

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
21 de abril de 2011 (21.04.2011)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2011/045456 A2

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01N 33/68 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2010/070584

(22) Fecha de presentación internacional:
7 de septiembre de 2010 (07.09.2010)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P 200930661
7 de septiembre de 2009 (07.09.2009) ES
P 201030090 25 de enero de 2010 (25.01.2010) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): FUNDACIÓN HOSPITAL NACIONAL DE PARAPLÉJICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INTEGRACIÓN (FUHNPAIIN) [ES/ES]; Finca La Peraleda, s/n, 45071 Toledo (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): DE CASTRO SOUBRIET, Fernando [ES/ES]; FUNDACIÓN HOSPITAL NACIONAL DE PARAPLÉJICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INTEGRACIÓN (FUHNPAIIN), Finca La Peraleda, s/n, 45071 Toledo (ES). CLEMENTE LÓPEZ, Diego [ES/ES]; FUNDACIÓN HOSPITAL NACIONAL DE PARAPLÉJICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INTEGRACIÓN (FUHNPAIIN), Finca La Peraleda, s/n, 45071 Toledo (ES). ORTEGA MUÑOZ, María Cristina [ES/ES]; FUNDACIÓN HOSPITAL NACIONAL DE PARAPLÉJICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INTEGRACIÓN (FUHNPAIIN), Finca La Peraleda, s/n, 45071 Toledo (ES). ARENZANA SANAGÉRICO, Francisco Javier

[ES/ES]; FUNDACIÓN HOSPITAL NACIONAL DE PARAPLÉJICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INTEGRACIÓN (FUHNPAIIN), Finca La Peraleda, s/n, 45071 Toledo (ES).

(74) Mandatario: PONS ARIÑO, Ángel; Glorieta de Rubén Darío, 4, E-28010 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))
- con la parte de lista de secuencias de la descripción (Regla 5.2(a))

(54) Title: NOVEL BIOMARKERS OF DISEASE HISTOPATHOLOGY

(54) Título : NUEVOS BIOMARCADORES DE LA HISTOPATOLOGÍA DE ENFERMEDADES DESMIELINIZANTES

(57) Abstract: Use of the FGF-2 and anosmin-1 proteins for predicting the histopathology of the lesions of a patient suffering from a central nervous system (CNS) demyelinating disease by means of the detection of the amount of said proteins in a sample of isolated biological fluid. Furthermore, the present invention relates to a method for ascertaining the histopathological characteristics of the lesions of a patient suffering from a CNS demyelinating disease and to a kit for implementing said method. Preferably, the CNS demyelinating disease is multiple sclerosis and the biological fluid is cerebrospinal fluid (CSF).

(57) Resumen: Uso de las proteínas FGF-2 y Anosmina-1 para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del Sistema Nervioso Central (SNC) mediante la detección de la cantidad de dichas proteínas en una muestra de fluido biológico aislado. Además, la presente invención se refiere a un método para conocer las características histopatológicas de las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC a un kit para llevar a cabo dicho método. Preferiblemente, la enfermedad desmielinizante del SNC es la esclerosis múltiple, y el fluido biológico es líquido cefalorraquídeo (LCR).



WO 2011/045456 A2

NUEVOS BIOMARCADORES DE LA HISTOPATOLOGÍA DE ENFERMEDADES DESMIELINIZANTES

La presente invención se encuadra dentro del campo de la Biomedicina. Específicamente, se refiere al uso de las proteínas FGF-2 y Anosmina-1, para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del Sistema Nervioso Central (SNC) mediante la detección de la cantidad de dichas proteínas en una muestra de fluido biológico aislado. Además, la presente invención se refiere a un método para conocer las características histopatológicas de las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC a un kit para llevar a cabo dicho método. Preferiblemente, la enfermedad desmielinizante del SNC es la esclerosis múltiple y el fluido biológico es líquido cefalorraquídeo (LCR).

15

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Las enfermedades desmielinizantes son un grave problema clínico y social. Se trata de un conjunto de enfermedades neurológicas en las que, por diversas causas, se daña la vaina de mielina que recubre los axones de las neuronas, que actúa protegiendo y facilitando la conducción del impulso nervioso. La más importante de estas enfermedades es la esclerosis múltiple.

20

En muchos casos, la esclerosis múltiple comienza como una enfermedad que cursa con brotes (o fases agudas) en los cuales se experimentan las alteraciones neurológicas típicas de esta enfermedad. Cada brote se sigue de una fase de remisión tras la que el paciente puede quedar, o no, con secuelas que producen distinto grado de afectación. En la mayor parte de los casos, tras una fase de la esclerosis múltiple en brotes, la enfermedad deriva hacia una forma secundaria progresiva en el que el paciente

25
30

experimenta los déficits neurológicos de manera continuada, aumenta la discapacidad de manera continua y progresiva (cfr. Confavreux y cols., N. Eng. J. Med. 2000, vol. 343, pp. 1430-1438).

- 5 En el caso de la esclerosis múltiple, los oligodendrocitos, células productoras de la mielina en el SNC, mueren en las zonas de lesión, también conocidas como placas de desmielinización. Los oligodendrocitos se originan durante el desarrollo pre- y postnatal a partir de precursores oligodendrogiales, células que también existen en el cerebro adulto de
- 10 todos los mamíferos. En respuesta a una lesión, los precursores de oligodendrocitos se movilizan hacia la zona del cerebro lesionada, aunque, dependiendo de la fase de evolución de la lesión pueden entrar dentro de la misma y reparar las vainas de mielina o no (cfr. Wolswijk, J. Neurosci. 1998, vol. 18, pp. 601-609; Chang y cols., J. Neurosci. 2000, vol. 20, pp. 6404-6412; Chang y cols., N. Engl. J. Med. 2002, vol. 346, pp. 165-173;
- 15 Reynolds y cols., J. Neurocytol. 2002, vol. 31, pp. 523-536; Chandran y cols., Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2008, vol. 363, pp. 171-183).
- 20 En los últimos años, las terapias existentes para paliar (que no curar) la esclerosis múltiple, tratan de rebajar el nivel de inflamación existente en el SNC, pero no están encaminadas a la movilización de los precursores de oligodendrocitos hacia el área a reparar. Por ello, la terapia celular, bien con células madre, con células mesenquimales o con los propios
- 25 precursores de oligodendrocitos (incluidos los endógenos), es un futuro esperanzador para el tratamiento de la esclerosis múltiple. Por tanto, es muy importante conocer en cada paciente de esclerosis múltiple el balance entre las lesiones en las que la remielinización es posible y aquellas en que no lo es a la hora de elegir el tipo de tratamiento (mitigador de los
- 30 efectos inflamatorios versus terapia celular reparadora).

Las lesiones desmielinizantes que se observan en el SNC de un paciente de esclerosis múltiple se pueden clasificar histopatológicamente en tres tipos atendiendo a la distribución de las células destructoras de la mielina (linfocitos, macrófagos y microglía) y con el grado de destrucción de la mielina (cfr. Trapp y cols., J. Neuroimmunol., 1999, vol. 98, pp. 49-56; Benito y cols., J. Neurosci., 2007, vol. 27, pp. 2396-2402):

1.- LESIONES ACTIVAS: lesiones en las que la desmielinización puede ser completa o incompleta y cuyo interior está lleno de células destructoras de la mielina, distribuidas de manera homogénea por toda el área de lesión. En estas lesiones, la remielinización es posible (de hecho, se forman las denominadas "*shadow plaques*" o placas de sombra, donde hay una remielinización parcial), presentan precursores de oligodendrocitos en su interior (pueden, por tanto, entrar) y son consideradas desde un punto de vista cronológico como las primeras en aparecer.

2.- LESIONES CRÓNICAS: lesiones en las que la desmielinización es completa, cuyo interior está desprovisto de células destructoras de la mielina, las cuales se acumulan en la periferia del área de lesión. En estas lesiones la remielinización (reparación de la vaina de mielina) es muy poco probable y se restringe al borde de la lesión, no presentan precursores de oligodendrocitos en su interior (no entran o, si han entrado, han muerto) y son consideradas el siguiente paso a las lesiones activas.

3.- LESIONES INACTIVAS: lesiones en las que la desmielinización es total y las células destructoras de mielina ya no están presentes ni en el interior ni en la periferia de la lesión. En estas lesiones la remielinización no es factible, careciendo también de precursores de oligodendrocitos en su interior y se consideran el paso final para una lesión desmielinizante.

Debido a que el ambiente inflamatorio de la esclerosis múltiple es continuo durante toda la enfermedad, a la hora de realizar una terapia celular, las posibilidades de éxito serán mayores en aquellos pacientes cuyas lesiones sean exclusivamente de tipo ACTIVO (y por tanto, susceptibles de reparación). Sin embargo, la única prueba fiable del tipo de lesión que está presente en el SNC de un paciente de esclerosis múltiple es el análisis histopatológico. Por razones evidentes, es el método más invasivo y en la práctica totalidad de los casos es factible (y por tanto útil) sólo *post mortem*. La imagen obtenida mediante resonancia magnética nuclear, aun siendo hasta la fecha el método existente menos invasivo y más sensible, no permite concretar el tipo de lesiones que presenta un paciente de esclerosis múltiple, el estado de desarrollo en el que se encuentra o su posible evolución, no sólo en la sustancia blanca (donde se encuentran la gran mayoría de las vainas de mielina) sino también en la sustancia gris, donde podría desencadenarse daño en las propias neuronas (Brex y cols., N. Eng. J. Med. 2002, vol. 346, pp. 158-164; Sepulcre y cols., Arch. Neurol., 2009, vol. 66, pp. 173-179; Weiner, Ann. Neurol., 2009, vol. 65, pp. 239-248). Aunque el anteriormente citado trabajo de Sepulcre y cols. (Sepulcre y cols., Arch. Neurol., 2009, vol. 66, pp. 173-179) es un paso importante en el establecimiento de una relación causal entre la presencia de lesiones en la sustancia blanca y la atrofia de la sustancia gris en pacientes con esclerosis múltiple, en el editorial firmado por Reichert y cols. (Reichert y cols., Arch. Neurol., 2009, vol. 66, pp. 159-160) y aparecido en el mismo volumen de *Archives of Neurology* en el que se analizan dichas relaciones, se dice claramente como conclusión que “hasta que no se consiga mediante resonancia magnética nuclear medidas más sensibles de las lesiones cerebrales, el interesante trabajo de Sepulcre y cols. deberá ser corroborado mediante el análisis de tejido *post-mortem* de cerebros de pacientes con esclerosis múltiple”. Por ello, es necesario encontrar, mediante el uso de técnicas no invasivas, biomarcadores (presentes en el LCR o el suero de los pacientes de esclerosis

múltiple) que nos sirvan para determinar el tipo de lesiones presentes en el SNC, el tipo de tratamiento más eficiente a realizar para la reparación de dichas lesiones (incluyendo el diseño de ensayos clínicos) o la posible evolución de la enfermedad, tanto en la sustancia blanca como en la sustancia gris.

Sarchielli y cols. describen el uso de la medida del FGF-2 en el diagnóstico/pronóstico de la esclerosis múltiple, aunque sólo asocian el nivel de FGF-2 a las variantes clínicas de la enfermedad, pero no estudian ni mencionan a la histopatología de las lesiones (Neuroscience Letters 435 (2008) 223–228).

Conocer la histopatología de las lesiones desmielinizantes de un sujeto es extremadamente útil. Mediante los usos y métodos descritos en la presente invención, dichas lesiones pueden detectarse antes de que el sujeto presente síntomas y sea diagnosticado.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los autores de esta invención proporcionan una nueva herramienta que permite conocer a través de los niveles de FGF-2 y/o Anosmina-1 en el líquido cefalorraquídeo (LCR) del paciente, el grado en el que se encuentran sus lesiones cerebrales, el ambiente favorecedor o inhibidor de la migración de los precursores de oligodendrocitos, células reparadoras de la vaina de mielina, el pronóstico de la posible evolución de la enfermedad hacia el daño neuronal en la sustancia gris, así como la asignación de un tratamiento u otro para las mismas (incluyendo el diseño de ensayos clínicos).

