

Radionecrosis

Se trata de una lesión cerebral producida por la [radioterapia craneal](#) en tumores o malformaciones vasculares cerebrales entre otras (Asai et al. 2008).

La radionecrosis puede aparentar una [recidiva tumoral](#) o un tumor nuevo.

Como la radiación actúa sobre las células en división los [oligodendrocitos](#) y las células endoteliales vasculares son las más vulnerables.

El factor limitante por tanto a la radioterapia es el daño vascular.

El daño es más pronunciado si además se administra de forma concomitante quimioterapia (especialmente metotrexato).

Fases

Aguda: rara se trata con corticoides.

Temprana: de pocas semanas hasta 2-3 meses. En médula - signo de Lhermitte. En cerebro letargia, dificultad de memorizar.

Tardía: 3 meses - 12 años (la mayoría en los 3 primeros años) oclusión vaso - atrofia sustancia blanca o necrosis (Leibel 1987).

Clínica

Demencia en un tiempo de 1 año tras RT.

En niños aunque mejore la supervivencia, puede asociar una discapacidad importante a largo plazo (Duffner 1983).

La incidencia es más alta cuando el fraccionamiento es > 300 cGy

Epidemiología

La incidencia de necrosis radioinducida en el SNC varía entre el 5-24% de los pacientes y se ha relacionado con factores propios del tratamiento como la dosis total, el fraccionamiento o el volumen de irradiación.

El periodo de latencia es variable, desde meses a años, con una media de 4-5 años.

Localización

Habitualmente se desarrolla en o cerca de la localización primitiva del tumor

Etiopatogenia

En su génesis se ha implicado al daño ocasionado en la microcirculación que favorecería la ruptura de la barrera hematoencefálica y el desarrollo de edema que finalmente conduce a la necrosis y respuestas de estrés oxidativo y / o inflamatorios en el cerebro. Por lo tanto, las estrategias anti-

inflamatorias pueden ser utilizadas para modular la radiación inducida por la lesión cerebral.

Diagnóstico

La radionecrosis es un proceso dinámico que en ocasiones se resuelve espontáneamente, permanece estable o progresa, siendo indistinguible clínica y radiológicamente del tumor inicial.

Recientemente se ha acuñado el término “pseudo-progresión” como imágenes de RM convencionales compatibles con la progresión, que se producen poco después de la radio-quimioterapia concomitante (CRC), como un fenómeno transitorio, con mejoría espontánea o estabilización después de varios meses, principalmente en pacientes adultos y pediátricos con gliomas de alto grado, cuyo nuevo estándar de tratamiento es la radioterapia seguida de quimioterapia adyuvante (Meyzer et al.2010).

El reciente empleo de técnicas de RMN espectroscópica y de PET han supuesto una considerable ayuda al diagnóstico diferencial de la necrosis y el tumor.

RM PERFUSIÓN

Aporta información complementaria en estudios de control y seguimiento. Es importante resaltar que existe cierto solapamiento entre los valores de rCBV de la recidiva tumoral y RN, observándose escaso consenso en la literatura en cuanto a valores de corte que ayuden a diferenciarlos con seguridad. Como pauta orientativa para el manejo clínico y radiológico, la presencia de valores de rCBV < 0.6 son indicativos de daño endotelial y necrosis fibrinoide en el contexto de RN, mientras que los ratios superiores a 2.6 serían indicativos de angiogénesis en el seno de recurrencia tumoral. El problema radica en aquellos pacientes que presentan valores de rCBV intermedios, ya que en estos casos suele existir una mezcla heterogénea de tumor persistente residual y áreas necróticas en proporción variable que pueden evolucionar tanto a una verdadera RN como recurrencia tumoral, por lo que el seguimiento es mandatorio.

ESPECTROSCOPIA POR RM (MRS)

Esta herramienta diagnóstica permite detectar cambios metabólicos incluso antes de que se produzcan cambios anatómicos.

Permite realizar un diagnóstico diferencial fiable en casos de tumor puro o necrosis pura. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos coexisten células tumorales residuales y daño por radiación, lo que puede producir solapamiento de los patrones espectrales.

Es recomendable obtener un espectro de la lesión previo al tratamiento QT-RT, que servirá como referencia comparativa en los siguientes estudios de control.

