₂O) necesario para una correcta visualización. Sin embargo, trabajos posteriores estiman que presiones superiores a estas son necesarias para obtener una distensión capsular consistente y mantenida^{1,5,7,9,20}.

Bauer y Jackson⁷ determinaron una media de presión de 56,7 ± 23,4 mmHg, correspondiente a una altura de 77 cm, necesaria para obtener una buena visualización con un sistema de irrigación por gravedad. Los autores recomiendan

presiones de trabajo entre 40-70 mmHg para la artroscopia de rutina, pero no estudiaron éstas en diferentes posiciones de la rodilla.

Arangio y Kostelnik²¹ encontraron que una presión mínima de 55 mmHg permitía realizar la artroscopia con seguridad en las 5 posiciones de la rodilla estudiadas.

Ewing et al⁵ observaron que la magnitud de estas presiones se veía especialmente afectada por los cambios de posición de la pierna. Con las cánulas de entrada y salida abiertas la exploración del espacio posteromedial mostraba incrementos de 155,8 mmHg, mientras que la posición de 4 para la exploración del compartimento externo incrementaba la presión en 144 mmHg. Mayores presiones máximas fueron registradas en rodillas que no presentaban historia de cirugía previa respecto a las que sí estaban intervenidas.

Con el sistema cerrado, presiones por encima de 200 mmHg pueden generarse durante maniobras de flexo-extensión, pudiendo alcanzar los 400 mmHg si se realizan movimientos de forma rápida^{2,13,22}. La magnitud de estos picos de presión puede exceder los 216 mmHg, valor encontrado por Noyes y Spievak¹⁸, responsable de rupturas sinoviales durante maniobras de flexión o moderada distensión de rodillas en cadáver.

A diferencia de la rodilla los cambios de presión intraarticular con la movilización de hombro son de menor cuantía. La abducción combinada con la tracción muestra las presiones más bajas, mientras que la flexión-rotación interna produce un incremento significativo de la presión glenohumeral²³.

Si la presión de perfusión es inadecuada la visualización de las estructuras intraarticulares se ve comprometida por el colapso articular y la turbidez secundaria al sangrado, incrementando el riesgo de daño inadvertido del cartílago articular u otras estructuras por los instrumentos quirúrgicos⁵. Sin embargo, presiones excesivas pueden dar lugar a una extravasación en tejidos blandos, rotura de la membrana sinovial o incluso a la aparición de un síndrome compartimental^{18,24-26}. En este sentido la irrigación por gravedad se muestra como un sistema seguro y proporciona un adecuado coste-beneficio a la hora de realizar un procedimiento artroscópico^{1,20,21}.

Además de una presión de distensión adecuada, un flujo adecuado es necesario para una correcta visualización. La velocidad del flujo debe ser lo suficientemente rápida para mantener el campo visual libre de sangre y detritus, y no excesiva a la hora de evitar turbulencias^{1,6,5}. Cuando el líquido de irrigación es introducido directamente a través del artroscopio, un flujo constante en torno a los 5-10 ml/min es suficiente para mantener el campo visual claro⁶.

Un flujo elevado con presiones relativamente bajas será útil en aquellas situaciones donde exista una pérdida de integridad de la barrera sinovial/capsular (roturas capsulares), evitando presiones excesivas que resulten en una extravasa-



Figura 3. Terminal motorizado con aspiración.

ción indeseable⁵. En otras ocasiones éste puede suponer una desventaja generando turbulencias y favoreciendo la migración de cuerpos libres¹.

Instrumentos motorizados con aspiración

En procedimientos artroscópicos donde se emplean instrumentos motorizados debe existir un balance estricto entre el flujo de entrada y el de salida que permita mantener una presión intraarticular adecuada, siendo especialmente importante en articulaciones de pequeño tamaño como el hombro. Si la velocidad del flujo de salida excede la capacidad del sistema de entrada se creará un balance negativo de líquidos con el consiguiente colapso articular y pérdida de visualización. Esta situación ocurre frecuentemente con el empleo de instrumentos como el sinoviotomo, donde se genera un gran flujo de salida creado por una presión negativa mediante un aspirador conectado al terminal. En estas situaciones el empleo de una bomba automática de perfusión puede incrementar el flujo de entrada evitando este balance negativo y la pérdida de la distensión^{6,9,14}. En un sistema de perfusión por gravedad este problema puede minimizarse realizando un clampaje de la cánula de salida y/o una aspiración intermitente¹⁹ (fig. 3).

