

# Drenaje lumbar externo en el tratamiento de la hipertensión intracraneal postraumática

## External lumbar drainage in the treatment of post-traumatic intracranial hypertension

### Drenagem lombar externa no tratamento da hipertensão intracraniana pós-traumática

Juan Antonio Llompert-Pou<sup>a</sup>, Begoña Guardiola Grau<sup>a</sup>, Jon Pérez-Bárcena<sup>a</sup>

*Autor para correspondencia:* Juan Antonio Llompert-Pou Servei de Medicina Intensiva, UCI trauma, Hospital Universitari Son Espases Palma, Spain, 07120, e-mail: juanantonio.llompert@ssib.es

<sup>a</sup>Hospital Universitari Son Espases. Institut d'Investigació Sanitària Illes Balears (IdISBa), Servei de Medicina Intensiva, Palma, , Spain

#### Resumen

El empleo del drenaje lumbar externo (DLE) en los pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) e hipertensión intracraneal (HTIC) siempre ha resultado controvertido, ante el concepto clásico de aumentar el riesgo de precipitar una herniación cerebral descendente. Sin embargo, diferentes series de pacientes con TCE e HTIC refractaria a medidas de tercer nivel en los que se cumplen una serie de requisitos radiológicos previos han mostrado que el DLE puede ser una herramienta muy efectiva en el control de la HTIC refractaria. La tasa de complicaciones asociadas es relativamente baja cuando se drena líquido cefalorraquídeo de modo controlado. Sin embargo, el nivel de evidencia que sustenta su empleo continúa siendo bajo ante la ausencia de ensayos clínicos. Esta revisión narrativa pretende reseñar aspectos prácticos para el intensivista menos familiarizado con la técnica.

**Keywords:** Drenaje lumbar externo (DLE), Hipertensión intracraneal refractaria (HRI), Lesión cerebral traumática (LCT), Manejo de la presión intracraneal (PIC).

#### Abstract

The use of external lumbar drainage (ELD) in patients with traumatic brain injury (TBI) and intracranial hypertension (ICH) has always been controversial, given the classic concept that it increases the risk of precipitating a downward brain herniation. However, several series of patients with TBI and ICH refractory to tertiary-level measures, who meet certain prior radiological criteria, have shown that ELD can be a very effective tool in controlling refractory ICH. The complication rate associated with the procedure is relatively low when cerebrospinal fluid is drained in a controlled manner. However, the level of evidence supporting its use remains low due to the absence of clinical trials. This narrative review aims to highlight practical aspects for intensivists who are less familiar with the technique.

#### Resumo

O uso da drenagem lombar externa (DLE) em pacientes com traumatismo craneoencefálico (TCE) e hipertensão intracraniana (HTIC) sempre foi controverso, devido ao conceito clássico de que aumenta o risco de precipitar uma herniação cerebral descendente. No entanto, diferentes séries de pacientes com TCE e HTIC refratária a medidas de terceiro nível, que atendem a uma série de requisitos radiológicos prévios, mostraram que a DLE pode ser uma ferramenta muito eficaz no controle da HTIC refratária. A taxa de complicações associadas é relativamente baixa quando o líquido cefalorraquídeo é drenado de maneira controlada. Contudo, o nível de evidência que sustenta o seu uso continua sendo baixo, devido à ausência de ensaios clínicos. Esta revisão narrativa tem como objetivo destacar aspectos práticos para o intensivista menos familiarizado com a

técnica.

#### 1. Introducción

De modo creciente, las Unidades de Cuidados Intensivos (UCIs) consideran el uso del drenaje lumbar externo (DLE) en el manejo de diferentes condiciones neurológicas. Es bien conocido su empleo en los pacientes con cirugía aórtica compleja para disminuir el riesgo de isquemia medular [Malloy et al. (2020)] y existe también evidencia preliminar de su papel beneficioso en el traumatismo vertebromedular [Theodore et al. (2023)]. Además, el recientemente publicado estudio EARLY-DRAIN en pacientes con HSA aneurismática mostró que el empleo de DLE profiláctico redujo la tasa de infartos cerebrales y el porcentaje de pacientes con mal resultado funcional a los 6 meses de modo significativo [Wolf et al. (2023)].