La presencia de picos de colina (Cho) estables o en descenso sugiere ausencia de progresión tumoral. Ratios de Cho / NAA (N-acetil aspartato) y Cho / Cr (creatina) > 1.8 son considerados diagnósticos de recurrencia, mientras que la aparición de picos elevados de lípidos y lactato (Lip, Lac) son sugestivos de RN (no obstante, este dato es inespecífico, dado que las recurrencias de gliomas también pueden presentar picos crecientes de Cho y aumento de la ratio de Cho / NAA).

IMAGEN POTENCIADA EN DIFUSIÓN (DWI)

La RN se caracteriza por presentar intensidad de señal variable en DWI, de modo que aporta únicamente información complementaria en los estudios seriados de seguimiento, que debe ser interpretada conjuntamente con los datos de perfusión, MRS e imagen convencional.

Se han propuesto varios valores de corte de ADC en la literatura para el diagnóstico diferencial entre RN y recurrencia. Valores de ADC $>1.62 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ sugieren RN, mientras que valores <1.62 sugieren recurrencia tumoral. Sin embargo, de nuevo existe un rango de valores relativamente amplio de solapamiento entre ambas entidades.

Medicina nuclear

Las técnicas de imagen como la tomografía por emisión de positrones con 18F-FDG (PET) y tomografía por emisión de fotón único (SPECT) presentan resultados controvertidos y no concluyentes.

PET y SPECT no pueden delimitar con precisión el tumor residual después del tratamiento. Por otra parte, las imágenes de PET 18F-FDG-también necesitan co-registro con imágenes de resonancia magnética o tomografía computarizada para diferenciar lesiones pequeñas o sospechosas. Por el contrario, 11C-MET-PET es más adecuado para vigilar los efectos de la radioterapia. Sin embargo, la corta vida media de 11C todavía se considera una limitación importante para el uso generalizado de esta técnica (Arbab et al. 2010).

Prevención

En la actualidad, no existen estrategias de prevención (Ramanan et al.2010)

La necrosis radioinducida del lóbulo temporal es una complicación tardía poco frecuente y grave en los pacientes irradiados por carcinoma nasofaríngeo.

No es siempre un proceso irreversible y progresivo, ya que puede regresar o resolverse en la RM.

En la evolución de la lesión por radiación, se aprecian cambios en sustancia blanca y más tarde lesiones que captan contraste, que tienen una tendencia creciente a necrosarse con el aumento de tamaño. Los quistes son menos frecuentes y se manifiestan en la última etapa (Wang et al. 2010).

Tratamiento

El tratamiento con cirugía ha sido muy poco investigado (Mou et al.2010).

Recientemente se ha utilizado como tratamiento de la radionecrosis cerebral resiste al tratamiento convencional con medicamentos y oxígeno hiperbárico.

Radiocirugía estereotáctica

En metástasis cerebrales, lesiones con $12 \text{ Gy} > 8,5 \text{ cm}^3$ conlleva un riesgo de radionecrosis $> 10\%$ y deben ser considerados para radioterapia estereotáctica hipofraccionada especialmente cuando se encuentra en / cerca de áreas elocuentes (Minniti y col., 2011).

En glioblastomas, tres de 13 (23%) pacientes desarrollaron radionecrosis cerebral asintomática (Maranzano y col., 2011).

Cyberknife

Un caso descrito en 23 pacientes (Conti y col., 2011).

Bibliografía

Arbab, Ali S, Branislava Janic, Kourosh Jafari-Khouzani, A S M Iskander, Sanath Kumar, Nadimpalli R S

Varma, Robert A Knight, Hamid Soltanian-Zadeh, Stephen L Brown, y Joseph A Frank. 2010. Differentiation of glioma and radiation injury in rats using in vitro produce magnetically labeled cytotoxic T-cells and MRI. *PloS One* 5, nº. 2: e9365. doi:10.1371/journal.pone.0009365.

Asai, Akio, y Keiji Kawamoto. 2008. [Radiation-induced brain injury]. *Brain and Nerve = Shinkei Kenkyū No Shinpo* 60, nº. 2 (Febrero): 123-129.

Conti A, Pontoriero A, Arpa D, Siragusa C, Tomasello C, Romanelli P, Cardali S, Granata F, De Renzis C, Tomasello F. Efficacy and toxicity of CyberKnife re-irradiation and “dose dense” temozolomide for recurrent gliomas. *Acta Neurochir (Wien)*. 2011 Oct 9. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 21984132.