Dolk et al²⁰ recomiendan la elevación de la bomba de aspiración cuando se emplean instrumentos motorizados durante la artroscopia. Los autores registraron presiones positivas en un modelo articular con todos los sistemas de irrigación estudiados cuando la bomba de aspiración se elevaba por encima del modelo. Una altura de 81 cm ofrecía presiones aceptables en todos los sistemas, incluyendo el de gravedad.

Artroscopia de hombro: visualización y sangrado

El aumento de la presión de irrigación ha demostrado aumentar la distensión articular, reducir el sangrado y mejorar

la visualización^{1,5-7,9}. Sin embargo, la dinámica de fluidos en la artroscopia de hombro no ha sido bien definida. Los estudios previos en rodilla que tratan sobre presiones adecuadas de trabajo y sus variables no son aplicables al espacio subacromial, dado que éste carece de una estructura como la membrana sinovial que contenga el líquido de irrigación²⁷, además de no poder controlar el sangrado mediante la aplicación de un manguito neumático. El principal objetivo será obtener una presión en el espacio subacromial que evite el sangrado, al tiempo que se minimiza la extravasación de fluido.

Morrison et al¹⁷ determinaron la relación existente entre la presión del espacio subacromial (PES), la PAS y la claridad del campo visual. El resultado del estudio mostró que una presión diferencial media (PAS-PES) de 49,2 mmHg \pm 9 mmHg o menor se asociaba al cese del sangrado procedente del hueso esponjoso y tejidos blandos. Diferencias mayores de 49 mmHg, bien por elevación de la PAS del paciente, bien por caídas de la PES, producían un sangrado significativo y un detrimento de la visualización.

El intercambio de instrumental en el espacio subacromial daba lugar a una respuesta pulsátil de la bomba de infusión con variaciones en la calidad de la hemostasia, hecho que hizo que los autores abandonaran el empleo de la bomba a favor de un sistema de irrigación por gravedad, permitiendo mantener una presión del espacio subacromial más constante y disminuir de forma significativa las turbulencias generadas por la bomba al intentar compensar las pérdidas de fluido del espacio subacromial.

Epinefrina y solución salina

En artroscopia de rodilla puede obtenerse un campo libre de sangre mediante el empleo de un manguito de isquemia, aplicación que no es técnicamente posible durante la artroscopia de hombro. Por otra parte, la hipotensión relativa, el empleo de suero frío y la electrocoagulación han sido técnicas empleadas a la hora de reducir el sangrado, aunque su beneficio potencial no ha sido bien definido en la literatura.

La adición de epinefrina a una concentración de 1 mg/l en el suero salino de irrigación ha mostrado una reducción significativa de la necesidad del uso de torniquete durante la artroscopia de rodilla²⁸. De la misma manera, Jensen et al²⁹ estudiaron los beneficios potenciales intraoperatorios del empleo de epinefrina en la solución salina durante la artroscopia de hombro. Los resultados mostraron una reducción significativa del sangrado intraoperatorio mejorando la calidad de la visualización en este grupo de pacientes, no observándose reacciones adversas en ninguno de los casos.

Control de turbulencias

A pesar de las medidas anteriores el sangrado suele constituir un problema frecuente principalmente en el espacio subacromial. Si la visibilidad del campo sigue siendo inadecuada una vez maximizadas las técnicas para el control del sangrado, las turbulencias dentro del líquido de irrigación pueden constituir la causa.