Sin embargo, su utilización en los pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) e hipertensión intracraneal (HTIC) siempre ha resultado controvertida, ante el concepto clásico de aumentar el riesgo de precipitar una herniación cerebral descendente [Tuettenberg et al. (2009); Grady (2009)]. En esta línea y apoyado por la falta de estudios aleatorizados, el Consenso de Seattle lo incluye entre los tratamientos no recomendados en el manejo del TCE grave [Aguilera et al. (2019)].

Por todo ello, su empleo se debe restringir a pacientes seleccionados siguiendo unos criterios estrictos y un protocolo adecuado buscando minimizar la tasa de complicaciones [Grille et al. (2020)]. Así, dos revisiones sistemáticas sugieren un

potencial efecto beneficioso [Badhiwala et al. (2021); Stevens et al. (2022)].

## 2. Condiciones previas a su empleo para el tratamiento de la HTIC

Como se ha reseñado, se deben extremar las precauciones en la selección de pacientes tributarios de colocar un DLE.

En primer lugar, se ha considerado su empleo principalmente en pacientes en los que las medidas de tratamiento médico de tercer nivel como el coma barbitúrico y la hipotermia moderada no han conseguido controlar la HTIC Münch et al. (2001); Vender (2007). La mortalidad de este subgrupo de pacientes con HTIC refractaria es muy elevada.

Los criterios radiológicos “de seguridad” en la tomografía computarizada (TC) en las 24 horas previas a la inserción del DLE clásicamente descritos en la literatura han sido [Tuettenberg et al. (2009); Münch et al. (2001); Vender (2007); Llompart-Pou et al. (2011)]:

- Cisternas basales no colapsadas.
- Ausencia de lesiones masa evacuables.
- Desviación de línea media medida en el tercer ventrículo inferior a 10 mm (algunos autores establecen el límite en 5 mm).

Recientemente, Bauer y cols en un estudio incluyendo tan solo 8 pacientes plantearon la realización de la TC en las 8 horas previas a la inserción [Bauer et al. (2017)]. Además, publicaron un score analizando la seguridad del implante del DLE según el estado de las cisternas prepontina y cuadrigeminal y la existencia de herniación uncal o foraminal [Bauer et al. (2017)], pero el reducido número de pacientes y la ausencia de validación externa limitan su aplicabilidad práctica.

## 3. ¿Como manejarlo en la UCI

Habitualmente se introduce un catéter de drenaje lumbar en el espacio subaracnoideo en el nivel L3-L4. En nuestro centro, empleamos un catéter específicamente designado para este uso (Integra NeuroSciences, Princeton, NJ, USA). Tras su inserción, se conecta el catéter a un sistema colector estéril (Neuromedex GmbH, 22453 Hamburg, Germany). El cero del sistema, así como el del monitor de PIC intraparenquimatoso se realiza a la altura del foramen de Monroe. En nuestro centro, el drenaje de líquido cefalorraquídeo (LCR) se realiza de modo controlado intentando minimizar las grandes fluctuaciones de PIC.

Una vez colocado el DLE, el manejo se realiza del siguiente modo. Cuando la PIC es superior a 20 mmHg, el LCR se drena de modo continuo cuantificando el débito horario. El objetivo es drenar la menor cantidad de LCR necesaria para controlar la HTIC. Si la PIC desciende de 10 mmHg, el DLE se cierra, no se drena LCR y se coloca el cabecero de la cama a 0°, minimizando el riesgo de herniación cerebral. Cuando la PIC asciende nuevamente por encima de 15 mmHg se recoloca el cabecero

de la cama a 30° y se abre nuevamente el sistema, permitiendo el drenaje de LCR de modo controlado [Abadal et al. (2009)].

En este punto los nuevos sistemas de medición de drenaje de LCR (LicuoGuard®) que permiten medir la PIC y drenar LCR con alarmas de seguridad de presión y de volumen drenado, podría aumentar la seguridad del procedimiento evitando el sobredrenaje de LCR.

En conocimiento de los autores, ningún trabajo ha documentado como desescalar el tratamiento con DLE. Aunque depende de la respuesta de la PIC y la evolución clínica del paciente, habitualmente se pueden retirar el resto de medidas [Stevens et al. (2022)], permitiendo una exploración clínica más fiable. Con el paciente “explorable”, inicialmente aumentamos la altura del DLE a 25 cm CAE para minimizar débito de LCR durante 24 horas y después cerramos el DLE durante 24 horas. Si no hay deterioro clínico, aumento significativo de la PIC o fuga de LCR peri-DLE, repetimos una TC y si no hay contraindicación retiramos el DLE. En ningún caso hemos tenido que volver a colocar un nuevo DLE.