Maranzano E, Anselmo P, Casale M, Trippa F, Carletti S, Principi M, Loreti F, Italiani M, Caserta C, Giorgi C. Treatment of recurrent glioblastoma with stereotactic radiotherapy: long-term results of a mono-institutional trial. *Tumori*. 2011 Jan-Feb;97(1):56-61. PubMed PMID: 21528665.

Meyzer, Candice, Frédéric Dhermain, Denis Ducreux, Jean-Louis Habrand, Pascale Varlet, Christian Sainte-Rose, Christelle Dufour, y Jacques Grill. 2010. A case report of pseudoprogression followed by complete remission after proton-beam irradiation for a low-grade glioma in a teenager: the value of dynamic contrast-enhanced MRI. *Radiation Oncology (London, England)* 5: 9. doi:10.1186/1748-717X-5-9.

Minniti G, Clarke E, Lanzetta G, Osti MF, Trasimeni G, Bozzao A, Romano A, Enrici RM. Stereotactic radiosurgery for brain metastases: analysis of outcome and risk of brain radionecrosis. *Radiat Oncol*. 2011 May 15;6:48. PubMed PMID: 21575163; PubMed Central PMCID: PMC3108308.

Mou, Yong-Gao, Ke Sai, Zhen-Ning Wang, Xiang-Heng Zhang, Yan-Chun Lu, Da-Nian Wei, Qun-Ying Yang, y Zhong-Ping Chen. 2010. Surgical management of radiation-induced temporal lobe necrosis in patients with nasopharyngeal carcinoma: Report of 14 cases. *Head & Neck* (Diciembre 6). doi:10.1002/hed.21639. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21136549>.

Ramanan, Sriram, Weiling Zhao, David R Riddle, y Mike E Robbins. 2010. Role of PPARs in Radiation-Induced Brain Injury. *PPAR Research* 2010: 234975. doi:10.1155/2010/234975.

Wang, Yi-Xiang J, Ann D King, Hua Zhou, Sing-Fei Leung, Jill Abrigo, Yu-Leung Chan, Chen-Wen Hu, David K W Yeung, y Anil T Ahuja. 2010. Evolution of radiation-induced brain injury: MR imaging-based study. *Radiology* 254, nº. 1 (Enero): 210-218. doi:10.1148/radiol.09090428.

Duffner, P K, M E Cohen, y P Thomas. 1983. Late effects of treatment on the intelligence of children with posterior fossa tumors. *Cancer* 51, nº. 2 (Enero 15): 233-237.

Leibel, S A, y G E Sheline. 1987. Radiation therapy for neoplasms of the brain. *Journal of Neurosurgery* 66, nº. 1 (Enero): 1-22. doi:10.3171/jns.1987.66.1.0001.

Bibliografía recomendada

4: Carta F, Kania R, Sauvaget E, Bresson D, George B, Herman P. Endoscopy skull-base resection for ethmoid adenocarcinoma and olfactory neuroblastoma. *Rhinology*. 2011 Mar;49(1):74-9. PubMed PMID: 21468378.

5: Gronier S, Bourg V, Frenay M, Cohen M, Mondot L, Thomas P, Lebrun C. [Bevacizumab for the treatment of cerebral radionecrosis]. *Rev Neurol (Paris)*. 2011 Apr;167(4):331-6. Epub 2011 Mar 21. French. PubMed PMID: 21420137.