El efecto Bernoulli explica el gradiente de presión negativa que se desarrolla perpendicular a una corriente de alta velocidad, creando un efecto de succión hacia la corriente. Un ejemplo clásico sería la cortina de ducha arrastrada hacia el chorro de agua debido a este gradiente de presión negativa. En ocasiones las fugas del líquido de irrigación a través de los portales se producen en forma de chorros con una velocidad considerable debido a la diferencia de presión existente entre el espacio subacromial y la presión barométrica ambiental. Esta corriente de salida de alta velocidad puede desencadenar un gradiente de presión negativa con un efecto de succión sobre las luces de los vasos próximos al portal, aumentando su sangrado y disminuyendo la visualización. Este efecto será tanto más importante cuanto mayor sea el número de portales. Un modo fácil de minimizar este problema es el empleo de cánulas artroscópicas que evitan la pérdida de suero, o el taponamiento directo mediante presión digital por parte del ayudante de los portales no utilizados. Esta simple maniobra puede mejorar de forma drástica la visualización, evitando al cirujano pérdidas de tiempo en la "caza del vaso sangrante"³⁰ (fig. 4).



Figura 4. Control de fugas y turbulencias mediante cánula de trabajo. (A),(B),(C).

Sistemas de irrigación: complicaciones potenciales

A medida que los procedimientos artroscópicos se hacen más sofisticados el tiempo quirúrgico y el volumen de irrigación aumentan, con lo que la extravasación de líquido en la musculatura y partes blandas circundantes también se incrementa. Tras un procedimiento prolongado la articulación puede mostrarse extremadamente tensa y tumefacta³¹. En el caso del hombro este edema parece ser más significativo en procesos extraarticulares como la acromioplastia³², y de menor entidad clínica en procesos intraarticulares debido a la barrera capsular³³. Sin embargo, otros autores opinan que la aparición de edema significativo se encuentra más relacionado con la cantidad de suero empleado que con el tipo de procedimiento³⁴.

Presiones intramusculares

Existe en la literatura cierta preocupación sobre la magnitud de las presiones intramusculares en torno al hombro, pudiendo éstas alcanzar niveles peligrosos como ya ha sido descrito en la artroscopia de rodilla^{18,25}.

En el estudio de Lee et al³² la presión intersticial del músculo deltoides no superó los 9 mmHg en procedimientos intraarticulares. Sin embargo, durante los procedimientos subacromiales se alcanzaron presiones intramusculares de 48 mmHg (media 38 mmHg) con el empleo de sistemas de irrigación por gravedad, y de 91 mmHg (media 71 mmHg) cuando se utilizaron bombas de infusión. La recuperación de niveles basales sucedió en todos los casos de 10 a 30 minutos tras la finalización de la intervención. De igual forma, Charles et al³⁴ encontraron un mayor incremento medio de la presión intramuscular en el supraespinoso y el deltoides durante acromioplastias artroscópicas, mientras que los procedimientos diagnósticos con o sin desbridamiento del *labrum* mostraron los menores aumentos de presión. La exploración clínica realizada a los tres meses de la cirugía no mostró debilidad muscular o lesión nerviosa en ninguno de los casos.

Ocasionalmente, y al margen de una posible lesión del plexo braquial, los pacientes presentan de forma transitoria dolor y debilidad para la abducción tras el procedimiento artroscópico. La causa más aceptada se relaciona con la manipulación quirúrgica e irritación de partes blandas durante el procedimiento, no existiendo evidencia científica que relacione el aumento de la presión muscular con el dolor y la debilidad postoperatoria³².

Presiones compartimentales

Existen varios casos de síndrome compartimental tras artroscopia descritos en la literatura^{18,24-26}. Aunque presiones entre 30-50 mmHg se asocian a la aparición de esta temible complicación, éstas por lo general no se mantienen el tiempo necesario para causar compromiso muscular o nervioso.