La presente invención proporciona, por tanto, una herramienta no invasiva de catalogación histopatológica de las lesiones presentes en la sustancia

blanca de los pacientes de esclerosis múltiple únicamente analizando el nivel de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR.

5 Según se demuestra en los ejemplos de la presente invención, los niveles en el LCR de la molécula FGF-2 y/o Anosmina-1 reflejan el tipo o tipos de lesiones del Sistema Nervioso Central (SNC) de un paciente de esclerosis múltiple, sin necesidad de pruebas más agresivas ni errores de diagnóstico, con el mismo nivel de certeza que si se realizara una biopsia, única prueba fiable del grado de afectación en el que se encuentra el SNC
10 de cualquier paciente neurológico, incluidos los pacientes con esclerosis múltiple. Los pacientes de esclerosis múltiple que poseen niveles de FGF-2 y/o de Anosmina-1 similares a los presentes en los individuos control, presentan, únicamente, lesiones pequeñas y numerosas del denominado tipo ACTIVO. Sin embargo, aquellos pacientes que presentan un nivel de
15 FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR significativamente superior al nivel presente en los individuos control (al menos, del doble -2 veces mayor-), presentan en su sustancia blanca grandes lesiones de tipo CRÓNICO o INACTIVO, en número menor que en los casos anteriores, pero de mayor volumen.

20 Además, en la presente invención se demuestra que los niveles en LCR de FGF-2 y/o de Anosmina-1 reflejan el estado del ambiente molecular favorecedor o inhibidor de la llegada de las células reparadoras de la vaina de mielina a la lesión desmielinizante dentro de la sustancia blanca.

25 En aquellos pacientes con niveles de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR similares a los encontrados en los pacientes control, las lesiones ACTIVAS van asociadas a la presencia de la molécula motogénica y quimioatrayente de los precursores de oligodendrocitos, FGF-2, expresada sólo por
30 algunas células de microglía/macrófagos en el interior de la lesión, pero nunca se detecta FGF-2 ni su receptor, FGFR1 en los alrededores de la

placa de desmielinización. En el interior de las lesiones activas tampoco se detecta la presencia de moléculas que, como la Anosmina-1, impidan o dificulten la migración de los precursores de oligodendrocitos, indicando claramente que en dichas lesiones se dan las circunstancias adecuadas para una posible remielinización y, por tanto, la reparación de las mismas. En el caso de aquellos pacientes de esclerosis múltiple que poseen un nivel de FGF-2 en su LCR al menos 2 veces superior al presente en condiciones de no desmielinización, sus lesiones CRÓNICAS y/o INACTIVAS presentan histopatológicamente tanto abundantes macrófagos/microglía que expresan FGF-2 como precursores de oligodendrocitos que expresan su receptor FGFR1 alrededor de las mismas; el FGF-2 actúa como molécula motogénica y quimioatrayente, en un intento de atraer los precursores de oligodendrocitos hacia la zona a reparar. Sin embargo, las lesiones CRÓNICAS y/o INACTIVAS que presentan los pacientes de esclerosis múltiple con estos niveles de FGF-2 en su LCR, muestran una elevada presencia de Anosmina-1 en su interior, lo que es perjudicial (inhibidora, quimiorrepelente) para la migración de los precursores de oligodendrocitos, células reparadoras de la lesión, por lo que se produce el fallo en la entrada de los mismos y por tanto, la reparación de la vaina de mielina no se lleva a cabo.

Por otra parte, la medida del nivel de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR de pacientes de esclerosis múltiple refleja alteraciones en la sustancia gris, tanto a nivel celular como del estado de la barrera hematoencefálica de la sustancia gris, por lo que sirve de pronóstico a la aparición de daños en las neuronas.

En aquellos pacientes de esclerosis múltiple en que el nivel de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR sea similar al de los individuos sin lesiones desmielinizantes, su sustancia gris no presenta FGF-2 o Anosmina-1 ni alteraciones aparentes de su barrera hematoencefálica, lo que supone un

menor riesgo para los cuerpos neuronales. Por el contrario, los pacientes con niveles de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR significativamente más elevados (al menos 2 veces mayor) que en los casos de no desmielinización, presentan astrocitos perivasculares productores de FGF-2 y de Anosmina-1, y que también expresan su receptor común FGFR1, en lugares en los que la barrera hematoencefálica se ve comprometida, en un intento por recomponerla. Este daño en la barrera hematoencefálica da lugar, en etapas siguientes de la enfermedad, a lesiones en los cuerpos neuronales en dichas zonas. Esto puede ser causa de daños motores más severos o incluso de alteraciones en las funciones cognitivas de la persona.

Por tanto, la medida de los niveles de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en LCR sirve como bioindicador del nivel de afectación histopatológica, de la susceptibilidad a su reparación mediante el empleo de precursores de oligodendrocitos, así como de la afectación de la sustancia gris. Un bioindicador, también llamado biomarcador, es una sustancia que puede ser medida y cuyos valores pueden asociarse objetivamente a un estado biológico, como puede ser el padecer una patología o no. Los bioindicadores o biomarcadores se emplean también en el estudio de la respuesta a un tratamiento.

Por tanto, un primer aspecto de la invención se refiere al uso de las proteínas FGF-2, Anosmina-1 o ambas, para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una posible enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC, mediante la detección de la cantidad de dichas proteínas en una muestra de fluido biológico aislado.

En otra realización preferida de la invención, las proteínas FGF-2 y Anosmina-1 se usan para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una posible enfermedad desmielinizante, preferiblemente del

SNC, mediante la detección de la cantidad de dichas proteínas en una muestra de fluido biológico aislado. En una realización preferida, las proteínas FGF-2 y Anosmina-1 se usan como biomarcadores de remielinización en una hipotética terapia celular en un paciente con patología desmielinizante. Estas proteínas pueden por tanto servir de biomarcadores para seguir la evolución de un paciente diagnosticado con una enfermedad desmielinizante y para seguir la evolución durante y después de un tratamiento, dado que los niveles de estas proteínas son indicativos del estado de mielinización que presente un paciente. Un paciente puede ser tratado, por ejemplo, pero sin limitarse, con una terapia celular destinada a la regeneración de la mielina.

En una realización preferida de la invención, las proteínas FGF-2, Anosmina-1, o ambas, se usan para predecir la presencia de al menos una lesión desmielinizante CRÓNICA o INACTIVA. En una realización preferida, se usa la proteína la proteína FGF-2. En una realización preferida, se usa la proteína la proteína Anosmina-1. En una realización preferida, se usa la combinación de ambas.

En una realización preferida de la invención, la proteína Anosmina-1 se usa como biomarcador para la detección de una enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC. En una realización preferida de la invención, la proteína Anosmina-1 se usa para detectar una enfermedad desmielinizante en una muestra biológica aislada, preferiblemente en un fluido biológico aislado.

Tal y como se utiliza en la presente descripción los términos "muestra de fluido biológico aislado" o, simplemente, "muestra biológica", se refieren a un fluido biológico de un sujeto, obtenido mediante cualquier método conocido por un experto en la materia que sirva para tal fin.

El fluido biológico puede incluir fluidos excretados o secretados del cuerpo, así como fluidos que normalmente no lo son. Un fluido biológico puede incluir, líquido amniótico que rodea el feto, humor acuoso, fluido intersticial, linfa, leche materna, moco (incluyendo el drenaje nasal y la flema), saliva, sebo (grasa de la piel), sudor, orina, esperma y líquido pericárdico. La muestra biológica aislada puede ser, por ejemplo, pero sin limitarse, fresca, congelada o fijada.

En una realización preferida, la muestra de fluido biológico aislado es cualquier fluido corporal y preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: LCR, sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas. En una realización más preferida, la muestra de fluido biológico aislado es LCR.

El término "sujeto", tal y como se utiliza en la descripción, se refiere a animales, preferiblemente mamíferos, y más preferiblemente, humanos. Preferiblemente, este término se refiere a un sujeto que ha sido diagnosticado de una enfermedad desmielinizante del SNC. Un sujeto puede ser, por tanto, un paciente que puede padecer una enfermedad desmielinizante o puede ser un individuo sano.

Tal y como se utiliza en la presente descripción, la expresión "enfermedad desmielinizante del SNC" se refiere a una enfermedad caracterizada por la pérdida o la disfunción de la mielina en el SNC.

En una realización preferida, la enfermedad desmielinizante afecta al SNC y se selecciona de la lista que comprende: esclerosis múltiple, neuromielitis óptica de Devic, encefalitis diseminada aguda, mielitis transversa aguda, leucoencefalitis hemorrágica aguda o subaguda, desmielinización diseminada aguda, esclerosis difusa, desmielinización central del cuerpo calloso, mielínolisis central pónica, mielitis necrotizante

subaguda, esclerosis concéntrica, adrenoleucodistrofia, enfermedad de Alexander, enfermedad de Canavan, enfermedad de Krabbe y síndrome de Zellweger.

5 La esclerosis múltiple es la enfermedad desmielinizante del SNC más frecuente. Los hallazgos patológicos incluyen múltiples áreas bien definidas de desmielinización de toda la sustancia blanca del SNC. Las manifestaciones clínicas incluyen pérdida de visión, movimientos extraoculares anómalos, parestesias, pérdida de sensibilidad, debilidad, disartria, espasticidad, ataxia y disfunción de la vejiga. En una realización
10 más preferida, la enfermedad desmielinizante del SNC es la esclerosis múltiple, en cualquiera de sus variantes clínicas.

Las variantes clínicas de la enfermedad más comunes son: Esclerosis
15 Múltiple Recurrente-Remitente, Esclerosis Múltiple Secundaria Progresiva, Esclerosis Múltiple Primaria Progresiva, Esclerosis Múltiple Progresiva Recidivante y Síndrome Clínico Aislado (CIS).

La Esclerosis Múltiple Recurrente-Remitente es la variante clínica más
20 común de la Esclerosis Múltiple, caracterizada por brotes o exacerbaciones agudas y recurrentes de disfunción neurológica seguidas por recuperaciones parciales o completas. Las manifestaciones clínicas comunes incluyen pérdida de la función visual, motora, sensorial o de la vejiga. Pueden ocurrir episodios agudos de desmielinización en cualquier
25 sitio del SNC, que afectan comúnmente a los nervios ópticos, la médula espinal, el cerebro, el tronco cerebral y el cerebelo.

La Esclerosis Múltiple Secundaria Progresiva es la evolución clínica
habitual de la Esclerosis Múltiple Recurrente-Remitente; cursa con la
30 disminución del número de brotes y la progresión de la discapacidad.

La Esclerosis Múltiple Primaria Progresiva se caracteriza por una progresión gradual de la incapacidad desde el comienzo; los pacientes no experimentan recaídas, sino un deterioro funcional constante desde que comienza la enfermedad.

5

Finalmente, la Esclerosis Múltiple Progresiva Recidivante, mucho menos frecuente que las anteriores, comienza con un curso primario progresivo, sobre el cual se sobreponen brotes.

10 En una realización aún más preferida, la enfermedad desmielinizante del SNC es la esclerosis múltiple en su variante clínica primaria progresiva o secundaria progresiva.

15 En otra realización preferida, la enfermedad desmielinizante afecta al Sistema Nervioso Periférico (SNP) y es, preferiblemente, el síndrome de Guillain-Barré.

20 En una realización preferida, se usan ambas proteínas, FGF-2 y Anosmina-1, como biomarcadores para la detección de una enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC. Preferiblemente, se detectan los niveles de ambas proteínas en una muestra biológica aislada, preferiblemente un fluido biológico aislado.

25 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para obtener datos útiles para la detección de una enfermedad desmielinizante o para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto o de un paciente con una enfermedad desmielinizante del SNC (de ahora en adelante, método de la invención) que comprende los siguientes pasos:

30 a) obtener una muestra biológica aislada de un sujeto, preferiblemente un fluido biológico aislado;

b) detectar la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 en la muestra biológica del paso (a); y

c) comparar la cantidad detectada en el paso (b) con una cantidad de referencia.

5

En una realización preferida, el método de la invención comprende el siguiente paso:

d) predecir la presencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca y/o de la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris en el sujeto.