- 6: Maranzano E, Trippa F, Loreti F. Tumor relapse or radionecrosis after radiosurgery: single-photon emission computed tomography for differential diagnosis. In regard to Blonigen et al. Irradiated volume as a predictor of brain radionecrosis after linear accelerator stereotactic radiosurgery. (Int J Radiat Oncol Biol Phys 2010;77:996-1001). Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010 Nov 15;78(4):1279. PubMed PMID: 20970034.
- 7: Balducci M, Apicella G, Manfrida S, Mangiola A, Fiorentino A, Azario L, D'Agostino GR, Frascino V, Dinapoli N, Mantini G, Albanese A, de Bonis P, Chiesa S, Valentini V, Anile C, Cellini N. Single-arm phase II study of conformal radiation therapy and temozolomide plus fractionated stereotactic conformal boost in high-grade gliomas: final report. Strahlenther Onkol. 2010 Oct;186(10):558-64. Epub 2010 Sep 30. PubMed PMID: 20936460.
- 8: Losa M, Picozzi P, Redaelli MG, Laurenzi A, Mortini P. Pituitary radiotherapy for Cushing's disease. Neuroendocrinology. 2010;92 Suppl 1:107-10. Epub 2010 Sep 10. Review. PubMed PMID: 20829629.
- 9: Carangelo B, Cerillo A, Mariottini A, Peri G, Rubino G, Mourmouras V, Palma L. Therapeutic strategy of late cerebral radionecrosis. A retrospective study of 21 cases. J Neurosurg Sci. 2010 Mar;54(1):21-8. PubMed PMID: 20436395.
- 10: Wong ST, Loo KT, Yam KY, Hung WM, Fok KF, Yuen SC, Fong D. Results of excision of cerebral radionecrosis: experience in patients treated with radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma. J Neurosurg. 2010 Aug;113(2):293-300. PubMed PMID: 20151776.
- 11: Meisner J, Meyer A, Polivka B, Karstens JH, Bremer M. Outcome of moderately dosed radiosurgery for limited brain metastases. Report of a single-center experience. Strahlenther Onkol. 2010 Feb;186(2):76-81. Epub 2010 Jan 26. PubMed PMID: 20127224.
- 12: Foroughi M, Kemeny AA, Lehecka M, Wons J, Kajdi L, Hatfield R, Marks S. Operative intervention for delayed symptomatic radionecrotic masses developing following stereotactic radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations—case analysis and literature review. Acta Neurochir (Wien). 2010 May;152(5):803-15. Epub 2010 Jan 8. Review. PubMed PMID: 20054699.
- 13: Lindvall P, Bergström P, Blomquist M, Bergenheim AT. Radiation schedules in relation to obliteration and complications in hypofractionated conformal stereotactic radiotherapy of arteriovenous malformations. Stereotact Funct Neurosurg. 2010;88(1):24-8. Epub 2009 Nov 20. PubMed PMID: 19940546.
- 14: Pérez-Espejo MA, García-Fernández R, Tobarra-González BM, Palma-Copete JD, González-López A, De la Fuente-Muñoz I, Salinas-Ramos J, Felipe-Murcia M, Martínez-Lage JF, Fernández-Pérez J, Romero JM. [Usefulness of hyperbaric oxygen in the treatment of radionecrosis and symptomatic brain edema after LINAC radiosurgery]. Neurocirugia (Astur). 2009 Oct;20(5):449-53. Spanish. PubMed PMID: 19830367.
- 15: Erol FS, Akgun B. Epileptic seizures caused by encephalomalacic cysts following radiotherapy: a case report. Cases J. 2009 Jul 16;2:7026. PubMed PMID: 19829898; PubMed Central PMCID: PMC2740008.
- 16: Blonigen BJ, Steinmetz RD, Levin L, Lamba MA, Warnick RE, Breneman JC. Irradiated volume as a predictor of brain radionecrosis after linear accelerator stereotactic radiosurgery. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010 Jul 15;77(4):996-1001. Epub 2009 Sep 23. PubMed PMID: 19783374.
- 17: Cihan YB, Uzun G, Yildiz S, Dönmez H. Hyperbaric oxygen therapy for radiation-induced brain necrosis in a patient with primary central nervous system lymphoma. J Surg Oncol. 2009 Dec

15;100(8):732-5. PubMed PMID: 19722227.

18: Ricard D, Taillia H, Renard JL. Brain damage from anticancer treatments in adults. *Curr Opin Oncol*. 2009 Nov;21(6):559-65. Review. PubMed PMID: 19667984.

19: Bayrakli F, Dinçer A, Sav A, Vardareli E, Peker S. Late brain stem radionecrosis seventeen years after fractionated radiotherapy. *Turk Neurosurg*. 2009 Apr;19(2):182-5. PubMed PMID: 19431132.

20: Molenaar R, Wiggeraad R, Verbeek-de Kanter A, Walchenbach R, Vecht C. Relationship between volume, dose and local control in stereotactic radiosurgery of brain metastasis. *Br J Neurosurg*. 2009 Apr;23(2):170-8. PubMed PMID: 19306173.

21: Torcuator R, Zuniga R, Mohan YS, Rock J, Doyle T, Anderson J, Gutierrez J, Ryu S, Jain R, Rosenblum M, Mikkelsen T. Initial experience with bevacizumab treatment for biopsy confirmed cerebral radiation necrosis. *J Neurooncol*. 2009 Aug;94(1):63-8. Epub 2009 Feb 3. PubMed PMID: 19189055.

