

La fisiología en las películas: *Coma*, CO y la comprensión del intercambio gaseoso

Josep-E Baños¹, Enric Samsó^{1,2}, Magí Farré^{3,4}

¹ Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud. Universitat Pompeu Fabra (España). ² Departamento de Anestesiología y Reanimación. Hospital del Mar. Parc de Salut Mar. Barcelona (España). ³ Departamento de Farmacología, de Terapéutica y de Toxicología. Universitat Autònoma de Barcelona (España). ⁴ Servicio de Farmacología Clínica. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol-IGTP. Badalona (España).

Correspondencia: Dr. Josep-E Baños. Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud. Universitat Pompeu Fabra. Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona. Dr. Aiguader 88. 08003 Barcelona (España).

e-mail: josepeladi.banos@upf.edu

Recibido el 24 de febrero de 2014; aceptado el 12 de marzo de 2014.

Resumen

El presente artículo analiza la película *Coma* dirigida por Michael Chrichton en 1978 e inspirada en la novela del mismo nombre de Robin Cook. Bajo el formato de *thriller médico*, muestra una serie de casos de coma que suceden en pacientes jóvenes y sanos sometidos a intervenciones quirúrgicas menores. La protagonista descubre que los afectados son trasladados a una institución donde se les extraen los órganos para su comercio ilegal. También investiga la causa del coma, consecuencia de la intoxicación homicida con monóxido de carbono mientras los pacientes se encuentran en quirófano. La película tiene el interés docente de estimular la comprensión de los fenómenos de transporte de oxígeno por la hemoglobina, así como su afinidad por diversos gases, como el dióxido de carbono y el monóxido de carbono. Los estudiantes deben aplicar sus conocimientos fisiológicos para comprender cómo se realiza la intoxicación y sus características clínicas, así como las bases de su tratamiento.

Palabras clave: docencia, fisiología respiratoria, monóxido de carbono, complicaciones anestésicas.

Summary

We analyze the movie *Coma* directed by Michael Chrichton in 1978 and inspired in the novel of the same name that was written by Robin Cook. The film is a medical thriller that shows several cases of patients who dropped in coma in a hospital during simple surgical procedures of minimal risk. Patients were young and healthy and the appearance of coma was unexpected and unexplainable. The heroine is a resident from surgery who discovers that affected patients are moved to the same long care institution. There, their organs are illegally removed to be used in patients who need them and who pay huge amounts of money. She also investigates the cause of coma and discovers that patients are poisoned with carbon monoxide during surgical procedures. The film has a teaching interest to stimulate the understanding of blood oxygen transport by hemoglobin, as well as the knowledge of affinity to this molecule by several gases, as oxygen, carbon monoxide and carbon dioxide. Students may also learn how to apply physiological concepts to understand the carbon monoxide intoxication, the clinical signs and symptoms, and the scientific bases of its treatment.

Keywords: Teaching, Respiratory physiology, Carbon monoxide, Anesthetic complications.

Los autores declaran que el artículo es original y que no ha sido publicado previamente.

Introducción

El interés de las películas comerciales en la docencia de la medicina está claramente establecido, como atestiguan numerosas publicaciones¹⁻³. Ello es especialmente común para ilustrar situaciones clínicas⁴, abordar los problemas de la relación médico paciente⁵, debatir los aspectos éticos de la actividad médica⁶ o analizar los aspectos más polémicos de la investigación^{7,8}, por solo citar algunos de los más relevantes. Sin embargo, su utilización en la docencia de las disciplinas básicas es mucho menos habitual, aunque existen también numerosos ejemplos. Valga destacar el caso de la microbiología⁹, la farmacología¹⁰, la bioquímica¹¹, la genética¹² o la neurobiología¹³. No obstante, la disponibilidad de películas para enseñar ciencias básicas, desde matemáticas hasta química, no es desdeñable¹⁴.