Jerosch et al²² no evidenciaron correlación entre la presión intracompartimental tras la cirugía y la edad o el sexo del paciente. Sin embargo, el tipo de procedimiento quirúrgico, la duración y el número de portales empleados sí mostraron una relación significativa. De forma teórica el empleo de una solución hipotónica en artroscopia puede asociarse a un aumento de la presión compartimental debido al edema celular y a la lisis eventual³¹. Sin embargo, el estudio prospectivo randomizado doble ciego de Amándola et al³⁵ no mostró diferencias significativas entre el empleo de agua frente a suero salino en la irrigación. Mediante capsulotomías en cerdos vivos Ekman et al³⁶ valoraron de forma experimental el riesgo de síndrome compartimental en artroscopia de rodilla con el empleo de bombas de infusión. Los estudios de electromiografía (EMG), así como las biopsias musculares postoperatorias, no mostraron evidencia de lesión en ninguno de los casos. Ello demuestra que el riesgo de secuelas derivadas de un síndrome compartimental durante la artroscopia es mínimo, incluso cuando existe una extravasación significativa y presiones compartimentales elevadas. Por todo ello, aunque el empleo de bombas que trabajan con altas presiones han sido implicadas en la patogenia del síndrome compartimental, es muy difícil determinar qué circunstancias y qué pacientes desarrollarán esta potencial complicación.

Empleo de bomba y extravasación

El empleo de bombas de infusión permite una rápida distensión y aclaramiento de la articulación, así como un mayor control de la hemorragia, lo que ha supuesto una gran mejora en términos de visualización en los últimos años^{1,5,9,14}. Sin embargo, el aumento de la presión intraarticular favorece la extravasación de líquido en el interior de los tejidos blandos.

En la literatura se recogen complicaciones derivadas del uso de estos dispositivos, como síndromes compartimentales que requirieron fasciotomías selectivas o pancompartimentales del muslo³⁷, parálisis del nervio femoral³⁸ o acumulación masiva de líquido extra e intraperitoneal³⁹.

De forma ideal el empleo de una bomba permite medir y controlar la presión intraarticular. Sin embargo, esto es a veces difícil de conseguir debido al bloqueo del sensor, o a la falta de respuesta adecuada a las variaciones bruscas de la presión con los cambios de posición articular^{4,17}. Ninguno de los sistemas testados en el estudio de Dolk y Augustini¹³ mostraron protección frente a picos de altas presiones durante la movilización rápida de la rodilla. Con el fin de evitar estas complicaciones potenciales en la actualidad se encuentran disponibles en el mercado sofisticados sistemas de perfusión que proporcionan una medida real de la presión intraarticular, así como un control estricto de las entradas y salidas. Aunque son varios los estudios que comparan diferentes sistemas de irrigación, ninguno de ellos trata sobre la facilidad de control de los mismos (fig. 5)^{2,13,15}.



Figura 5. Sofisticadas bombas de perfusión. Cortesía de Depuy-Mitek, Conmed-Linvatec, Smith&Nephew y Stryker.

Altas presiones y retención hídrica

Los efectos adversos derivados del uso de bombas de irrigación son raros, si bien se postula que el edema de partes blandas observado tras procedimientos artroscópicos del hombro se correlaciona con el empleo de altas presiones^{17,33}.

De forma teórica una presión elevada en la bursa subacromial podría producir una obliteración por compresión externa de la microcirculación de la musculatura circundante causando cambios isquémicos, habiéndose descrito incrementos de presión en el deltoides entre 15 y 120 mmHg durante e inmediatamente después de la cirugía³²⁻³⁴. Además, existe el riesgo de paso del líquido de irrigación a la circulación sistémica debido a las múltiples lesiones de pequeños vasos durante el afeitado artroscópico.

La absorción de volúmenes de hasta 1.000 ml se tolera generalmente bien, sin efectos adversos hemodinámicos, si bien la cantidad que en realidad se absorbe es demasiado pequeña para causar efectos cardiovasculares indeseables, siendo una complicación menor de la acromioplastia, incluso en presencia de roturas de espesor total del manguito⁴⁰. La adaptación circulatoria postoperatoria es rápida y los pacientes presentan una configuración normal del hombro al día siguiente de la cirugía.