10

Los pasos (b) y/o (c) del método de la invención pueden ser total o parcialmente automatizados, por ejemplo, por medio de un equipo robótico sensor para la detección de la cantidad en el paso (b) o la comparación computerizada en el paso (c). Además de los pasos especificados anteriormente puede comprender otros pasos adicionales, por ejemplo relacionados con el pre-tratamiento de la muestra o la evaluación de los resultados obtenidos mediante este método.

15

20

El término "predecir", tal y como se utiliza en la presente invención, se refiere a la capacidad de clasificar las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC según sus características histopatológicas como, por ejemplo, el tipo de lesiones presentes en la sustancia blanca o la existencia de alteraciones en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris, cuando se aplica un método de clasificación de muestras basado en el análisis de la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 y en la comparación de dicha cantidad detectada con respecto a una cantidad de referencia. Esta discriminación tal y como es entendida por un experto en la materia no pretende ser correcta en un 100% de las muestras analizadas. Sin embargo, requiere

25

30

que una cantidad estadísticamente significativa de las muestras analizadas sean clasificadas correctamente. La cantidad que es significativamente estadística puede ser establecida por un experto en la materia mediante el uso de diferentes herramientas estadísticas, por ejemplo, pero sin limitarse, mediante la determinación de intervalos de confianza, determinación del valor p, test de Student o funciones discriminantes de Fisher. Preferiblemente, los intervalos de confianza son al menos del 90%, al menos del 95%, al menos del 97%, al menos del 98% o al menos del 99%. Preferiblemente, el valor de p es menor de 0,1, de 0,05, de 0,01, de 0,005 o de 0,0001. Preferiblemente, la presente invención permite detectar correctamente la enfermedad en al menos el 60%, en al menos el 70%, en al menos el 80%, o en al menos el 90% de los sujetos de un determinado grupo o población analizada.

El término "sustancia blanca", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a la parte del SNC y, más preferiblemente, del cerebro, compuesta principalmente de fibras nerviosas mielinizadas. El término "sustancia gris", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a la parte del SNC y, más preferiblemente, del cerebro, compuesta principalmente por las dendritas y cuerpos neuronales, que no poseen mielina.

La proteína factor de crecimiento fibroblástico-2 (FGF-2), también conocida factor de crecimiento fibroblástico básico (bFGF), está codificada por un gen *FGF-2*, perteneciente a la familia de factores de crecimiento fibroblástico. Ha sido implicada en diversos procesos biológicos como el desarrollo del SNC, la reparación de heridas y el crecimiento tumoral.

El término "proteína FGF-2", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a cualquiera de las proteínas resultantes de la expresión del gen *FGF-2* humano (*GenID: 2247*). La secuencia de

aminoácidos prototípica de la proteína FGF-2 es SEQ ID NO: 1 (NP_001997.5). Por tanto, el término "proteína FGF-2" también se refiere a la proteína cuya secuencia de aminoácidos es SEQ ID NO: 1, a una variante de la misma o a un fragmento de los anteriores, siempre y cuando
5 dicha variante o dicho fragmento sea funcionalmente equivalente.

La proteína de matriz extracelular Anosmina-1, también conocida como "Kallmann syndrome protein" y "Adhesion molecule-like X-linked", está codificada en el gen humano *KAL1* y ha sido implicada en diversos
10 procesos biológicos tanto en el desarrollo del SNC como en condiciones patológicas (síndrome de Kallmann, cáncer).

El término "proteína Anosmina-1", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a cualquiera de las proteínas resultantes de la expresión del gen *KAL1* humano (*GenID*: 3730). La secuencia de aminoácidos prototípica de la proteína Anosmina-1 es SEQ ID NO: 2 (NP_000207.2). Por tanto, el término "proteína Anosmina-1" también se refiere a la proteína cuya secuencia de aminoácidos es SEQ ID NO: 2, a una variante de la misma o a un fragmento de los anteriores, siempre y
20 cuando dicha variante o dicho fragmento sea funcionalmente equivalente.

En el sentido utilizado en esta descripción, el término "variante" se refiere a una proteína sustancialmente homóloga a las proteínas FGF-2 y/o Anosmina-1. En general, una variante incluye adiciones, deleciones o sustituciones de aminoácidos. El término "variante" incluye también a las
25 proteínas resultantes de modificaciones postranslacionales como, por ejemplo, pero sin limitarse, glicosilación, fosforilación o metilación.

Tal como aquí se utiliza, una proteína es "sustancialmente homóloga a la proteína FGF-2 o Anosmina-1" cuando su secuencia de aminoácidos presenta un buen alineamiento con las secuencias de aminoácidos SEQ
30

ID NO: 1 y/o SEQ ID NO: 2, es decir, cuando su secuencia de aminoácidos tiene un grado de identidad respecto a la secuencia de aminoácidos SEQ ID NO: 1, de, al menos, un 50%, típicamente de, al menos, un 80%, ventajosamente de, al menos, un 85%, preferiblemente de, al menos un 90%, más preferiblemente de, al menos, un 95%, y, aún más preferiblemente de, al menos, un 99%.

El término "identidad", tal y como se utiliza en esta descripción, hace referencia a la proporción de aminoácidos idénticos entre dos secuencias de aminoácidos que se comparan. El tanto por ciento de identidad existente entre dos secuencias puede ser identificado fácilmente por un experto en la materia, por ejemplo, con la ayuda de un programa informático apropiado para comparar secuencias.

El término "fragmento", tal y como se utiliza en la presente descripción se refiere a una porción de la proteína FGF-2 y Anosmina-1 o de una sus variantes.

La expresión "funcionalmente equivalente", tal como aquí se utiliza, significa que la variante o el fragmento en cuestión mantienen esencialmente las propiedades inmunológicas descritas en este documento. Dichas propiedades inmunológicas se pueden determinar mediante métodos convencionales tales como los descritos en los Ejemplos que acompañan a esta descripción.

La expresión "detección de la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1" en una muestra de fluido biológico aislado de un sujeto, tal y como se utiliza en la descripción, hace referencia a la medida de la cantidad o la concentración, preferiblemente de manera semi-cuantitativa o cuantitativa. La medida puede ser llevada a cabo de manera directa o indirecta. La medida directa se refiere a la medida de la cantidad o la

concentración de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1, basada en una señal que se obtiene directamente de la proteína, y que está correlacionada directamente con el número de moléculas de la proteína, presente en la muestra. Dicha señal – a la que también podemos referirnos como señal de intensidad – puede obtenerse, por ejemplo, midiendo un valor de intensidad de una propiedad química o física de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1. La medida indirecta incluye la medida obtenida de un componente secundario (por ejemplo, un componente distinto del producto de la expresión génica) o un sistema de medida biológica (por ejemplo la medida de respuestas celulares, ligandos, “etiquetas” o productos de reacción enzimática).

El término “cantidad”, tal y como se utiliza en la descripción, se refiere pero no se limita, a la cantidad absoluta o relativa de la proteína, así como a cualquier otro valor o parámetro relacionado con las mismas o que pueda derivarse de éstas. Dichos valores o parámetros comprenden valores de intensidad de la señal obtenidos a partir de cualquiera de las propiedades físicas o químicas de la proteína, obtenidos mediante medida directa, por ejemplo, valores de intensidad en un inmunoensayo, espectroscopía de masas o resonancia magnética nuclear. Adicionalmente, dichos valores o parámetros incluyen todos aquellos obtenidos mediante medida indirecta, por ejemplo, cualquiera de los sistemas de medida descritos en otra parte del presente documento.

El término “comparación”, tal y como se utiliza en la descripción, se refiere pero no se limita, a la comparación de la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 de la muestra biológica obtenida en el paso (a) del método de la invención con una cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 de referencia. La comparación descrita en el apartado (b) del método de la presente invención puede ser realizada manualmente o asistida por ordenador.

El término "cantidad de referencia", tal y como se utiliza en la descripción, se refiere a la cantidad del producto de expresión que permite clasificar las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC según la presencia o ausencia de, al menos, una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca y/o según la existencia o no de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris.

Dicha cantidad de referencia puede ser calculada mediante métodos estadísticos conocidos en el estado de la técnica a partir de una población de sujetos para los cuáles se conoce la cantidad de expresión de FGF-2 y/o de Anosmina-1 presente en su LCR y las características histopatológicas de las lesiones presentes en su sustancia blanca y/o sustancia gris. La detección de la cantidad de expresión de FGF-2 y/o de Anosmina-1 presente en el LCR y el análisis de las características histopatológicas de las lesiones presentes en su sustancia blanca y/o sustancia gris de esta población de sujetos puede realizarse mediante cualquier procedimiento descrito en el estado de la técnica, como por ejemplo, pero sin limitarnos, los descritos en los ejemplos de la presente descripción.

Preferiblemente, dicha cantidad de referencia define una cantidad umbral. Las cantidades de referencia o umbrales adecuadas pueden ser determinadas por el método de la presente invención a partir de una muestra de referencia que puede ser analizada, por ejemplo, simultánea o consecutivamente, junto con la muestra biológica problema. Más preferiblemente, la cantidad umbral puede derivarse de los límites de distribución normal de una cantidad fisiológica encontrada en una población de sujetos control.

En una realización preferida, en el paso (d) del método de la invención una cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 detectada en el paso

(b) mayor que la cantidad de referencia con la que se compara en el paso (c) es indicativa de al menos una lesión CRÓNICA o INACTIVA en la sustancia blanca y/o la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris. En una realización preferida, la cantidad de FGF-2 y la cantidad de Anosmina-1 en los individuos control es, de media, al menos dos veces menor que la cantidad media detectada en los pacientes con al menos una lesión desmielinizante crónica o inactiva.

10 En una realización preferida del método de la invención, la muestra biológica aislada en el paso (a) es un fluido biológico corporal, y preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: LCR, sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas. Más preferiblemente, la muestra es LCR.

15 El método de la invención preferiblemente sirve para detectar o predecir la histopatología asociada a las enfermedades desmielinizantes descritas arriba.

20 En una realización preferida, la detección de la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 se realiza mediante la incubación con un anticuerpo específico en un inmunoensayo. El término "inmunoensayo", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a cualquier técnica analítica que se basa en la reacción de la conjugación de un anticuerpo con la muestra obtenida. Ejemplos de inmunoensayos conocidos en el estado de la técnica son, por ejemplo, pero sin limitarse: *immunoblot*, ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) o *microarrays* de proteína.

25 El término "anticuerpo" tal como se emplea en esta memoria, se refiere a moléculas de inmunoglobulinas y porciones inmunológicamente activas de moléculas de inmunoglobulinas, es decir, moléculas que contienen un sitio

30

de fijación de antígeno que se une específicamente (inmunorreacciona) con la proteína FGF-2 o de Anosmina-1. Ejemplos de porciones de moléculas de inmunoglobulinas inmunológicamente activas, incluyen fragmentos F(ab) y F(ab')₂ que pueden ser generados tratando el anticuerpo con una enzima tal como la pepsina. Los anticuerpos pueden ser policlonales (incluyen típicamente anticuerpos distintos dirigidos contra determinantes o epítopos distintos) o monoclonales (dirigidos contra un único determinante en el antígeno). El anticuerpo monoclonal puede ser alterado bioquímicamente, por manipulación genética, o puede ser sintético, careciendo, posiblemente, el anticuerpo en su totalidad o en partes, de porciones que no son necesarias para el reconocimiento de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 y estando sustituidas por otras que comunican al anticuerpo propiedades ventajosas adicionales. El anticuerpo puede ser también recombinante, quimérico, humanizado, sintético o una combinación de cualquiera de los anteriores. Un "anticuerpo o polipéptido recombinante" (rAC) es un anticuerpo que ha sido producido en una célula hospedadora que ha sido transformada o transfectada con el ácido nucleico codificante del polipéptido, o produce el polipéptido como resultado de la recombinación homóloga. Anticuerpos que reconocen a la proteína FGF-2 o a Anosmina-1 son conocidos en el estado de la técnica, como los que se describen, pero sin limitarse, en los ejemplos de la presente descripción.