Las razones que podrían explicar esta situación son múltiples. Entre ellas podría señalarse, en primer lugar, la insuficiencia de películas de calidad científica, en el sentido de que los elementos que incluyan tengan suficiente validez para ser comentados con los estudiantes. Este argumento se puede refutar por la disponibilidad de un número abundante de ellas, recomendadas incluso en publicaciones científicas¹⁴. Asimismo puede ocurrir que los temas sean tratados de forma tan superficial que sea imposible su empleo como instrumento docente o que sean técnicamente inadecuadas¹⁵. En ciencias básicas, la utilización de sustancias altamente tóxicas, ya sean de origen natural (toxinas vegetales o animales) o sintético, ha permitido analizar con notable precisión numerosos procesos biológicos^{16,17}. Debe recordarse que, desde la creación de la toxicología moderna por Orfila, los venenos se encuentran asociados a la medicina forense a través de la práctica del aseo¹⁸.

De lo expuesto en párrafos anteriores es fácil deducir que el cine policíaco (o negro) tiene un notable interés para la docencia médica, especialmente el subgénero del llamado *thriller* médico. Los guiones de muchas de sus películas están inspirados en obras literarias que tienen gran interés docente por reunir elementos de intriga, e incluso de exactitud científica, que les conceden un notable interés pedagógico. De hecho, se ha sugerido que el método detectivesco de las novelas y el proceso diagnóstico tienen notables coincidencias¹⁹. En este sentido, existen numerosos ejemplos de médicos-escriutores que han escrito novelas policíacas del tipo *thriller* médico²⁰. En general, ello les aporta un grado notable de rigurosidad que les da un valor añadido importante. En el presente artículo se comenta el interés de la

película *Coma*, rodada en 1978 y basada en la obra del mismo nombre de Robin Cook²¹, un médico que se ha convertido en un escritor de obras de gran éxito en las últimas décadas.

La película

La película *Coma* fue rodada en 1978 a partir de la novela del mismo nombre del oftalmólogo norteamericano Robin Cook. Fue dirigida por el también médico y escritor Michael Crichton. Sus principales protagonistas fueron Geneviève Bujold (Susan Wheeler), Michael Douglas (Mark Bellows) y Richard Widmark (George Harris). El guión fue escrito por el propio Crichton.

Ficha técnica

Título original: *Coma*.

País: EEUU.

Año: 1978.

Director: Michael Crichton.

Música: Jerry Goldsmith.

Fotografía: Victor J. Kemper.

Montaje: David Bretherton.

Guión: Michael Crichton sobre la novela homónima de Robin Cook.

Interpretes: Geneviève Bujold, Michael Douglas, Elizabeth Ashley, Rip Torn, Richard Widmark, Lois Chiles, Hari Rhodes, Gary Barton, Frank Downing, Richard Doyle, Alan Haufrect, Lance LeGault, Michael MacRae, Betty McGuire, Tom Selleck, ...

Color: color.

Duración: 113 minutos.

Género: Drama, misterio, ciencia ficción.

Productora: MGM.

Sinopsis: Una pareja de jóvenes médicos internos, Susan Wheeler y Mark Bellows, pasan su período de pruebas en el Boston Memorial Hospital. Casualmente, una joven amiga suya sufre una inesperada reacción a la anestesia. Este hecho le provoca un coma que hace que su cuerpo vegete sin tener conciencia de su estado. La situación lleva a Susan a poner al descubierto una macabra organización que funciona amparada por la eficaz asistencia hospitalaria del centro.

Enlaces:

<http://www.imdb.com/title/tt0077355>

[Trailer en inglés](#)



Figura 1. Cartel español de la película *Coma* (1978).

La trama

La residente de cirugía del Boston Memorial Hospital, Susan Wheeler, queda muy afectada cuando una de sus mejores amigas sufre un accidente durante una intervención quirúrgica menor y queda en coma profundo. Buscando información descubre que en el pasado año han ocurrido casos semejantes que tienen varias características en común. Son pacientes jóvenes y sanos, sin ningún factor de riesgo, intervenidos por procesos menores en el mismo quirófano y que una vez en coma profundo son trasladados al Jefferson Institute. Tras diversas peripecias, Wheeler descubre que en esta institución se procede a la extracción de órganos de los pacientes que acaban allí para proceder a su venta al mejor postor. Asimismo, deduce que los accidentes quirúrgicos no son tales, sino que se trata de intoxicaciones con monóxido de carbono a través de un conducto por donde se inyecta a la conducción de oxígeno del quirófano donde suceden todos los accidentes. Cuando se lo comenta al jefe de Cirugía, el doctor Harris, que se encuentra detrás de toda la trama, este la droga en su despacho e intenta asesinarla mediante una intervención quirúrgica por una supuesta apendicitis donde planea

exponerla al monóxido de carbono. Finalmente, Mark Bellows, jefe de residentes de cirugía y novio de Wheeler, consigue impedir la intoxicación y procede a la detención de Harris.