Según Lo et al⁴¹ el tiempo quirúrgico, el volumen suero empleado, el tamaño de la rotura del manguito, el número de tendones afectos y la realización de una acromioplastia concomitante se correlacionan con la retención hídrica y el aumento de peso de forma significativa. Aunque en este estudio no se observaron complicaciones otros investigadores han descrito lesiones neurológicas, necrosis cutánea, sobrecarga hídrica, obstrucción de la vía aérea y compromiso respiratorio asociado a una extravasación excesiva^{32,42-44}.

Bergstrom et al⁹ encontraron que el aumento del volumen empleado para la irrigación incrementaba el volumen de líquido retenido y la probabilidad de edema clínicamente significativo, existiendo una correlación positiva estadísticamente significativa entre el volumen introducido (Vi) y el volumen retenido (Vr) que podía describirse mediante una ecuación de regresión lineal $Vr = 0,825 Vi + 0,5$ (fig. 6).



Figura 6. Tumefacción y edema postoperatorio.

Extravasación y vía aérea

La descompresión subacromial se asocia con frecuencia a la aparición de una tumefacción y edema importante debido a la ausencia de cápsula²⁷ y a la fuga de líquido través de los portales del instrumental quirúrgico¹⁸.

La incidencia de complicaciones en relación con la artroscopia de hombro oscila entre el 5,8-9,5%^{43,45}. Sin embargo, la presencia de complicaciones que comprometan la vía aérea son raras, si bien se han descrito casos de enfisema subcutáneo^{46,47}, pneumotorax⁴⁶, pneumomediastino⁴⁷, compresión traqueal⁴⁸ y obstrucción completa de la vía aérea⁴⁹. Dichas complicaciones fueron atribuidas a la aspiración de aire procedente del portal lateral debido al empleo conjunto de una bomba de infusión e instrumental motorizado con aspiración, así como al extenso edema asociado al uso bombas que trabajan con altas presiones^{18,42,48} y a una duración prolongada del procedimiento quirúrgico⁴⁹.

En la literatura se recogen casos de edema cervical severo⁵⁰, aumento circunferencial del cuello de más de 5 cm⁴⁹ e incrementos en la presión paratraqueal⁵¹, por lo que muchos autores recomiendan la intubación endotraqueal durante la artroscopia diagnóstica y terapéutica del hombro.

Las medidas a la hora de prevenir estas complicaciones incluirían mantener un grado de sedación bajo, restringir la duración del procedimiento y minimizar el empleo de bombas de presión, así como el volumen del suero de irrigación. El control de las fugas a través de los portales mediante el uso de cánulas podría disminuir la cantidad de líquido empleado, evitar la extravasación y potencialmente disminuir el número de complicaciones.

Otras complicaciones

Otra complicación potencial del uso de bombas es la interferencia de éstas con el electrocardiograma (ECG). Tokoyama et al⁵² describieron la presencia de artefactos que simulaban un flutter o una fibrilación auricular durante la reparación artroscópica del manguito rotador, en la que se empleó una bomba con control de presión. Si bien los ECG están equipados con filtros de ruido, éstos no protegen de las interferencias eléctricas, por lo que cirujano y anestesista deben estar alertados sobre la posible aparición de las

mismas y realizar un diagnóstico diferencial con posibles alteraciones del ritmo cardíaco.

CONCLUSIONES

Los objetivos principales de los sistemas de manejo de líquidos son proporcionar una presión intraarticular constante y mantener un balance de fluidos equilibrado. La presión del líquido de irrigación distiende la articulación y ayuda a controlar la hemorragia, mientras que un flujo adecuado es necesario a la hora de mantener nítido el campo visual libre de sangre y otros tejidos.

La presión intraarticular y el flujo generado en un sistema de irrigación por gravedad dependerán únicamente de la diferencia de altura entre las bolsas de suero y la articulación, así como del diámetro de la vía de entrada del líquido de irrigación. Entre las ventajas de estos sistemas destacan su seguridad, sencillez y bajo coste. Sin embargo, en la literatura se recogen desventajas significativas entre las que se incluyen una variable e impredecible presurización, pérdidas temporales de visualización, uso inadecuado del líquido de irrigación, incremento de actividad del personal de quirófano y la aparición potencial de un balance negativo de líquidos cuando se emplean instrumentos motorizados con aspiración.