En una realización preferida, el inmunoensayo es un *inmunoblot* o *Western blot*. Para llevar a cabo un *inmunoblot*, se obtiene un extracto de proteínas a partir de una muestra de fluido biológico aislado de un sujeto y se separan las proteínas en un medio de soporte capaz de retenerlas mediante electroforesis. Una vez separadas, las proteínas se transfieren a un soporte diferente donde pueden ser detectadas mediante el uso de anticuerpos específicos que reconocen a la proteína FGF-2 o a Anosmina-1.

La electroforesis es una técnica analítica de separación de fundamento cinético basada en el movimiento o migración de las macromoléculas disueltas en un determinado medio (solución tampón de electroforesis), a través de una matriz o soporte reticulado como resultado de la acción de un campo eléctrico. El comportamiento de la molécula viene dado por su movilidad electroforética y ésta por la carga, tamaño y forma de la misma. Cuanto mayor es la relación carga/tamaño más rápido migra un ión en el seno del campo eléctrico. Existen numerosas variaciones de esta técnica en función del equipo utilizado, soporte y condiciones físico-químicas en las cuales se va a llevar a cabo la separación. Algunas variaciones de esta técnica son, por ejemplo, pero sin limitarse, electroforesis capilar, electroforesis en papel, electroforesis en gel de agarosa, electroforesis en gel de poliacrilamida (PAGE), isoelectroenfoque o electroforesis bidimensional (2D-PAGE). La electroforesis puede llevarse a cabo en condiciones desnaturalizantes o no desnaturalizantes.

Una vez separadas las proteínas mediante electroforesis, y antes de la detección, las proteínas se transfieren a un soporte o a una membrana, por ejemplo, pero sin limitarse, PDVF, nitrocelulosa o acetato de celulosa. Esta membrana se hibrida con un anticuerpo específico (también llamado anticuerpo primario) que reconoce a la proteína FGF-2 o a Anosmina-1. A continuación, la membrana se hibrida con un anticuerpo (también llamado anticuerpo secundario) capaz de reconocer de manera específica el anticuerpo primario y que se encuentra conjugado o unido con un compuesto marcador. En una realización alternativa, es el anticuerpo que reconoce a las proteínas FGF-2 o Anosmina-1 el que está conjugado o unido a un compuesto marcador, y no es necesario el uso de un anticuerpo secundario. Una vez detectada la proteína, se puede determinar su tamaño molecular relativo, comparando su migración con la migración de una proteína control que se detecte de forma simultánea, preferiblemente en el mismo soporte, que tiene un tamaño conocido.

En otra realización preferida, el inmunoensayo es un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas o ELISA (*Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay*). El ELISA se basa en la premisa de que un inmunorreactivo (antígeno de la muestra biológica o anticuerpo) puede ser inmovilizado en un soporte sólido, poniendo luego ese sistema en contacto con una fase fluida que contiene el reactivo complementario que puede unirse a un compuesto marcador.

Existen diferentes tipos de ELISA. En el ELISA directo o ensayo ELISA simple de dos capas, el soporte sólido se recubre con la muestra biológica y se incuba con un anticuerpo que reconoce a la proteína FGF-2 o a Anosmina-1, conjugada o unida a un compuesto marcador. En el ELISA indirecto, el soporte sólido se recubre con la muestra biológica y se incuba con un anticuerpo primario, que reconoce a las proteínas FGF-2 o Anosmina-1 y, a continuación, un anticuerpo secundario, que reconoce al anticuerpo primario, conjugado o unido a un compuesto marcador. En el ELISA *sandwich* o ensayo de captura de antígeno y detección mediante inmunocomplejos, se recubre el pocillo con un primer anticuerpo que reconoce y se une a la proteína FGF-2 o a Anosmina-1, se aplica la muestra biológica problema, de manera que la proteína FGF-2 o Anosmina-1 serán retenidas en el pocillo al ser reconocido por el primer anticuerpo, y después se le aplica un segundo anticuerpo que reconoce a las proteínas FGF-2 o Anosmina-1, conjugado o unido a un compuesto marcador.

En otra realización preferida, el inmunoensayo es un *microarray* de proteínas consiste en una colección de proteínas inmovilizadas sobre un soporte sólido en una disposición regular y prefijada. Existen varios factores importantes a tener en cuenta en el diseño de *microarrays* de proteínas, como son, por ejemplo, la naturaleza del soporte sobre el cual inmovilizar, la técnica de inmovilización de las proteínas, el formato del *microarray*, el agente de captura empleado o el método de detección a

emplear. Son conocidos en el estado de la técnica diferentes formatos, soportes y técnicas que pueden ser empleados para la realización de este aspecto preferido de los métodos primero o segundo de la invención.

- 5 El término "compuesto marcador", tal y como se utiliza en la presente descripción, se refiere a un compuesto capaz de dar lugar a una señal cromogénica, fluorogénica, radiactiva y/o quimioluminiscente que permita la detección y cuantificación de la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1. El compuesto marcador se selecciona de la lista que
- 10 comprende radioisótopos, enzimas, fluoróforos o cualquier molécula susceptible de ser conjugada con otra molécula o detectada y/o cuantificada de forma directa. Este compuesto marcador puede unirse al anticuerpo directamente, o a través de otro compuesto. Algunos ejemplos de compuestos marcadores que se unen directamente son, pero sin
- 15 limitarse, enzimas como la fosfatasa alcalina o la peroxidasa, isótopos radiactivos como ^{33}P o ^{35}S , fluorocromos como fluoresceína o partículas metálicas, para su detección directa mediante colorimetría, autoradiografía, fluorimetría, o metalografía respectivamente.
- 20 En una realización preferida del método de la invención, se detectan los niveles de las proteínas FGF-2 y Anosmina-1 en muestras biológicas aisladas del mismo paciente o sujeto, y dichos niveles se comparan con los respectivos niveles de referencia. La muestra biológica donde se detectan los niveles de FGF-2 puede ser la misma o distinta de la muestra
- 25 biológica donde se detectan los niveles de Anosmina-1.

La presente invención también se refiere a un kit que comprende los elementos necesarios para llevar a cabo el método de la invención.

- 30 Por tanto, un tercer aspecto de la presente invención, se refiere a un kit para llevar a cabo cualquiera de las realizaciones del método de la

invención.

Dicho kit pueden contener todos aquellos reactivos necesarios para detectar la cantidad de la proteína FGF-2 y/o de Anosmina-1 por medio de cualquiera de los métodos descritos anteriormente en este documento como, por ejemplo, pero sin limitarse, anticuerpos específicos contra las proteínas FGF-2 y/o Anosmina-1, anticuerpos secundarios o controles positivos y/o negativos. El kit además puede incluir, sin ningún tipo de limitación, tampones, soluciones de extracción de proteínas, agentes para prevenir la contaminación, inhibidores de la degradación de las proteínas, etc. Por otro lado, el kit puede incluir todos los soportes y recipientes necesarios para su puesta en marcha y optimización. Preferiblemente, el kit comprende además las instrucciones para llevar a cabo el método de la invención.

Los métodos y kits descritos en la presente invención permiten clasificar las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC según la presencia o ausencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca. Los métodos y kits descritos en la presente invención son, por tanto, útiles para seleccionar el tipo de tratamiento que se pueda realizar en un paciente con esta enfermedad (incluyendo ensayos clínicos), ya que niveles elevados de esta molécula en el LCR indican un mayor grado de afectación y, por tanto, la imposibilidad de remielinización, incluso mediante la utilización de terapias celulares reparadoras basadas en el empleo de trasplante con precursores de oligodendrocitos (u otros tipos celulares), sean de la procedencia que sean (autotrasplante, donantes, etc). Sin embargo, niveles de FGF-2 y/o de Anosmina-1 similares a los encontrados en condiciones de no desmielinización indican que las lesiones presentes en el SNC de dichos pacientes son susceptibles de regeneración, y, por tanto, se pueden emplear en ellos, con mayor perspectiva de éxito, terapias celulares que

ayuden a dicha reparación mediante el empleo de trasplantes de precursores de oligodendrocitos (así como otros tipos de células) del mismo individuo o de un donante, o terapias farmacológicas de potenciación de los precursores de oligodendrocitos endógenos.

5

Los métodos y kits descritos en la presente invención permiten clasificar las lesiones de un sujeto con una enfermedad desmielinizante del SNC según la existencia o no de alteraciones en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris. Los métodos y kits descritos en la presente invención son, por tanto, útiles para pronosticar la evolución de un paciente con una enfermedad desmielinizante hacia un posible daño a las neuronas, lo que ocurriría en el caso de encontrarse en su LCR el nivel de FGF-2 y/o de Anosmina-1 significativamente superior al encontrado en condiciones de no desmielinización. Por tanto, esta medida a nivel del LCR del paciente sirve de base para la utilización de otras terapias (incluidos nuevos diseños de ensayos clínicos) que conduzcan a la neuroprotección, no sólo a la neuroreparación, es decir, orientadas hacia la protección de las neuronas más que hacia la reparación de las vainas de mielina que envuelven sus axones.

10
15
20

Una realización particular preferida de los aspectos de la presente invención se refiere al uso de la proteína FGF-2.

Una realización particular preferida de los aspectos de la presente invención se refiere al uso de la proteína Anosmina-1.

Una realización particular preferida de los aspectos de la presente invención se refiere al uso de la combinación de la proteína FGF-2 y de la proteína Anosmina-1.

25
30

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y

5 sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Las siguientes figuras y ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

10 La **Figura 1** ilustra cómo la comparación del nivel de FGF-2 en el LCR de un paciente de esclerosis múltiple con respecto el nivel de los pacientes control refleja a nivel histopatológico el tipo de placas de desmielinización que presenta en su sustancia blanca. A: Niveles medios de FGF-2 en el LCR de pacientes control y con esclerosis múltiple. “***” es $P < 0,01$ (test de la t de Student o test Mann-Whitney para muestras no paramétricas). B: Correlación existente entre el nivel de FGF-2 y el tipo de lesiones presentes en la sustancia blanca de pacientes con esclerosis múltiple. Correlación mostrada según test de correlación de Pearson. C-D: Doble marcaje inmunohistoquímico para HLD-DR (MHC-II) y tinción de mielina eriocromo cianina de un paciente control (C), con una lesión activa (D) y con una lesión inactiva (E). Por debajo, nivel de FGF-2 que presentó cada uno de dichos pacientes en su LCR.

15

20

25 La **Figura 2** ilustra cómo sólo con la medida del nivel de FGF-2 en el LCR de los pacientes de esclerosis múltiple se puede distinguir entre aquellos que presentan únicamente lesiones ACTIVAS y los que presentan al menos una lesión CRÓNICA y/o INACTIVA en su SNC. A: *Western blot* de extractos de proteínas a partir de secciones de tejido. B: El análisis cuantitativo del *blot* del apartado A muestra que tanto los pacientes de esclerosis múltiple que únicamente tienen lesiones activas como aquellos que tienen al menos una lesión crónica y/o inactiva, presentan niveles

30

significativamente mayores de FGF-2 que los pacientes control. Sin embargo, el análisis del nivel de FGF-2 a partir de estos extractos no muestra diferencias entre ambos tipos de pacientes. C: El análisis del nivel de FGF-2 en el LCR de los mismos pacientes representados en A-B, sí muestra diferencias significativas ente ambos grupos de pacientes de esclerosis múltiple.

La **Figura 3** ilustra cómo la comparación del nivel de FGF-2 en el LCR de un paciente de esclerosis múltiple con respecto el nivel de los pacientes control refleja el ambiente molecular relacionado con la migración de los precursores de oligodendrocitos. A-B: Doble marcaje inmunohistoquímico para HLA-DR (A) o Anosmina-1 (B) y tinción de mielina eriocromo cianina (A y B) donde se muestra una lesión activa que no posee inmunomarcaje para Anosmina-1. C-D: Secciones adyacentes de un paciente con una lesión crónica donde se ve que la zona de lesión teñida con eriocromo cianina y HLA-DR (C) presenta por fuera inmunomarcaje para FGF-2 (D). E-F: Doble marcaje inmunohistoquímico para HLA-DR (MHC-II) y tinción de mielina eriocromo cianina (E) e inmuinohistoquímico simple para Anosmina-1 de una lesión crónica en la que se muestra cómo la lesión desmielinizante aparece rellena con Anosmina-1. A la derecha de cada par de paneles se refleja el nivel de FGF-2 en el LCR de cada uno de los pacientes a los que hacen referencias dichas fotografías.