## 4. ¿Cuál es su efecto en el control de la Presión Intracraneal?

Tras su colocación se produce un efecto inmediato en cuanto a la disminución de la PIC. De acuerdo a recientes metaanálisis publicados en 2021 y 2022 [Badhiwala et al. (2021); Stevens et al. (2022)], su efecto inmediato en cuanto al control de la PIC se sitúa en un descenso en torno a 19,5 mmHg [Badhiwala et al. (2021)] que permite además el descenso en la intensidad terapéutica del resto de medidas [Stevens et al. (2022)]. En nuestra experiencia inicial y de acuerdo a un consenso previamente establecido, el control de la PIC fue considerado excelente o bueno en el 76 % de los casos inmediatamente tras su colocación y en el 94 % de los casos a las 72 horas de su colocación [Vender (2007)]. Estos resultados son consistentes con un trabajo comparativo de la efectividad de las diferentes terapias en el control de la HTIC, que mostró que la craneotomía decompresiva y el DLE fueron las que produjeron un mayor descenso de las cifras de PIC [Schreckinger and Marion (2009)]. Recientemente, Grille y cols presentaron una serie de 11 pacientes con HTIC refractaria incluso a craneotomía descompresiva en 4 de los mismos que presentaron buena respuesta a la colocación de un DLE [Grille et al. (2024)].

Aunque se trata de un estudio con diseño retrospectivo comparando 30 pacientes tratados con DLE y 11 pacientes tratados con drenaje ventricular externo (DVE), Stevens y cols mostraron que tanto el DLE como el DVE eran efectivos en el control de la HTIC y se asociaron a un similar efecto sobre la intensidad del tratamiento [Stevens et al. (2023)]. Las complicaciones fueron similares en ambos grupos, aunque la tasa de infección fue superior en el grupo tratado con DVE [Stevens et al. (2023)].

De modo destacable, en nuestra propia experiencia el resultado neurológico a largo plazo fue bueno ya que hasta el 62 % de los pacientes en los que se colocó un DLE como tratamiento de la HTIC refractaria a tratamiento médico y sobrevivieron al ingreso hospitalario presentaron una buena recuperación

o discapacidad moderada a los 3-5 años desde el traumatismo [Llompert-Pou et al. (2011)].

## 5. ¿Cuál es la tasa de complicaciones asociadas?

El riesgo de desarrollar complicaciones neurológicas y específicamente una herniación cerebral descendente constituye la mayor preocupación en el empleo del DLE como tratamiento de la HTIC postraumática. Dicho riesgo se magnificó en el trabajo de Tuettenberg et al [Tuettenberg et al. (2009)], que incluyó 100 pacientes (45 con TCE y 55 con HSA aneurismática) con HTIC refractaria. En esta población, la colocación de un DLE resultó en un descenso muy significativo de la PIC de 32,7 (DE 10,9) a 13,4 (DE 5,9) mm Hg ( $p < 0.05$ ) y un aumento en la PPC de 70,6 (DE 18,2) a 86,2 (DE 15,4) mm Hg ( $p < 0.05$ ), pero también se produjeron cambios pupilares en hasta el 12 % de los pacientes y en el 6 % de los casos las complicaciones cerebrales se asociaron a un desenlace fatal [Tuettenberg et al. (2009)]. Sin duda, esta es una tasa de complicaciones a considerar, pero debe reseñarse que se trataba de una población con HTIC refractaria y que el 84 % ya estaban siendo tratados con un DVE [Tuettenberg et al. (2009)].

Sin embargo, el resto de trabajos publicados hasta la fecha muestra una tasa de complicaciones clínicamente relevantes mucho menor [Badhiwala et al. (2021); Stevens et al. (2022)].