Análisis de la película

Crichton dirigió un film que supone una adaptación bastante fidedigna de la novela de Cook, aunque se permite algunas licencias, especialmente en algunos personajes. En la obra literaria, Wheeler es una estudiante de medicina de tercer año y Bellows su tutor de prácticas, aunque finalmente acaban en una relación amorosa. En general, y contrariamente a lo que ocurre en la mayoría de adaptaciones, la película es mejor que la novela en la que se aprecia un excesivo interés por los detalles médicos, innecesarios para el argumento y probablemente demasiado técnicos para el lector lego. En la obra también se incluyen pacientes de medicina interna que experimentan una extraña apnea que finalmente se descubre que es debida a la administración de succinilcolina. Estos pacientes desaparecen de la película. Tampoco es creíble que una estudiante de medicina tenga un acceso completo a los archivos del hospital, y pueda interpretar los datos de los pacientes sin apenas conocimientos clínicos. La anoxia cerebral que lleva al coma profundo de los pacientes tras su exposición a monóxido de carbono es también un poco cinematográfica, en el sentido de que podría ser difícil ajustar la exposición al gas sin más problemas que una cierta inestabilidad cardiovascular. Sin embargo, parece razonable creer que, en el contexto de una intervención quirúrgica bajo anestesia general, cualquier anoxia implicaría un claro aumento de la concentración de CO₂ en sangre y un inevitable cambio en su coloración y en el aspecto del paciente que cualquier anesestesiólogo podría descubrir. El gran misterio de la película es cómo puede haber ocurrido un coma por supuesta anoxia cerebral sin ninguna manifestación tradicional de la hipoxemia como, por ejemplo, la cianosis. Aquí se encuentra su principal elemento de interés docente. Otro aspecto relevante, que pretende introducir un elemento de inquietante terror, es el hecho de que el Instituto Jefferson actúe como una especie de 'granja' de órganos y que incluso era el tema destacado en algunos carteles de la película (figura 1). Esta situación, que plantearía un compromiso ético sobre el empleo de órganos de pacientes en coma, no lo consideramos como un aspecto docente relevante, pues no parece que pueda establecerse un debate sobre si se pueden utilizar fraudulentamente los órganos de aquellos que han tenido la trágica desgracia de sufrir un coma irreversible. En este sentido la legislación española es claramente distinta a la norteamericana y no existe

demasiado espacio para el debate. Sin embargo, en EE.UU. la novela y la película suscitaron un notable debate, vinculada también al caso de Karen Quinlan y la desconexión de los pacientes en coma prolongado (véase Belling²² para un análisis detallado de este conflicto ético). Finalmente, existe un tercer punto al que se da una especial relevancia en la novela y menos en la película, la discriminación de las mujeres como profesionales médicos. Este tema, que podría tener interés en los Estados Unidos de mediados de la década de 1970, e incluso en España, no parece suscitar ninguna polémica en un momento histórico en que la profesión médica se encuentra muy feminizada y es difícil concebir discriminaciones de género en nuestro ámbito.