En la **Figura 4** se muestra la relación entre la comparación del nivel de FGF-2 en el LCR de los pacientes de esclerosis múltiple con respecto al de los pacientes control y la presencia de alteraciones en la sustancia gris, tanto a nivel de expresión de FGF-2 y de Anosmina-1 como en la integridad de la barrera hematoencefálica. A-F: Inmunohistoquímica para FGF-2 (A-C) y Anosmina-1 (D-F) en corteza cerebral de un paciente control (A, D) y uno con esclerosis múltiple (B-C, E-F) donde se aprecia un fuerte incremento del marcaje para FGF-2 y Anosmina-1 en el paciente

lesionado, correspondiente a células perivasculares. G-I: Ejemplo de doble inmunohistoquímica fluorescente de dichas células perivasculares en este caso para FGF-2 (G) y GFAP (H), así como la mezcla de ambas con una contratinción para núcleos (I) donde se demuestra la naturaleza astrocítica de las mismas. J-O: Doble inmunohistoquímica fluorescente donde se muestra el marcaje para la proteína de barrera hematoencefálica ZO-1 (J, M), junto con FGF-2 (K, N) así como la mezcla de ambas junto con una contratinción de núcleos (L, O) en la sustancia gris de un paciente control (J-L) y en la de uno con lesiones crónicas e inactivas en su sustancia blanca (M-O). Se aprecia cómo la alteración de la barrera hematoencefálica (M) se asocia a la aparición de astrocitos positivos para FGF-2 (N). En la parte inferior de la figura se muestra el nivel de FGF-2 en el LCR que mostró cada uno de los pacientes a los que se refieren las imágenes.

15

En la **Figura 5** se muestra que las lesiones activas presentaron exclusivamente células inmunomarcadas para FGF-2 en su interior (Figura 5A-C) con características de microglía/macrófagos y células inflamatorias ya que aparecieron doblemente marcadas para CD68 (Figura 5D-F) y HLA-DR (Figura 5G-I), respectivamente. Por el contrario, las lesiones CRÓNICAS e INACTIVAS no mostraron células marcadas para FGF-2 en su interior pero sí mayoritariamente en la periplaca (Figura 5J-L). Igualmente, la doble inmunotinción caracterizó a dichas células como células inflamatorias inmunomarcadas para HLA-DR (Figura 5M-O) con características de microglía/macrófagos (Figura 5P-R). Además, las lesiones CRÓNICAS e INACTIVAS presentaron en la periplaca precursores de oligodendrocitos inmunomarcados con PDGFR α (Figura 5S), que presentaron inmunomarcaje para FGFR1 (Figura 5T), pero no para GFAP (Figura 5U-V).

30

EJEMPLOS

Los siguientes ejemplos específicos que se proporcionan en este documento de patente sirven para ilustrar la naturaleza de la presente invención. Estos ejemplos se incluyen solamente con fines ilustrativos y no han de ser interpretados como limitaciones a la invención que aquí se reivindica. Por tanto, los ejemplos descritos más adelante ilustran la invención sin limitar el campo de aplicación de la misma.

10 EJEMPLO 1

En este ejemplo, los inventores ponen de manifiesto cómo la medida del nivel de FGF-2 en el LCR de pacientes de esclerosis múltiple, se correlaciona con el tipo de lesiones encontradas histopatológicamente en la corteza cerebral de dichos pacientes.

Como fuente tanto de tejido, como de LCR, se utilizaron muestras de pacientes de diversas edades y con distintos tipos de esclerosis múltiple (Tabla 1), todas ellas procedentes del *UK Multiple Sclerosis Tissue Bank*, de Londres (Reino Unido).

Tabla 1. Resumen de los casos analizados para este estudio.

Paciente	Edad/Sexo	Diagnóstico	TP	LCR	Número de placas	Tipo de lesión ¹		
						Activa	Crónica	Inactiva
MS40	58/M	PP	6h	√	15	11	3	
MS46	40/V	SP	18h	√	13	9	2	1
MS47	66/M	SP	17h	√	15	5		5
MS60	55/V	SP	16h	√	8	4	1	1
MS73	80/M	SP	20h	√	8	6		
MS94	42/M	PP	11h	√	10	5	3	2
MS100	46/M	SP	7h	√	14	3	5	3

MS106	39/M	SP	18h	∅	9	3	1	5
MS125	76/M	SP	13h	√	5	1	3	
MS149	82/M	SP	15h	√	8	3	3	1
MS218	56/M	SP	7h	√	15	13		
MS230	42/M	SP	31h	√	6	6		
MS249	59/M	SP	8h	∅	18	14		
MS342	35/M	SP	9h	∅	13	11	2	
CO02	95/M	Normal	10h	√				
CO08	93/M	Normal	9h	√				
CO25	35/V	Normal	22h	∅				
CO30	75/V	Normal	17h	∅				
CO41	54/V	Normal	20h	√				

CO: control; M: mujer; h: horas; MS: multiple sclerosis; PP: primaria progresiva; SP: secundaria progresiva; TP: tiempo post-mortem; V: varón. ¹, √ indica que hay muestra de LCR y ∅ que no la hay. Criterios de clasificación descritos en Benito *et al.*, (2007).

5

La clasificación de las lesiones se llevó a cabo mediante una doble tinción para HLA-DR (MHC-II) y la tinción histológica eriocromo cianina para mielina. Se obtuvieron secciones histológicas de 50 μm de grosor empleando un microtomo de deslizamiento acoplado a una fuente de frío y se recogieron y almacenaron hasta su uso.

10

En primer lugar, una vez lavadas, las secciones se sumergieron en un medio que contenía tampón citrato (pH 6,0) a 90°C, durante 10 minutos. Posteriormente, se les inactivó la peroxidasa endógena mediante un pre-tratamiento de 20 minutos en tampón fosfato (0,1 M, pH 7,4), con un 10 % de metanol y un 3 % de H₂O₂. A continuación se pre-incubaron durante 1 hora en un medio que contenía tampón fosfato salino (pH 7,4), con un 5 % (v/v) de suero normal de caballo y un 0,2 % de Triton X-100 (v/v), y posteriormente se incubaron en este mismo medio de pre-incubación con el anticuerpo anti-HLA-DR (1:200) durante toda la noche (a 4°C). Para el revelado de la inmunohistoquímica se empleó un anticuerpo secundario

15
20

anti-ratón, seguido del método de detección ABC y el cromógeno DAB en presencia de H₂O₂, para la visualización de las células a las que se unió el anticuerpo primario.

5 A continuación, las secciones se dejaron secar toda la noche a temperatura ambiente y 2 horas más a 37°C, trascurridas las cuales, se sumergieron en acetona durante 5 minutos y se dejaron secar a temperatura ambiente 30 minutos. Las secciones se tiñeron durante una hora con eriocromo cianina y se lavaron posteriormente en agua corriente, 10 tras lo que se llevó a cabo el proceso de diferenciación: i) alumbre de hierro al 5 % (p/v) durante 5 minutos, ii) lavado en agua corriente y iii) borax-ferricianuro potásico al 1 % (p/v) y 1,25 % (p/v), respectivamente, durante 10 minutos, controlando el color al microscopio.

15 Los LCRs de los pacientes de esclerosis múltiple se centrifugaron a 14.000 rpm durante 5 minutos a 4°C y se analizaron mediante el empleo de un kit de ELISA específico para FGF-2 humano, con una límite de sensibilidad en los 2 pg/ml.

20 Un resumen de la presencia de inmunodetección de FGF-2 en tejido y LCR de pacientes de esclerosis múltiple está descrito en la Tabla 2. Los pacientes control no presentaron lesiones desmielinizantes (Figura 1A-C). Los pacientes con esclerosis múltiple cuyos niveles de FGF-2 fueron similares a los de los pacientes control mostraron, únicamente en su 25 sustancia blanca, abundantes lesiones, redondeadas u ovaladas, perivasculares, completamente repletas de células positivas a MHC-II, clasificadas todas ellas como de tipo ACTIVO (Figura 1A-B, D).

Tabla 2. Correlación entre la presencia de FGF-2 en tejido y en LCR

Paciente	Tipo de lesión			Inmunorreactividad para FGF-2			
	A	C	I	Ast	Per	LCR	
						pg/ml	nº veces vs Ct
CO02	-	-	-	-	-	417 ± 5	1,51 ± 0,02
CO08	-	-	-	-	-	330 ± 26	1,2 ± 0,76
CO41	-	-	-	-	-	98 ± 14	0,30 ± 0,1
MS73	√	-	-	-	-	552 ± 13	1,99 ± 0,05
MS218	√	-	-	-	-	118 ± 15	0,43 ± 0,04
MS230	√	-	-	-	-	143 ± 11	0,52 ± 0,03
MS40	√	√	-	+	+	375 ± 16	1,36 ± 0,08
MS46	√	√	√	+	+	67 ± 13	0,24 ± 0,07
MS47	√	-	√	+	+	1314 ± 38	4,76 ± 0,1
MS60	√	√	√	+	+	3779 ± 277	13,68 ± 1,16
MS094	√	√	√	+	+	934 ± 20	3,38 ± 0,06
MS100	√	√	√	+	+	525 ± 43	1,90 ± 0,18
MS115	-	-	-	+	-	560 ± 14	2,09 ± 0,07
MS125	-	√	-	+	+	680 ± 23	2,46 ± 0,07
MS149	√	√	√	+	+	227 ± 4	0,82 ± 0,01

A: lesiones Activas. C: lesiones Crónicas. I: lesiones Inactivas.√ indica la presencia de lesión, mientras que – indica ausencia. En cuanto a la inmunorreactividad de FGF-2, Ast: Astroцитos. Per: Periplaca. + indica que el marcaje fue positivo y -, que fue negativo.

5

Los pacientes cuyos niveles de FGF-2 en el LCR fueron muy superiores a los presentes en el LCR de los pacientes control, presentaron siempre alguna lesión de tipo CRÓNICO o INACTIVO, sin perjuicio de encontrar de ambas o incluso alguna de tipo activo (Figura 1A-B, E). Estas lesiones se caracterizaron por presentar células MHC-II positivas alrededor de la lesión, siendo escasas en su interior (lesiones crónicas), o completamente vacías de células positivas a MHC-II (lesiones inactivas). Estas lesiones fueron siempre de gran tamaño y se presentaron en escaso número por bloque de tejido. Además, la presencia de un tipo u otro de lesión fue independiente de la edad del paciente ($r = 0,0357$; $p = 0,939$), del tiempo

15

post-mortem transcurrido ($r = -0,321$; $p = 0,483$), así como del tipo de esclerosis múltiple que presentaron (ver Tablas 1 y 2).

EJEMPLO 2

5

En este ejemplo, los inventores ponen de manifiesto cómo la medida del nivel de FGF-2 en el LCR consigue delimitar la presencia de dos grupos de pacientes mientras que no se pueden diferenciar si se mide el FGF-2 directamente del tejido (WB). Se extrajeron las proteínas de las secciones
10 histológicas de corteza cerebral mediante un kit de extracción de proteínas a partir de tejido fijado, y se inmunodetectó la presencia de FGF-2 o β -tubulina (como control de carga) mediante la técnica de *Western blot* (Figura 2A) hibridando con un anticuerpo primario policlonal hecho en cabra (1:200) o monoclonal hecho en ratón (1:30.000) seguido de un
15 anticuerpo secundario biotinilado anti-cabra hecho en caballo (1:5.000) o policlonal anti-ratón hecho en conejo conjugado con HRP, respectivamente. Para el caso del FGF-2, se terminó de detectar mediante la unión de estreptavidina-HRP. La cuantificación del inmunoblot mostró que tanto los pacientes que únicamente tenían lesiones ACTIVAS como
20 aquellos que tenían al menos una lesión CRÓNICA y/o INACTIVA presentaron niveles de FGF-2 significativamente mayores que los pacientes control (Figura 2B). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de pacientes. El análisis por ELISA (similar al descrito para el ejemplo 1) de los LCRs de
25 los mismos pacientes de los que se extrajeron las proteínas de la corteza cerebral (Figura 2C) mostró que únicamente los pacientes que contenían lesiones CRÓNICAS y/o INACTIVAS tenían niveles de FGF-2 significativamente mayores que los que presentaron lesiones únicamente ACTIVAS y que los pacientes control. Esto demostró que el análisis del
30 LCR es un método adecuado para la distinción de la histopatología

presente en los pacientes con esclerosis múltiple, ya que se pudieron distinguir ambos tipos de pacientes.