- **Cambios pupilares:** Además de los datos reseñados previamente en la serie de 100 pacientes de Tuettenberg y cols [Tuettenberg et al. (2009)], el número de pacientes reportados que ha presentado cambios pupilares tras la inserción de un DLE es muy bajo. El estudio de Münch y cols mostró cambios pupilares de 2/23 pacientes [Münch et al. (2001)] y en el estudio de Murad y cols se observó un cambio pupilar en 1/15 pacientes, de ellos 10 con TCE y 5 con HSA aneurismática [Murad et al. (2012)]. Por otra parte, en el estudio de Bauer y cols se documentaron signos radiológicos de herniación uncal en la TC de un paciente sin acompañarse de deterioro clínico asociado [Bauer et al. (2017)]. En el resto de series reportadas, no se han observado cambios pupilares asociados. Sin duda, una adecuada selección de pacientes y el manejo mediante un protocolo adecuado [Abadal et al. (2009)] permite minimizar los riesgos de la técnica.
- **Infección SNC:** Se han documentado pocos casos de infección del sistema nervioso central (SNC) asociados al empleo de DLE. En nuestra experiencia, documentamos un caso de infección del SNC en 30 pacientes [Llompert-Pou et al. (2011)]. El trabajo de Manet y cols, incluyendo 33 pacientes (22 de ellos con TCE) con hidrocefalia externa e HTIC refractaria a otros tratamientos documentó un caso de infección del SNC asociada al empleo de DLE [Manet et al. (2017)]. Por su parte, el trabajo de Tuettenberg y cols mostró 7 casos (entre 100 pacientes) con infección del SNC, pero en los 7 casos se había insertado previamente un DVE por lo que es difícil saber cuál es el porcentaje de casos en los que la infección puede atribuirse al DLE [Tuettenberg et al. (2009)].

- **Problemas mecánicos:** Este es un problema relativamente frecuente, aunque no ha sido documentado en muchas de las series publicadas. Los porcentajes de necesidad de recambio del DLE han sido de 11,7 % [Vender (2007)], 13,3 % [Llompert-Pou et al. (2011)] y 14 % [Tuettenberg et al. (2009)]. Aunque las cifras entre las series son consistentes, no se ha contemplado la influencia que pueda tener cada tipo de DLE. El resto de series no documentaron datos sobre esta complicación o no la tuvieron.

## 6. Discusión

El empleo de DLE para el control de la PIC debe considerarse en aquellos pacientes que cumplan unas condiciones radiológicas de seguridad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los datos clínicos son hasta ahora limitados y que proceden de series de casos (máximo 100 pacientes, 45 de ellos con TCE) sin grupo comparador, por lo que los datos deben interpretarse con cautela.

Además, la fisiopatología subyacente no es del todo conocida, pues no puede atribuirse a un solo mecanismo. Se postula que hay trastornos de circulación del LCR, junto a cambios en las propiedades mecánicas del parénquima cerebral por edema y/o isquemia que imposibilita la expansión encefálica [Grille et al. (2020)]. De este modo, el LCR se acumula en el espacio subaracnoideo de la convexidad (hidrocefalia externa), lo que habitualmente es subestimado por la TC y, en cambio, es bien observado en la resonancia magnética. Así, el drenaje de LCR por vía lumbar puede ser tan efectivo en el control de la HTIC [Grille et al. (2020, 2024)].

Sin embargo, en opinión de los autores, el punto fundamental recae en comprender que en la mayoría de casos documentados se trata de pacientes con HTIC refractaria a medidas como el coma barbitúrico, la hipotermia moderada e incluso la craneotomía descompresiva, tratamientos que suponen también complicaciones graves [Aguilera et al. (2019); Gelormini and Caricato (2021a,b); Pérez-Bárcena et al. (2008); Andrews et al. (2015); Hutchinson et al. (2016)] y, en definitiva, se trata de pacientes en una condición asociada a una elevadísima mortalidad. Las llamadas medidas de tercer nivel previamente descritas se emplean en aproximadamente el 10-15 % de los pacientes con TCE grave [Gelormini and Caricato (2021b)]. Precisamente en ese contexto, y siempre con una adecuada selección de pacientes y manejo controlado del drenaje de LCR se debe situar el empleo del DLE en el manejo de la HTIC postraumática.