Un aspecto relevante de la película es la verosimilitud de la situación que plantea la película respecto a que pueda ocurrir en un quirófano actual. Los controles de la oxigenación de los pacientes han mejorado sustancialmente desde que la película fue rodada. En la actualidad muchos quirófanos están dotados de mecanismos que detectarían con toda probabilidad la hipoxia a la que estuviera sometido el paciente. Para ello se coloca un analizador de gases en el conducto que lleva estos al paciente que informa del porcentaje de oxígeno y de anestésico, tanto en el aire inspirado como en el espirado. Con ello se detectaría que la mezcla de gases que recibe el paciente sería hipóxica. En algunos casos se dispone incluso de un espectómetro de masas que permitiría incluso detectar la presencia de CO directamente. Otro aspecto son las manifestaciones clínicas intraoperatorias del paciente. La intoxicación por CO podría causar una isquemia cardíaca que podría llevar a un infarto de miocardio. El control electrocardiográfico permitiría observar alteraciones del segmento ST que despertaría la sospecha diagnóstica. Finalmente, los pacientes afectados en la película parecen tener una afectación neurológica

cortical sin lesiones de los centros vasomotor y respiratorio, lo que muestra una curiosa selectividad. Pese a todo lo comentado, debe tenerse en cuenta que la película estaba destinada al público general y no debía entrar en detalles precisos como los citados. Además, por lo que se refiere a las medidas de seguridad en el quirófano, es muy probable que las mostradas en la película fueran las habituales en los quirófanos de los hospitales de hace cuarenta años.

Interés en la docencia

De los tres temas principales que se tratan en la película, muerte por intoxicación por monóxido de carbono, tráfico de órganos y discriminación de género, creemos que el primero es el más relevante. Define, además, los principales objetivos educativos que pueden plantearse con el empleo de *Coma* como instrumento docente en estudiantes de medicina (Tabla 1). Permite, en primer lugar, investigar las causas que pueden generar una situación de coma en el postoperatorio en pacientes jóvenes y sanos sometidos a intervenciones sin riesgo aparente. En segundo lugar, permite conocer el concepto de anoxia, hipoxemia y su relación con las presiones parciales de gases en sangre. En tercero, debatir las manifestaciones de esta situación patológica y, lo que es más importante, comprender por qué sucede. Al mismo tiempo plantea cómo puede suceder hipoxemia sin que exista un aumento en la concentración de hemoglobina reducida que daría el aspecto cianótico al paciente. El conocimiento de la mayor afinidad del monóxido de carbono comparado con el oxígeno por la hemoglobina y la ausencia de cambios en la coloración de la sangre, incluso la aparición de un color aún más rojizo, conlleva un análisis detallado de las curvas de disociación de la hemoglobina, así como los cambios en las presiones parciales de los gases contribuyen a la afinidad por de los

Tabla 1. Objetivos educativos que se plantean con la película *Coma*.

Definir la estructura de la hemoglobina.
Recordar las características de la fijación del oxígeno a la hemoglobina.
Definir hipoxia, hipoxemia y cianosis.
Definir oxihemoglobina y carboxihemoglobina.
Conocer el concepto de presión parcial de gases en sangre.
Describir el concepto de afinidad de los gases por el centro activo de la hemoglobina.
Definir las manifestaciones clínicas de la intoxicación por monóxido de carbono.
Conocer las causas más frecuentes de intoxicación por monóxido de carbono.
Comprender las bases terapéuticas del tratamiento con oxígeno de la intoxicación por monóxido de carbono.

diferentes gases. Asimismo, podría contribuir a explicar los mecanismos alostéricos de fijación del oxígeno a la hemoglobina, un proceso que puede ser difícil de comprender por los estudiantes de los primeros cursos. Podría asimismo contribuir a comprender las bases del tratamiento de la intoxicación con oxígeno a alta concentración o incluso con terapia hiperbárica.

Otro aspecto de interés que puede considerarse en el debate de la película es el interés del CO como una molécula de señalización celular²³. Incluso se ha señalado recientemente su interés terapéutico en el tratamiento del accidente vascular cerebral por causa isquémica, la esclerosis múltiple o el dolor neuropático²⁴. Esta aparente paradoja de contaminante ambiental y elemento terapéutico alimenta la conocida historia del empleo de toxinas naturales en terapéutica y reaviva la afirmación de Paracelso respecto a que la única diferencia entre beneficio y toxicidad de cualquier sustancia solo depende de la dosis.