EJEMPLO 3

5

En este ejemplo, los inventores ponen de manifiesto cómo la medida del nivel de FGF-2 y/o de Anosmina-1 en el LCR de pacientes con esclerosis múltiple es un buen bioindicador del ambiente molecular encontrado en las lesiones de desmielinización de la sustancia blanca.

10

Para comprobar esto, se analizó mediante el marcaje inmunohistoquímico para FGF-2, FGFR1 o Anosmina-1 y la tinción de mielina eriocromo cianina en la misma sección o en secciones adyacentes pertenecientes al mismo bloque de tejido. El protocolo empleado para la inmunotinción fue el mismo que para el ejemplo 1, pero con las siguientes variaciones. Para la inmunodetección de FGF-2 o FGFR1 en tejido se emplearon sendos anticuerpos policlonales hechos en cabra (1:250 v/v), seguidos de un anticuerpo policlonal anti-cabra hecho en caballo, biotinilado (1:200) y el kit de detección ABC. Para la inmunotinción de Anosmina-1, el anticuerpo utilizado fue policlonal hecho en conejo (1:500), al que se unió posteriormente un anticuerpo policlonal hecho en cabra (1:200) biotinilado. El proceso de inmunomarcaje fue similar y se reveló con DAB y H₂O₂.

15

20

25

La detección de FGF-2 en el LCR de los pacientes control y de esclerosis múltiple fue realizada de la misma manera que para el ejemplo 1.

30

Los pacientes control no presentaron inmunomarcaje para ninguna de los anticuerpo utilizados. Los pacientes con niveles de FGF-2 similar al control, no presentaron inmunomarcaje para FGF-2, FGFR1 o Anosmina-1 en el interior o alrededor de sus lesiones ACTIVAS (Figura 3A-B). Sin embargo, aquellos pacientes en los que el nivel de FGF-2 en el LCR fue

significativamente superior al detectado en los pacientes control, presentaron alrededor de sus lesiones CRÓNICAS y/o INACTIVAS un fuerte inmunomarcaje tanto para FGF-2 como para FGFR1 (Figura 3C-D). Además, rellenando por completo las grandes lesiones CRÓNICAS y/o

5 INACTIVAS presentes en cada paciente, se observó un fuerte inmunomarcaje para Anosmina-1 (Figura 3E, F). Las lesiones de tipo activo que se encontraron en el tejido de algunos de los pacientes con un nivel de FGF-2 elevado en el LCR no mostraron ninguna diferencia respecto a las observadas en los pacientes de esclerosis múltiple con

10 niveles de FGF-2 en su LCR similares a los de los individuos control, lo que indica que la presencia de FGF-2, FGFR1 y Anosmina-1 es específico del tipo de lesión crónica o inactiva y no de la edad del sujeto, del tipo de esclerosis múltiple que presentaron así como del tiempo postmortem que transcurrió desde la muerte hasta la recolección de las muestras.

15

EJEMPLO 4

En este ejemplo, los inventores ponen de manifiesto la identidad de las células productoras de FGF-2 y FGFR1 en las lesiones ACTIVAS por un

20 lado y CRÓNICAS e INACTIVAS por otro. Se realizó una doble inmunotinción histológica empleando un anticuerpo para FGF-2 policlonal de conejo (1:200 v/v) junto con el marcador de células inflamatorias HLA-DR (ver Ejemplos anteriores) y el específico de microglía/macrófagos CD68 (anticuerpo monoclonal hecho en ratón; 1:200). También se realizó

25 una triple tinción inmunohistoquímica para FGFR1 (anticuerpo policlonal hecho en conejo; 1:500 v/v), PDGFR α (anticuerpo policlonal hecho en conejo; 1:100 v/v) y GFAP (anticuerpo monoclonal hecho en ratón; 1:500 v/v). Para el caso del FGFR1 se intensificó la inmunofluorescencia mediante la utilización de un anticuerpo secundario biotilado anti conejo

30 hecho en cabra, el kit ABC así como con el kit de intensificación de Tiramida (TSA) y Streptavidina Texas Red (1:500 v/v). Para la

visualización de GFAP se utilizó un anticuerpo policlonal contra ratón hecho en burro unido a Alexa 633 y para el PDGFR α un anticuerpo policlonal contra conejo hecho en burro unido a Alexa 488. Además, se contratiñeron los núcleos con Hoechst.

5

Los resultados mostraron que las lesiones activas presentaron exclusivamente células inmunomarcadas para FGF-2 en su interior (Figura 5A-C) con características de microglía/macrófagos y células inflamatorias ya que aparecieron doblemente marcadas para CD68 (Figura 5D-F) y HLA-DR (Figura 5G-I), respectivamente. Por el contrario, las lesiones CRÓNICAS e INACTIVAS no mostraron células marcadas para FGF-2 en su interior pero sí mayoritariamente en la periplaca (Figura 5J-L). Igualmente, la doble inmunotinción caracterizó a dichas células como células inflamatorias inmunomarcadas para HLA-DR (Figura 5M-O) con características de microglía/macrófagos (Figura 5P-R). Además, las lesiones crónicas e inactivas presentaron en la periplaca precursores de oligodendrocitos inmunomarcados con PDGFR α (Figura 5S), que presentaron inmunomarcaje para FGFR1 (Figura 5T), pero no para GFAP (Figura 5U-V). De esta manera se corroboran y amplían los datos descritos en el ejemplo 3, demostrándose cómo los pacientes con lesiones sólo ACTIVAS únicamente presentan un ambiente favorecedor de la reparación celular mientras que los que presentan lesiones CRÓNICAS y/o INACTIVAS presentan dicho microambiente alrededor de las lesiones, pero no en su interior, lo que impide su reparación. Mediante la medida del FGF-2 en el LCR de los pacientes, se puede conocer el ambiente favorecedor/inhibidor general de un paciente de esclerosis múltiple.

20

25

EJEMPLO 5

30

En este ejemplo, los inventores ponen de manifiesto que la medida del nivel de FGF-2 en el LCR se correlaciona con alteraciones en la sustancia

gris de los pacientes de esclerosis múltiple, independientemente de la presencia o no de lesiones desmielinizantes en la sustancia blanca.

Se llevaron a cabo, además de la inmunotinción para FGF-2, FGFR1 y Anosmina-1 y la tinción de mielina eriocromo cianina, de manera similar a lo descrito en los ejemplos 1 y 3, una doble inmunohistoquímica contra FGF-2 o Anosmina-1 y la proteína presente en las zónulas ocluyentes que forman parte de la barrera hematoencefálica (ZO-1) o la proteína ácida fibrilar glial (GFAP), marcador típico de astrocitos. La detección de GFAP se llevó a cabo con un anticuerpo policlonal hecho en conejo al que posteriormente se unió un anticuerpo secundario policlonal contra conejo, hecho en burro, y que tenía unida una molécula fluorescente. Para la inmunodetección de FGF-2, FGFR1 y Anosmina-1 se siguió el mismo protocolo descrito en los ejemplos 1 y 3, pero sin utilizar el revelado con DAB y H₂O₂, ampliando la señal mediante la técnica de la tiramida y, posteriormente, se añadió una molécula de estreptavidina unida a una molécula fluorescente de una longitud de onda de emisión diferente y alejada de la fluorescencia emitida para el caso de la GFAP. Esto permitió detectar células que emitían fluorescencia de uno o de ambos colores. Debido a las especiales características de las proteínas de matriz extracelular, para la detección de Anosmina-1 se sometió las secciones a un proceso de recuperación antigénica específico para el desenmascaramiento de epítomos mediante un baño en tampón citrato (pH 6,0) a alta temperatura y presión durante 3 minutos.

En el caso de la doble inmunohistoquímica contra FGF-2 o Anosmina-1 y ZO-1, previo a la realización del protocolo descrito en el párrafo anterior, se realizó una preincubación (a 37°C, durante una hora) con 1 mg/ml (p/v) de proteinasa K y, posteriormente, en acetona (durante 30 minutos, a -18°C). Para la detección de ZO-1 se utilizó un anticuerpo policlonal hecho

en conejo (1:100, v/v), al que se le unió al día siguiente un anticuerpo secundario similar al descrito para la GFAP.

5 La medición de FGF-2 en el LCR se realizó de la misma manera que para los 3 ejemplos anteriores.

Los resultados mostraron que los pacientes control no presentaban inmunomarcaje para FGF-2 o Anosmina-1 en su sustancia gris (Figura 4A, D), ni alteraciones en la barrera hematoencefálica marcada con el anticuerpo anti-ZO-1 (Figura 4J-L). Los pacientes de esclerosis múltiple
10 cuyos niveles de FGF-2 en el LCR fueron similares a los de los sujetos control, tampoco mostraron alteraciones en el patrón de expresión de ninguno de los dos marcadores. Por el contrario, los pacientes de esclerosis múltiple con niveles de FGF-2 en su LCR mucho más altos que
15 los de los sujetos control, presentaron células positivas a FGF-2, a FGFR1 y a Anosmina-1 alrededor de los vasos de la sustancia gris (Figura 4B-C, E-F), que fueron identificadas como astrocitos perivasculares mediante la doble inmunohistoquímica contra GFAP (Figura 4G-I). Es más, estas nuevas células también estaban presentes en aquellos bloques de tejido
20 en los que no existían placas de desmielinización, la llamada sustancia blanca aparentemente normal. El análisis del patrón de expresión de la proteína de la barrera hematoencefálica ZO-1 mostró que la sustancia gris de estos pacientes, incluso la de los bloques donde no había placas de desmielinización, presentaban un patrón discontinuo, viéndose en este caso de manera intermitente y no homogénea, lo que denota la alteración
25 de la barrera hematoencefálica de la sustancia gris (Figura 4M-O). Además, las mayores alteraciones encontradas en la expresión de ZO-1 coincidían espacialmente con los lugares de aparición de los astrocitos positivos para FGF-2, lo que indica una regulación al alza de esta molécula con el fin de lograr el mantenimiento de dicha barrera. Por tanto, la medida
30 del nivel de FGF-2 en el LCR es un buen bioindicador del estado de

afectación de la barrera hematoencefálica de la sustancia gris, incluso en regiones donde la desmielinización no ha ocurrido, lo que puede servir de prueba pronóstica para evitar futuras neurodegeneraciones.

REIVINDICACIONES

1. Uso de la proteína FGF-2, la proteína Anosmina-1 o la combinación de ambas, para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una posible enfermedad desmielinizante, preferiblemente del sistema nervioso central (SNC), mediante la detección de la cantidad de dicha proteína en una muestra de fluido biológico aislado.
2. Uso de la proteína FGF-2 según la reivindicación anterior, para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una posible enfermedad desmielinizante, preferiblemente del sistema nervioso central (SNC), mediante la detección de la cantidad de dicha proteína en una muestra de fluido biológico aislado.
3. Uso de la proteína FGF-2 según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la muestra de fluido biológico aislado es un fluido corporal, y preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: líquido cefalorraquídeo (LCR), sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas.
4. Uso de la proteína FGF-2 según la reivindicación anterior, donde la muestra de fluido biológico aislado es LCR.
5. Uso de la proteína FGF-2 según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNC y se selecciona de la lista que comprende: esclerosis múltiple, neuromielitis óptica de Devic, encefalitis diseminada aguda, mielitis transversa aguda, leucoencefalitis hemorrágica aguda o subaguda, desmielinización diseminada aguda, esclerosis difusa, desmielinización central del cuerpo calloso, mielinólisis central pontica, mielitis necrotizante subaguda,

esclerosis concéntrica, adrenoleucodistrofia, enfermedad de Alexander, enfermedad de Canavan, enfermedad de Krabbe y síndrome de Zellweger.