A diferencia de los sistemas de gravedad los de irrigación automática pueden trabajar con una mayor presión y flujo, además de permitir mantener este último en presencia de altas presiones. Su empleo permite lavar y distender la articulación de forma rápida, así como un mejor control de la hemorragia, siendo especialmente útiles cuando se emplean instrumentos motorizados con aspiración. Entre las desventajas de estas bombas destacan su efecto pulsátil, la falta de respuesta adecuada a los cambios de posición articular y el riesgo de complicaciones derivadas de una extravasación excesiva.

El empleo de modernas bombas con control de presión y flujo puede disminuir la extravasación, mejorar la visualización y disminuir el tiempo quirúrgico, especialmente en procedimientos complejos y prolongados.

Más que en ninguna otra localización la artroscopia de hombro requiere medidas activas en el control del sangrado para proporcionar una adecuada visualización. La imposibilidad de emplear un torniquete en esta articulación hace necesario el empleo de técnicas y dispositivos para el control del sangrado. Entre las medidas de control directo destacan el empleo de un terminal de electrocoagulación y la adición de sustancias vasoconstrictoras como la epinefrina en el líquido de irrigación. Las medidas indirectas irán encaminadas al control de turbulencias y a minimizar la presión diferencial entre la presión sanguínea del paciente y la del líquido de irrigación, lo que puede lograrse con una hipotensión controlada (anestesia hipotensora) y/o elevación de la presión de irrigación (asenso de las bolsas o incremento de la presión de la bomba).

La presión intraarticular, o del espacio subacromial, vendrá determinada por la presión inicial del sistema, los cambios de posicionamiento articular y las restricciones al flujo de entrada y salida dependientes del cirujano: elección de la vía de entrada del líquido de irrigación, apertura o cierre de las cánulas, empleo de aspiración y control de fugas mediante el uso de cánulas de trabajo u oclusión de los portales. El control de estas variaciones de flujo y presión requiere una amplia curva de aprendizaje, facilitándose la artroscopia diagnóstica y terapéutica cuando el cirujano es capaz de modificar ambas variables en la vía de entrada para obtener de forma rápida y permanente un campo visual nítido.

Si bien se han descrito cifras elevadas de presión intra muscular e intracompartimental durante diferentes procedimientos artroscópicos, éstas no se mantienen por lo general el tiempo suficiente para causar compromiso muscular o nervioso.

Aunque la incidencia global de complicaciones derivadas del uso de sistemas de irrigación es extremadamente baja, éstas son posibles y peligrosas, por lo que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar cualquier procedimiento artroscópico del hombro. La presencia de una extravasación significativa y la aparición de complicaciones potenciales se han relacionado principalmente con el empleo de bombas que trabajan con altas presiones, la duración del procedimiento y el volumen de suero empleado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Morgan CD. Fluid delivery systems for arthroscopy. *Arthroscopy*. 1987;3:288-91.
2. Muellner T, Menth-Chiari WA, Reihnsner R, Eberhardsteiner J, Engebretsen L. Accuracy of pressure and flow capacities of four arthroscopic fluid management systems. *Arthroscopy*. 2001;17:760-4.
3. Ogilvie-Harris DJ, Weisleder L. Fluid pump systems for arthroscopy: a comparison of pressure control versus pressure and flow control. *Arthroscopy*. 1995;11:591-5.
4. Tuijthof GJ, Duse L, Herder JL, van Dijk CN, Pistecky PV. Behavior of arthroscopic irrigation systems. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;13:238-46.
5. Ewing JW, Noe DA, Kitaoka HB, Askew MJ. Intra-articular pressures during arthroscopy knee surgery. *Arthroscopy*. 1986;2:264-9.
6. Oretorp N, Elmersson S. Arthroscopy and irrigation control. *Arthroscopy*. 1986;2:46-50.
7. Bauer M, Jackson RW. Intra-articular pressure in the knee during routine arthroscopy. *Arthroscopy*. 1986;2:198-9.
8. McGinty JB, Burkhart SS, Jackson RW, Johnson DH, Richmond JC. *Artroscopia quirúrgica*. Madrid: Marbán; 2005.
9. Bergstrom R, Gillquist J. The use of an infusion pump in arthroscopy. *Arthroscopy*. 1986;2:41-5.
10. Halperin N, Axer A, Hirschberg E, Agasi M. Arthroscopy of the knee under local anesthesia and controlled pressure irrigation. *Clin Orthop Relat Res*. 1978;134:176-9.
11. Davison JA, Strover AE. A technique for prevention of sudden pressure loss on emptying of irrigation bags during arthroscopy surgery using gravity-fed irrigation systems. *Arthroscopy*. 1993;9:336-7.