Conclusiones

Coma puede tener interés para comprender una importante parte de la fisiología respiratoria, cual es la asociada al transporte de oxígeno por la hemoglobina, los aspectos fisiológicos de cómo se realiza este, así como de lo que puede ocurrir en situaciones en que existe una exposición a sustancias que compiten por su unión a la hemoglobina, como el monóxido de carbono. La película ofrece suficientes elementos para despertar el interés de los estudiantes y permitirles comprender el interés que tiene un proceso fisiológico básico como es la unión del oxígeno a la hemoglobina y las situaciones en que cambia la afinidad de ésta. La importancia de la intoxicación accidental por monóxido de carbono no es baladí y cada año se dan intoxicaciones graves e incluso mortales por esta causa²⁵⁻²⁸. No parece un inconveniente que los estudiantes de medicina aprendan pronto las características de tal envenenamiento mientras comprenden mejor un importante elemento de fisiología respiratoria.

Referencias

- Ber R, Alroy G. Twenty years of experience using trigger films as a teaching tool. *Acad Med*. 2001; 76:656-658.
- García Sánchez JE, García Sánchez E. La Revista de Medicina y Cine y la formación médica. *Rev Med Cine [Internet]*. 2012; 8:51-52. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/index.php/117-vol8/num2/686-la-revista-de-medicina-y-cine-y-la-formacion-medica>
- Darbyshire D, Baker P. A systematic review and thematic analysis of cinema in medical education. *Med Humanit*. 2012; 38:28-33.
- Alexander M, Hall MN, Peticce YJ. Cinemedication: an innovative approach to teaching psychosocial medical care. *Fam Med*. 1994; 26:430-433.
- Baños JE. How literature and popular movies can help in medical education: applications for teaching the doctor-patient relationship. *Med Educ*. 2007; 41:918.
- Farré M, Pérez J. Uso del cine comercial en la docencia de la bioética en estudios de Biología. *Rev Med Cine [Internet]*. 2011; 7:3-7. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/index.php/es/vol7/num1/623>
- Farré M, Bosch F, Roset PN, Baños JE. Putting clinical pharmacology in context: the use of popular movies. *J Clin Pharmacol*. 2004; 44:30-36.
- Farré M, Arribas S, Pérez J, Baños JE. Bioethical principles, clinical research and popular movies. *Med Educ*. 2013; 47:1119-1116.
- García-Sánchez JE, Frenadillo MJ, García-Sánchez E. El cine en la docencia de las enfermedades infecciosas y la microbiología clínica. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2002; 20:403-406. Disponible en: <http://zl.elsevier.es/es/revista/enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28/el-cine-docencia-las-enfermedades-infecciosas-microbiologia-13037009-articulo-especial-2002>
- Ventura S, Onsmann A. The use of popular movies during lectures to aid the teaching and learning of undergraduate pharmacology. *Med Teach*. 2009; 31:662-664.
- Baños JE, Aramburu JF, Sentí M. Biocinema: la experiencia de emplear películas comerciales con estudiantes de Biología. *Rev Med Cine [Internet]*. 2005; 1:42-46. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/index.php/97-vol1/num28/546-biocinema-la-experiencia-de-emplear-peliculas-comerciales-con-estudiantes-de-biologia-en-scribd>
- Rose C. How to teach biology using the movie science of cloning people, resurrecting the dead, and combining flies and humans. *Public Understand Sci*. 2003; 12:289-296. Disponible en: <http://www.penelopeironstone.com/science-movies.pdf>
- Bosch F, Baños JE. Mi tío de América, Henri Laborit y la ilustración de la teoría neurobiológica de la organización social. *Educ Med*. 2008; 11:61-67. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1575-1813200800020004&script=sci_arttext
- Breithaupt H. Movies for teaching science. *EMBO Rep*. 2002; 3:918-920. Disponible en: <http://embor.embopress.org/cgi/pmidlookup?view=long&mid=12370200>
- Darbyshire D, Baker P. El cine en la formación médica. ¿Ha tenido acogida? *Rev Med Cine [Internet]*. 2011; 7:8-14. Disponible en: <http://revistamedicinacine.usal.es/index.php/105-vol7/num13/625-el-cine-en-la-formacion-medica-ia-ha-tenido-acogida-en-scribd>
- Diochot S, Baron A, Salinas M, Douguet D, Scarzello S, Dabert-Gay AS et al. Black mamba venom peptides target acid-sensing ion channels to abolish pain. *Nature* 2012; 490:552-557.
- Arendt-Nielsen L, Cairns BE. Pain: what poisons are revealing about its mechanisms. *Lancet Neurol*. 2014; 13:22-23.
- Bertomeu-Sánchez JR, Nieto-Galán A, editores. *Chemistry, medicine and crime*. Mateu J.B. Orfila (1787-1853) and his times. Samagore Beach, MA: Science History Publications, 2006.
- Rapezzi C, Ferrari R, Branzi A. White coats and fingerprints: diagnostic reasoning in medicine and investigative methods of fictional detectives. *BMJ*. 2005; 331:1491-1494. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1322237/>
- Baños JE, Torrens M. Novel·la negra i metges. Exemples d'una associació gens aleatòria. *Ann Med* 2012; 95:122-127. Disponible en: <http://www.academia.cat/files/499-168-FITXER/sense01.pdf>
- Cook R. *Coma*. New York: Signet Book; 1977.
- Belling C. The living dead. Fiction, horror and bioethics. *Pers Biol Med*. 2010; 53:439-451.
- Kim HP, Ryter SW, Choi AMK. CO as a cellular signaling molecule. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2006; 46:411-419.
- Hanafy KA, Oh J, Otterbein LE. Carbon monoxide and the brain: time to rethink the dogma. *Curr Pharm Des*. 2013; 19:2771-2775. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3672861/>
- Sanz MJ, Mancebo JJ, Sánchez A, Artillo A, Larramendi S, del Castillo C, Arias R. Intoxicación por monóxido de carbono. Revisión de cuarenta casos. *Emergencias* 1995; 7:32-33.
- García Arroyo I, Fernández Testa A, Ochoa Sangrador C, Antolín García MT,