El consenso de Seattle para el manejo de la HTIC no recomendó el empleo del DLE entre las medidas integradas en su algoritmo [Aguilera et al. (2019)]. Sin duda, el empleo de DLE no puede ser recomendado rutinariamente en todo paciente con TCE e HTIC. Como se ha señalado, una adecuada selección de casos y un manejo controlado del débito de LCR aumentan la seguridad de su empleo y la tasa de complicaciones documentada en las series de casos publicadas hasta el momento es menor que en los casos en los que se emplean terapias de tercer nivel como el coma barbitúrico [Pérez-Bárcena et al. (2008)], la hipotermia moderada (medida ya en desuso) [Andrews et al. (2015)] y la craneotomía descompresiva [Hutchinson et al. (2016)].

En resumen, y en ausencia de evidencia científica proveniente de estudios aleatorizados, recomendamos el drenaje de LCR a través de un DLE en pacientes con HTIC seleccionados y con un protocolo cuidadoso que minimice las complicaciones.

## 7. Conclusion

EL DLE se ha convertido en una técnica útil para tratar la hipertensión intracraneal refractaria en pacientes elegidos con traumatismo craneoencefálico (TCE). Controvertida históricamente debido a la preocupación por la aparición de una hernia cerebral descendente, la evidencia reciente destaca su eficacia cuando se utiliza bajo rigurosos criterios de seguridad radiológica y protocolos controlados.

Se ha demostrado que el DLE reduce eficazmente la presión intracraneal (PIC), mejora la perfusión cerebral y puede mejorar los resultados neurológicos en pacientes críticos. A pesar de estos prometedores hallazgos, la mayoría de las pruebas actuales proceden de estudios retrospectivos y estudios de casos, lo que pone de manifiesto la necesidad de pruebas de laboratorio controladas para validar aún más su eficacia y seguridad.

Dado su uso principalmente en casos en los que han fracasado las terapias convencionales de tercer nivel, como el coma barbitúrico, la hipotermia moderada o la craneotomía descompresiva, el DLE debe considerarse cuidadosamente dentro de un enfoque multidisciplinar del tratamiento del LCT. La selección integradora del paciente y el cumplimiento meticuloso del protocolo siguen siendo esenciales para minimizar las complicaciones y optimizar los resultados [Tuettenberg et al. (2009); Stevens et al. (2022); Vender (2007)].