12. Kim JH, Ha KI, Ahn JH, Kim SH, Oh I. A water-infusion system with two reservoirs at different levels. *Arthroscopy*. 2002;18:446-9.
13. Dolk T, Augustini BG. Three irrigation systems for motorized arthroscopic surgery: a comparative experimental and clinical study. *Arthroscopy*. 1989;5:304-14.
14. Gillquist J, Hagberg G, Oretorp N. Arthroscopy in acute injuries of the knee. *Orthop Scand*. 1977;48:190.
15. Ampat G, Bruguera J, Copeland SA. Aquaflo pump vs FMS 4 pump for shoulder arthroscopic surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 1997;79:341-4.
16. Guyton A. Textbook of medical physiology. Philadelphia: WB Saunders; 1961. p. 346-7.
17. Morrison DS, Schaefer RK, Friedman RL. The relationship between subacromial space pressure, blood pressure, and visual clarity during arthroscopic subacromial decompression. *Arthroscopy*. 1995;11:557-60.
18. Noyes FR, Spievack ES. Extraarticular fluid dissection in tissues during arthroscopy. *Am J Sports Med*. 1982;10:346-51.
19. Herrero S, Vaquero J. La irrigación por gravedad en artroscopia. *Artroscopia*. 1991;1:25-9.
20. Dolk T, Augustini BG. Elevated position of suction outflow during arthroscopic motorized surgery: an experimental study. *Arthroscopy*. 1989;5:97-100.
21. Arangio G, Kostelnik KE. Intraarticular pressures in a gravity-fed arthroscopy fluid delivery system. *Arthroscopy*. 1992;8:341-4.
22. Jerosch J, Castro WH, Geske B. Intracompartmental pressure in the lower extremity after arthroscopic surgery. *Acta Orthop Belg*. 1991;57:97-101.
23. Lind T, Blyme PJ, Strange-Vognsen HH, Bagger J. Pressure-position relations in glenohumeral joint. *Acta Orthop Belg*. 1992;58:81-3.
24. Siegel MG. Compartment syndrome after arthroscopic surgery of the knee. A report of two cases managed nonoperatively. *Am J Sports Med*. 1997;25:123-5.
25. Peek RD, Haynes DW. Compartment syndrome as a complication of arthroscopy. *Am J Sports Med*. 1984;12:464-8.
26. Fruensgaard V, Holm A. Compartment syndrome complicating arthroscopy surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70B: 146-7.
27. Matthews LS, Fadale P. Subacromial anatomy for the arthroscopist. *Arthroscopy*. 1989;5:36-40.
28. Olszewski AD, Jones R, Farrel R, Kaylor K. The effects of dilute epinephrine saline irrigation on the need for tourniquet use in routine arthroscopic knee surgery. *Am J Sports Med*. 1999;27:354-6.
29. Jensen KH, Wether K, Stryger V, Schultz K, Falkenberg B. Arthroscopic shoulder surgery with epinephrine saline irrigation. *Arthroscopy*. 2001;17:578-81.
30. Burkhart SS, Danaceau SM, Athanasiou KA. Turbulence control as a factor in improving visualization during subacromial shoulder arthroscopy. *Arthroscopy*. 2001;17:209-12.
31. Martínez JL, Vaquero J. L'irrigation articulaire en artroscopie. *Int Orthop*. 1986;10:101-4.
32. Lee YF, Cohn L, Tooke SM. Intramuscular deltoid pressure during shoulder arthroscopy. *Arthroscopy*. 1989;5:209-12.
33. Ogilvie Harris DJ, Boynton E. Arthroscopic acromioplasty: Extravasation of fluid into the deltoid muscle. *Arthroscopy*. 1990;6:52-4.