Sánchez Berrocal JL, Ramos Pastor N, et al. Intoxicación subclínica por monóxido de carbono en nuestra área sanitaria. *Rev Clin Esp* 2003; 203:378-381.

27. Fleta Zaragoza J, Fons Estupiñá C, Arnauda Espatolero P, Ferrer Dufol A, Olivares López JL. Intoxicación por monóxido de carbono. *An Pediatr (Barc)* 2005; 62:587-590.

28. Burillo-Putze G, Nogué-Xarau S, Pérez-Castrillón JL, Dueñas-Laita A. Cianuro y monóxido de carbono en la intoxicación por humo de incendio. *Rev Neurol* 2009; 48:335-336.



Josep-E Baños es doctor en Medicina y profesor de Farmacología en la Facultad de Ciencias de la Salud y de la Vida de la UPF desde el año 2002. Ha sido vicerrector de Docencia y Ordenación Académica desde 2005 a 2013. Fue miembro del grupo que recibió una distinción de calidad a la innovación docente de la Generalitat de Catalunya por el empleo de películas comerciales en la docencia de la licenciatura de Biología en 2009.



Enric Samsó Sabé es médico y doctor en Medicina por la Universitat Autònoma de Barcelona. Diplomado europeo en Anestesiología y Cuidados Intensivos (1991). Ha sido tutor de residentes y miembro del comité coordinador de cursos de formación de residentes de la Academia de Ciencias Médicas de Catalunya. En la actualidad es médico adjunto del Servicio de Anestesiología y Reanimación del Hospital de Mar de Barcelona y profesor asociado de la Universitat Pompeu Fabra.



Magi Farre Albaladejo, es médico especialista en Farmacología Clínica. Catedrático de Farmacología en la Universitat Autònoma de Barcelona y Jefe del Servicio de Farmacología Clínica del Hospital Universitario Germans Trias i Pujol en Badalona (Barcelona). Anteriormente fue Consultor en el Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Medicas-IMIM. Sus áreas de trabajo son la neuropsicofarmacología clínica, las drogas de abuso y las propiedades de los antioxidantes naturales. En el ámbito académico tiene interés en los métodos de innovación docente en Farmacología y Bioética.