## Referencias

- Abadal, J.M., Llompart-Pou, J.A., Homar, J., Molina, M., Pérez-Bárcena, J., 2009. Lumbar drainage for intracranial pressure. *Journal of neurosurgery* 111, 1295–1295.
- Aguilera, S., Bulger, E., Cooper, D.J., Sahuquillo Barris, J., Hawryluk, G.W., Buki, A., Citerio, G., et al., 2019. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the seattle international severe traumatic brain injury consensus conference (sibicc).
- Andrews, P.J., Sinclair, H.L., Rodriguez, A., Harris, B.A., Battison, C.G., Rhodes, J.K., Murray, G.D., 2015. Hypothermia for intracranial hypertension after traumatic brain injury. *New England Journal of Medicine* 373, 2403–2412.
- Badhiwala, J., Lumba-Brown, A., Hawryluk, G.W., Ghajar, J., 2021. External lumbar drainage following traumatic intracranial hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgery* 89, 395–405.
- Bauer, M., Sohm, F., Thomé, C., Ortler, M., 2017. Refractory intracranial hypertension in traumatic brain injury: proposal for a novel score to assess the safety of lumbar cerebrospinal fluid drainage. *Surgical Neurology International* 8.
- Gelormini, C., Caricato, A., 2021a. "tier-three"therapies in intracranial hypertension: is it worthwhile? *Minerva Anestesiologica* 87, 1287–1289.
- Gelormini, C., Caricato, A., 2021b. "tier-three"therapies in intracranial hypertension: is it worthwhile? *Minerva Anestesiologica* 87, 1287–1289.
- Grady, M.S., 2009. Lumbar drainage for increased intracranial pressure. *Journal of neurosurgery* 110, 1198–1199.
- Grille, P., Biestro, A., Rekaté, H.L., 2024. Intracranial hypertension with patent basal cisterns: Controlled lumbar drainage as a therapeutic option. selected case series. *Neurocritical Care* 40, 1070–1082.
- Grille, P., Salle, F., Biestro, A., 2020. Drenaje lumbar externo en la unidad de cuidados intensivos. actualización y guía de manejo clínico. *Revista Médica del Uruguay* 36, 156–184.
- Hutchinson, P.J., Koliás, A.G., Timofeev, I.S., Corteen, E.A., Czosnyka, M., Timothy, J., Anderson, I., Bulters, D.O., Belli, A., Eynon, C.A., et al., 2016. Trial of decompressive craniectomy for traumatic intracranial hypertension. *New England Journal of Medicine* 375, 1119–1130.
- Llompart-Pou, J., Abadal, J., Pérez-Bárcena, J., Molina, M., Brell, M., Ibáñez, J., Raurich, J.M., Ibáñez, J., Homar, J., 2011. Long-term follow-up of patients with post-traumatic refractory high intracranial pressure treated with lumbar drainage. *Anaesthesia and intensive care* 39, 79–83.
- Malloy, P.C., Raghavan, A., Elder, T., Wright, J., Wright, C.H., Burant, C., Sajatovic, M., Hoffer, A., 2020. Cerebrospinal fluid drainage during endovascular aortic aneurysm repair: a systematic review of the literature and treatment recommendations. *Vascular and Endovascular Surgery* 54, 205–213.
- Manet, R., Payen, J.F., Guerin, R., Martinez, O., Hautefeuille, S., Francony, G., Gergelé, L., 2017. Using external lumbar csf drainage to treat communicating external hydrocephalus in adult patients after acute traumatic or non-traumatic brain injury. *Acta Neurochirurgica* 159, 2003–2009.
- Münch, E.C., Bauhuf, C., Horn, P., Roth, H.R., Schmiedek, P., Vajkoczy, P., 2001. Therapy of malignant intracranial hypertension by controlled lumbar cerebrospinal fluid drainage. *Critical care medicine* 29, 976–981.
- Murad, A., Ghostine, S., Colohan, A.R., 2012. A case for further investigating the use of controlled lumbar cerebrospinal fluid drainage for the control of intracranial pressure. *World Neurosurgery* 77, 160–165.
- Pérez-Bárcena, J., Llompart-Pou, J.A., Homar, J., Abadal, J.M., Raurich, J.M., Frontera, G., Brell, M., Ibáñez, J., Ibáñez, J., 2008. Pentobarbital versus thiopental in the treatment of refractory intracranial hypertension in patients with traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *Critical Care* 12, 1–10.
- Schreckinger, M., Marion, D.W., 2009. Contemporary management of traumatic intracranial hypertension: is there a role for therapeutic hypothermia? *Neurocritical care* 11, 427–436.
- Stevens, A.R., Gilbody, H., Greig, J., Usuah, J., Alagbe, B., Preece, A., Soon, W.C., Chowdhury, Y.A., Toman, E., Chelvarajah, R., et al., 2023. Cerebrospinal fluid diversion for refractory intracranial hypertension in traumatic brain injury: a single center experience. *World Neurosurgery* 176, e265–e272.
- Stevens, A.R., Soon, W.C., Chowdhury, Y.A., Toman, E., Yim, S., Veenith, T., Chelvarajah, R., Belli, A., Davies, D., 2022. External lumbar drainage for refractory intracranial hypertension in traumatic brain injury: a systematic review. *Cureus* 14.
- Theodore, N., Martirosyan, N., Hersh, A.M., Ehresman, J., Ahmed, A.K., Danielson, J., Sullivan, C., Shank, C.D., Almefty, K., Lemole Jr, G.M., et al., 2023. Cerebrospinal fluid drainage in patients with acute spinal cord injury: a multi-center randomized controlled trial. *World neurosurgery* 177, e472–e479.
- Tuettenberg, J., Czabanka, M., Horn, P., Woitzik, J., Barth, M., Thomé, C., Vajkoczy, P., Schmiedek, P., Muench, E., 2009. Clinical evaluation of the safety and efficacy of lumbar cerebrospinal fluid drainage for the treatment of refractory increased intracranial pressure. *Journal of neurosurgery* 110, 1200–1208.
- Vender, J.R., 2007. Neurologic outcome of posttraumatic refractory intracranial hypertension treated with external lumbar drainage: Commentary. *Journal of Trauma-Injury, Infection and Critical Care* 62, 286.
- Wolf, S., Mielke, D., Barner, C., Malinova, V., Kerz, T., Wostrack, M., Czorlich, P., Salih, F., Engel, D.C., Ehlert, A., et al., 2023. Effectiveness of lumbar cerebrospinal fluid drain among patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a randomized clinical trial. *JAMA neurology* 80, 833–842.