5 6. Uso de la proteína FGF-2 según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple.

10 7. Uso de la proteína FGF-2 según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple primaria progresiva, esclerosis múltiple recurrente-remitente, esclerosis múltiple recurrente-remitente progresiva, esclerosis múltiple secundaria progresiva, síndrome clínico aislado-CIS o esclerosis múltiple en cualquiera de sus formas de presentación clínica, preferiblemente es esclerosis múltiple primaria progresiva o esclerosis múltiple secundaria progresiva.

15 8. Uso de la proteína FGF-2 según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la enfermedad desmielinizante afecta al sistema nervioso periférico (SNP), preferiblemente es el síndrome de Guillain-Barré.

20 9. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque también se utiliza la proteína Anosmina-1 como biomarcador para la detección de una enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC.

25 10. Uso según la reivindicación anterior, caracterizado porque también se detecta el nivel de la proteína Anosmina-1 en una muestra biológica aislada, preferiblemente un fluido biológico aislado.

30 11. Método para obtener datos útiles para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto o de un paciente con una enfermedad desmielinizante del SNC, que comprende los siguientes pasos:

a) obtener una muestra biológica aislada de un sujeto, preferiblemente

un fluido biológico aislado;

b) detectar la cantidad de la proteína FGF-2 en la muestra biológica del paso (a); y

5 c) comparar la cantidad detectada en el paso (b) con una cantidad de referencia.

12.Método según la reivindicación anterior, que además comprende el siguiente paso:

10 d) predecir la presencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca y/o de la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris.

15 13.Método según la reivindicación anterior, donde en el paso (d) una cantidad de la proteína FGF-2 detectada en el paso (b) mayor que la cantidad de referencia con la que se compara en el paso (c) es indicativa de la presencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca y/o de la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris.

20

14.Método según cualquiera de las tres reivindicaciones anteriores, donde la muestra biológica aislada es un fluido biológico corporal, y preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: LCR, sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas.

25

15.Método según cualquiera de las cuatro reivindicaciones anteriores, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNC y se selecciona de la lista que comprende: esclerosis múltiple, neuromielitis óptica de Devic, encefalitis diseminada aguda, mielitis transversa aguda, leucoencefalitis hemorrágica aguda o subaguda, desmielinización diseminada aguda, 30 esclerosis difusa, desmielinización central del cuerpo calloso, mielinólisis

central pontica, mielitis necrotizante subaguda, esclerosis concéntrica, adrenoleucodistrofia, enfermedad de Alexander, enfermedad de Canavan, enfermedad de Krabbe y síndrome de Zellweger.

5 16. Método según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple.

10 17. Método según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple primaria progresiva, esclerosis múltiple recurrente-remitente, esclerosis múltiple recurrente-remitente progresiva, esclerosis múltiple secundaria progresiva, síndrome clínico aislado-CIS o esclerosis múltiple en cualquiera de sus formas de presentación clínica, preferiblemente es esclerosis múltiple primaria progresiva o esclerosis múltiple secundaria progresiva.

15 18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNP, preferiblemente es el síndrome de Guillain-Barré.

20 19. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, donde la detección de la cantidad de la proteína FGF-2 se lleva a cabo mediante un inmunoensayo.

25 20. Método según la reivindicación anterior, donde el inmunoensayo es un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA).

30 21. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20, caracterizado porque también se detecta el nivel de la proteína Anosmina-1 y se comprara con una cantidad de referencia en una en una muestra biológica aislada, preferiblemente un fluido biológico aislado del sujeto, donde dicha

muestra puede ser la misma o distinta a la muestra utilizada para la detección de la proteína FGF-2.

5 22. Kit para llevar a cabo cualquiera de los métodos como se definen en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

23. Uso de la proteína Anosmina-1 como biomarcador para la detección de una enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC.

10 24. Uso de la proteína Anosmina-1 según la reivindicación anterior, para detectar una enfermedad desmielinizante en una muestra biológica aislada, preferiblemente en un fluido biológico aislado.

15 25. Uso de la proteína Anosmina-1 según cualquiera de las dos reivindicaciones anteriores, para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto con una posible enfermedad desmielinizante, preferiblemente del SNC, mediante la detección de la cantidad de dicha proteína en una muestra de fluido biológico aislado.

20 26. Uso de la proteína Anosmina-1 según cualquiera de las tres reivindicaciones anteriores, donde la muestra de fluido biológico aislado es un fluido corporal y preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: LCR, sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas.

25 27. Uso de la proteína Anosmina-1 según la reivindicación anterior, donde la muestra de fluido biológico aislado es LCR.

30 28. Uso de la proteína Anosmina-1 según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 27, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNC y se selecciona de la lista que comprende: esclerosis múltiple, neuromielitis óptica de Devic, encefalitis diseminada aguda, mielitis

transversa aguda, leucoencefalitis hemorrágica aguda o subaguda, desmielinización diseminada aguda, esclerosis difusa, desmielinización central del cuerpo caloso, mielinólisis central pontica, mielitis necrotizante subaguda, esclerosis concéntrica, adrenoleucodistrofia, enfermedad de Alexander, enfermedad de Canavan, enfermedad de Krabbe y síndrome de Zellweger.

29. Uso de la proteína Anosmina-1 según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple.

30. Uso de la proteína Anosmina-1 según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple primaria progresiva, esclerosis múltiple recurrente-remitente, esclerosis múltiple recurrente-remitente progresiva, esclerosis múltiple secundaria progresiva, síndrome clínico aislado-CIS o esclerosis múltiple en cualquiera de sus formas de presentación clínica, preferiblemente es esclerosis múltiple primaria progresiva o esclerosis múltiple secundaria progresiva.

31. Uso de la proteína Anosmina-1 según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 27, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNP, preferiblemente es el síndrome de Guillain-Barré.

32. Método para obtener datos útiles para la detección de una enfermedad desmielinizante o para predecir la histopatología de las lesiones de un sujeto o de un paciente con una enfermedad desmielinizante del SNC, que comprende los siguientes pasos:

- a) obtener una muestra biológica aislada de un sujeto, preferiblemente un fluido biológico aislado;
- b) detectar la cantidad de la proteína Anosmina-1 en la muestra biológica del paso (a); y

c) comparar la cantidad detectada en el paso (b) con una cantidad de referencia.

5 33. Método según la reivindicación anterior, que además comprende el siguiente paso:

d) predecir la presencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia blanca y/o de la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris.

10

34. Método según la reivindicación anterior, donde en el paso (d) una cantidad de la proteína Anosmina-1 detectada en el paso (b) mayor que la cantidad de referencia con la que se compara en el paso (c) es indicativa de la presencia de al menos una lesión crónica o inactiva en la sustancia
15 blanca y/o de la existencia de alteración en la barrera hematoencefálica de la sustancia gris.

35. Método según cualquiera de las tres reivindicaciones anteriores, donde la muestra biológica aislada es un fluido biológico corporal, y
20 preferiblemente se selecciona de la lista que comprende: LCR, sangre, suero sanguíneo, plasma sanguíneo y lágrimas.

36. Método según cualquiera de las cuatro reivindicaciones anteriores, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNC y se selecciona de la
25 lista que comprende: esclerosis múltiple, neuromielitis óptica de Devic, encefalitis diseminada aguda, mielitis transversa aguda, leucoencefalitis hemorrágica aguda o subaguda, desmielinización diseminada aguda, esclerosis difusa, desmielinización central del cuerpo calloso, mielinólisis central pontica, mielitis necrotizante subaguda, esclerosis concéntrica,
30 adrenoleucodistrofia, enfermedad de Alexander, enfermedad de Canavan, enfermedad de Krabbe y síndrome de Zellweger.

37. Método según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple.

5 38. Método según la reivindicación anterior, donde la enfermedad desmielinizante del SNC es esclerosis múltiple primaria progresiva, esclerosis múltiple recurrente-remitente, esclerosis múltiple recurrente-remitente progresiva, esclerosis múltiple secundaria progresiva, síndrome clínico aislado-CIS o esclerosis múltiple en cualquiera de sus formas de presentación clínica, preferiblemente es esclerosis múltiple primaria
10 progresiva o esclerosis múltiple secundaria progresiva.

39. Método según cualquiera de las reivindicaciones 32 a 35, donde la enfermedad desmielinizante afecta al SNP, preferiblemente es el síndrome de Guillain-Barré.

15

40. Método según cualquiera de las reivindicaciones 32 a 39, donde la detección de la cantidad de la proteína Anosmina-1 se lleva a cabo mediante un inmunoensayo.

20 41. Método según la reivindicación anterior, donde el inmunoensayo es un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA).

42. Kit para llevar a cabo cualquiera de los métodos como se definen en cualquiera de las reivindicaciones 32 a 41.

Fig. 1

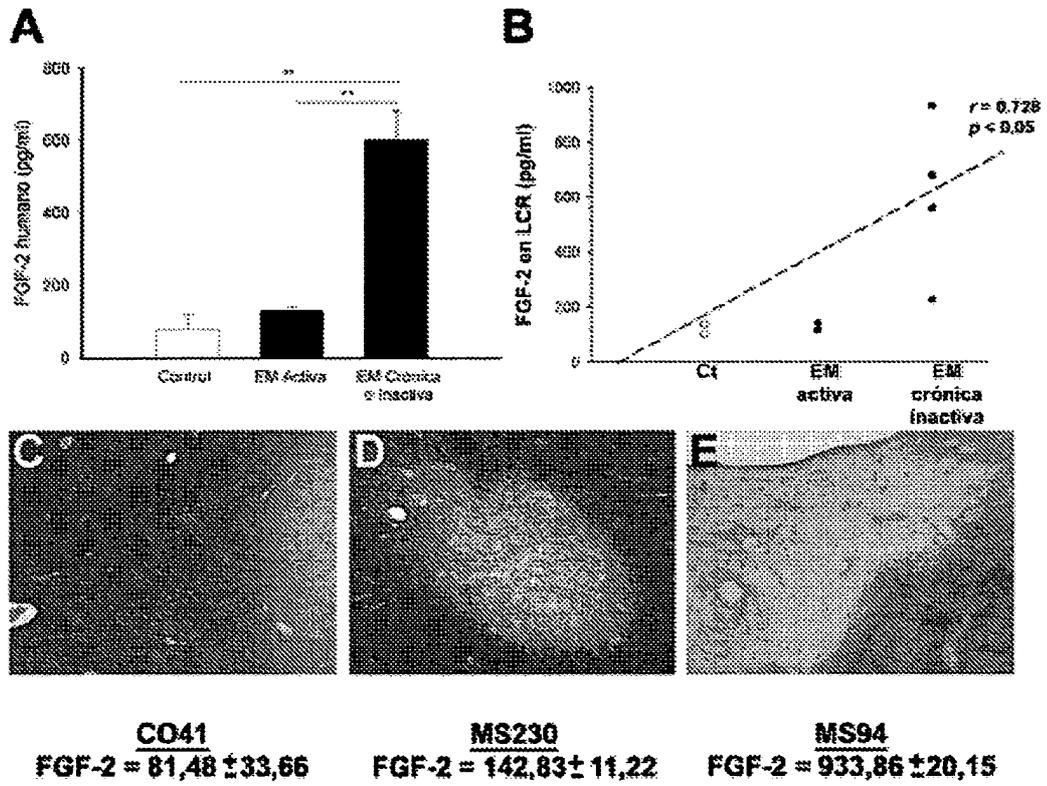
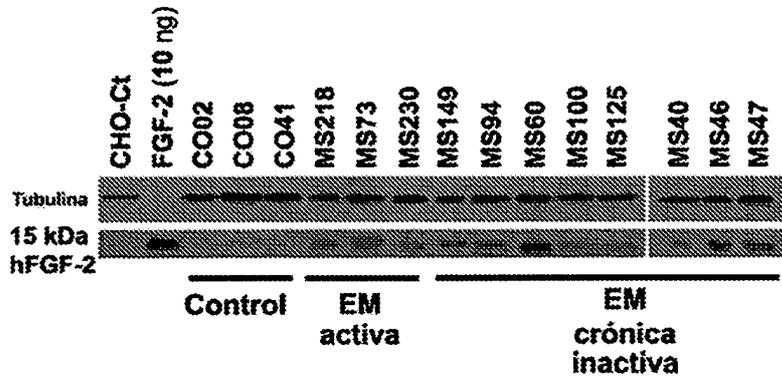
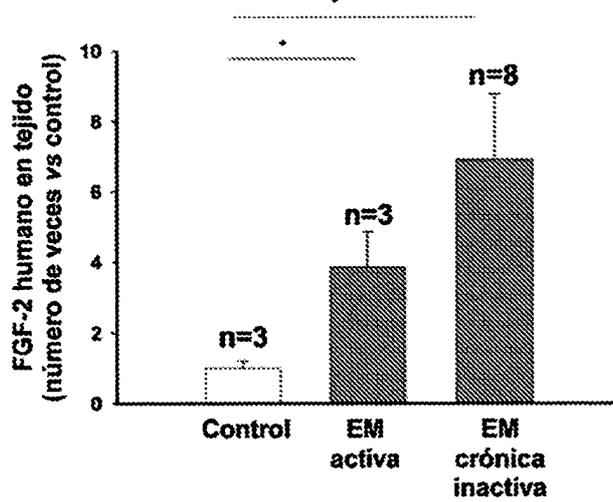