34. Carr CF, Murphy JM. Deltoid and supraspinatus muscle pressures following various arthroscopic shoulder procedures. *Arthroscopy*. 1995;11:401-3.
35. Amendola A, Faber K, Willits K, Miniaci A, Labib S, Fowler P. Compartment pressure monitoring during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1999;15:607-12.
36. Ekman EF, Poehling GG. An experimental assessment of the risk of compartment syndrome during knee arthroscopy. *Arthroscopy*. 1996;12:193-9.
37. Bomberg BC, Hurley PE, Clark CA, McLaughlin CS. Complications associated with the use of an infusion pump during knee arthroscopy. *Arthroscopy*. 1992;8:224-8.
38. DiStefano VJ, Kalman VR, O'Malley JS. Femoral nerve palsy after arthroscopic surgery with an infusion pump irrigation system. A report of three cases. *Am J Orthop*. 1996;25: 145-8.
39. Romero J, Smit CM, Zanetti M. Massive intraperitoneal and extraperitoneal accumulation of irrigation fluid as a complication during knee arthroscopy. *Arthroscopy*. 1998;14:401-4.
40. Sperber A, Wredmark T. Intramuscular pressure and fluid absorption during arthroscopic acromioplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 1999;8:414-8.
41. Lo IK, Burkhart SS. Immediate postoperative fluid retention and weight gain after shoulder arthroscopy. *Arthroscopy*. 2005;21:605-10.
42. Bigliani LU, Flatow EL, Deliz ED. Complications of shoulder arthroscopy. *Orthop Rev*. 1991;20:743-51.
43. Weber SC, Abrams JS, Nottage WM. Complications associated with arthroscopic shoulder surgery. *Arthroscopy*. 2002;18 2 Suppl 1:88-95.
44. Mohammed KD, Hayes MG, Saies AD. Unusual complications of shoulder arthroscopy. *J Shoulder Elbow Surg*. 2000; 9:350-2.
45. Rodríguez JC, Mendoza M, Cobo J. Complicaciones en la artroscopia de hombro. *Cuadernos de artroscopia*. 1994;1:25-9.
46. Lee HC, Dewan N, Crosby L. Subcutaneous emphysema, pneumomediastinum, and potentially life-threatening tension pneumothorax. Pulmonary complications from arthroscopic shoulder decompression. *Chest*. 1992;101:1265-7.
47. Lau KY. Pneumomediastinum caused by subcutaneous emphysema in the shoulder. A rare complication of arthroscopy. *Chest*. 1993;103:1606-7.
48. Borgeat A, Bird P, Ekatodramis G, Dumont C. Tracheal compression caused by periarticular fluid accumulation: A rare complication of shoulder surgery. *J Shoulder Elbow Surg*. 2000;9:443-5.
49. Hynson JM, Tung A, Guevara JE, Katz JA, Glick JM, Shapiro WA. Complete airway obstruction during arthroscopy shoulder surgery. *Anesth Analg*. 1993;76:875-8.
50. Berjano P, González BG, Olmedo JF, Pérez- España LA, Muñilla MG. Complications in arthroscopy shoulder surgery. *Arthroscopy*. 1998;14:785-8.
51. De Wachter J, Van Glabbeek F, van Riet R, Van Leemput W, Vermeyen K, Somville J. Surrounding soft tissue pressure during shoulder arthroscopy. *Acta Orthop Belg*. 2005;71:521-7.
52. Toyoyama H, Kariya N, Toyoda Y. Electrocardiographic artefacts during shoulder arthroscopy using a pressure-controlled irrigation pump. *Anesth Analg*. 2000;90:498-9.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores han declarado no tener ningún conflicto de intereses.