Fig. 2
A



B



C

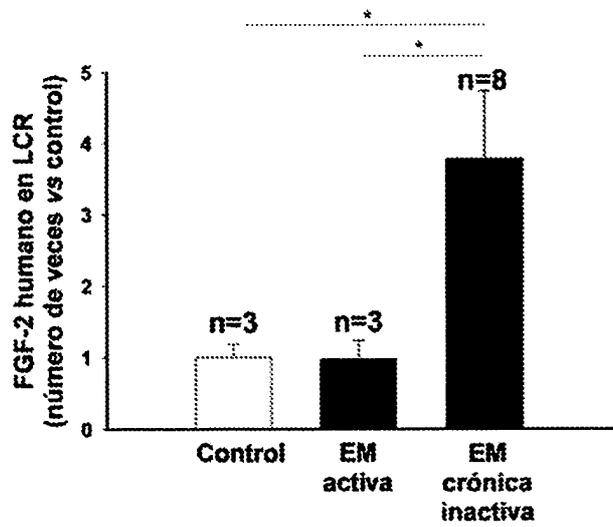


Fig. 3

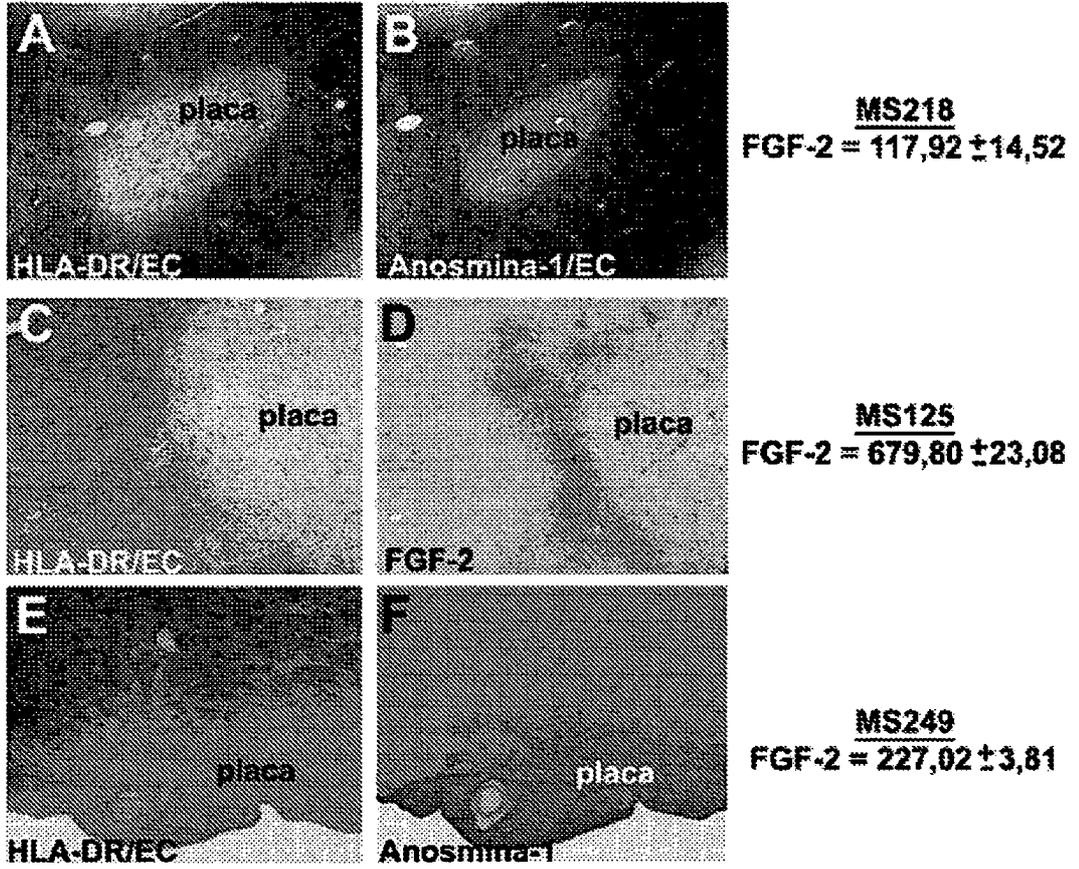
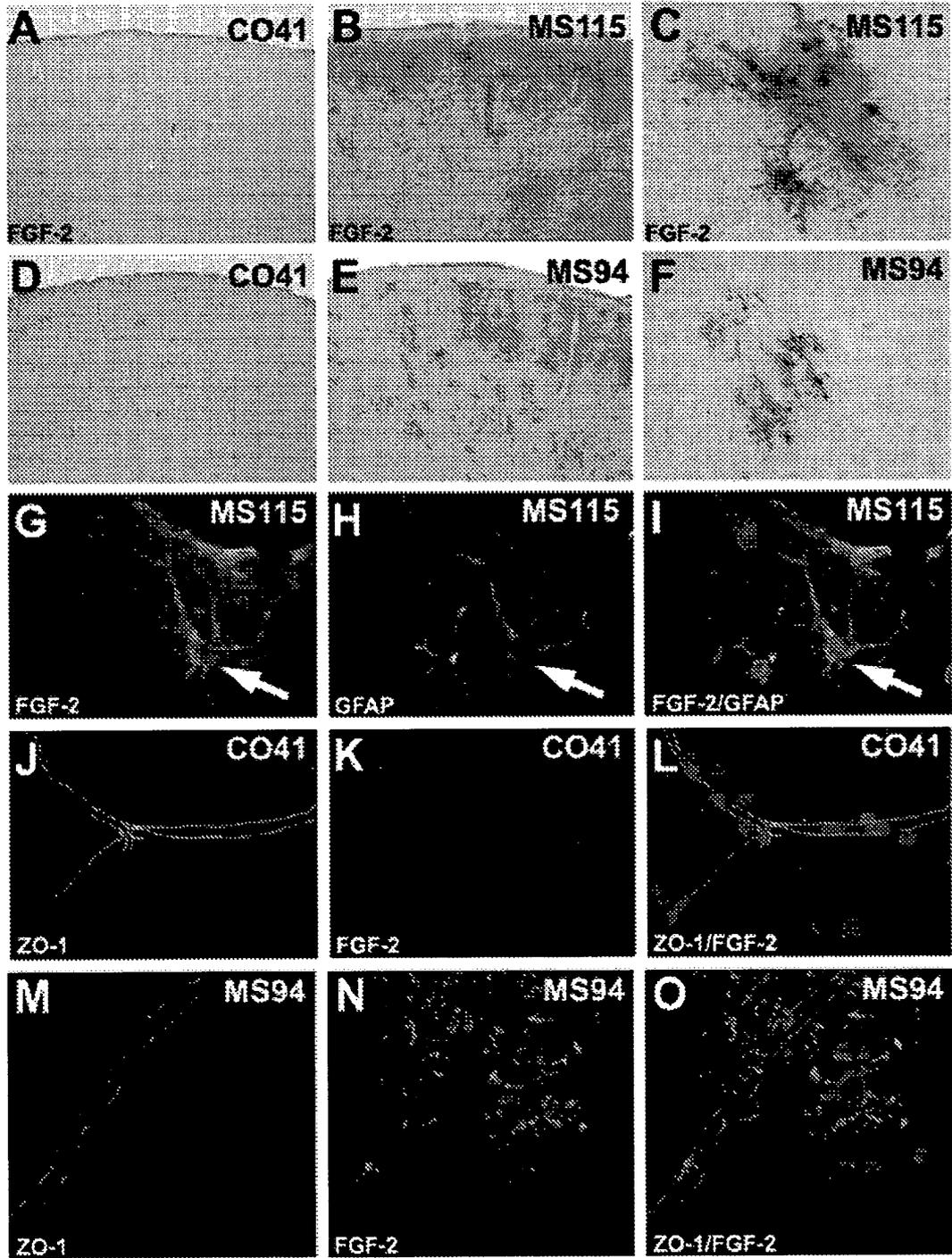


Fig. 4



CO41
 FGF-2 = $81,48 \pm 33,66$

MS115
 FGF-2 = $560,02 \pm 144,42$

MS94
 FGF-2 = $933,86 \pm 20,15$

Fig. 5

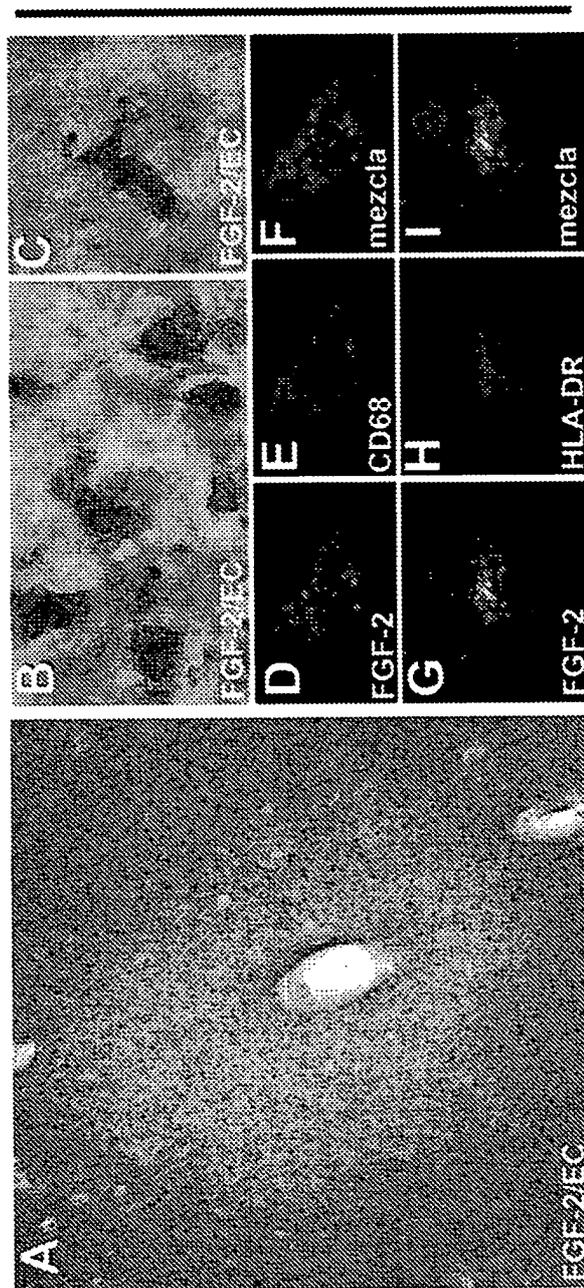


Fig. 5 (cont.)