22: Smith KA, Ashby LS, Gonzalez LF, Brachman DG, Thomas T, Coons SW, Battaglia M, Scheck A. Prospective trial of gross-total resection with Gliadel wafers followed by early postoperative Gamma Knife radiosurgery and conformal fractionated radiotherapy as the initial treatment for patients with radiographically suspected, newly diagnosed glioblastoma multiforme. *J Neurosurg*. 2008 Dec;109 Suppl:106-17. Erratum in: *J Neurosurg*. 2009 Jun;110(6):1323-4. *J Neurosurg*. 2009 Sep;111(3):639. Gonzalez, Fernando [corrected to Gonzales, L Fernando]. PubMed PMID: 19123896.

23: Yoshii Y. Pathological review of late cerebral radionecrosis. *Brain Tumor Pathol*. 2008;25(2):51-8. Epub 2008 Nov 6. PubMed PMID: 18987829.

24: Koot RW, Habraken JB, Hulshof MC, Paans AM, Bosch DA, Pruim J. What is the value of emission tomography studies in patients with a primary glioblastoma multiforme treated by 192Ir brachytherapy? *Acta Neurochir (Wien)*. 2008 Apr;150(4):345-9. Epub 2008 Feb 19. PubMed PMID: 18278573.

25: Mayer R, Sminia P. Reirradiation tolerance of the human brain. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2008 Apr 1;70(5):1350-60. Epub 2007 Nov 26. Review. PubMed PMID: 18037587.

26: Alexiou GA, Fotopoulos AD, Papadopoulos A, Kyritsis AP, Polyzoidis KS, Tsiouris S. Evaluation of brain tumor recurrence by (99m)Tc-tetrofosmin SPECT: a prospective pilot study. *Ann Nucl Med*. 2007 Jul;21(5):293-8. Epub 2007 Jul 25. PubMed PMID: 17634847.

27: Koot RW, Stalpers LJ, Aronica E, Andries Bosch D. Cerebral necrosis after 25Gy radiotherapy in childhood followed 28 years later by 54Gy radiotherapy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2007 Sep;109(7):607-12. Epub 2007 Jun 6. PubMed PMID: 17555870.

28: Combs SE, Thilmann C, Huber PE, Hoess A, Debus J, Schulz-Ertner D. Achievement of long-term local control in patients with craniopharyngiomas using high precision stereotactic radiotherapy. *Cancer*. 2007 Jun 1;109(11):2308-14. PubMed PMID: 17469176.

29: Yamamoto M. Radiosurgery for metastatic brain tumors. *Prog Neurol Surg*. 2007;20:106-28. PubMed PMID: 17317980.

30: Goldman M, Boxerman JL, Rogg JM, Norén G. Utility of apparent diffusion coefficient in predicting the outcome of Gamma Knife-treated brain metastases prior to changes in tumor volume: a preliminary study. *J Neurosurg*. 2006 Dec;105 Suppl:175-82. PubMed PMID: 18503353.

31: Kim PK, Ellis TL, Stieber VW, McMullen KP, Shaw EG, McCoy TP, D'Agostino RB, Bourland JD, DeGuzman AF, Ekstrand KE, Raber MR, Tatter SB. Gamma Knife surgery targeting the resection cavity of brain metastasis that has progressed after whole-brain radiotherapy. *J Neurosurg.* 2006 Dec;105 Suppl:75-8. PubMed PMID: 18503334.

32: Schindler K, Christ ER, Mindermann T, Wieser HG. Transient MR changes and symptomatic epilepsy following gamma knife treatment of a residual GH-secreting pituitary adenoma in the cavernous sinus. *Acta Neurochir (Wien).* 2006 Aug;148(8):903-8; discussion 908. Epub 2006 Jun 19. PubMed PMID: 16761113.

33: Lo SS, Abdulrahman R, Desrosiers PM, Fakiris AJ, Witt TC, Worth RM, Dittmer PH, Desrosiers CM, Frost S, Timmerman RD. The role of Gamma Knife Radiosurgery in the management of unresectable gross disease or gross residual disease after surgery in ependymoma. *J Neurooncol.* 2006 Aug;79(1):51-6. Epub 2006 Mar 24. PubMed PMID: 16557349.

34: Reardon DA, Akabani G, Coleman RE, Friedman AH, Friedman HS, Herndon JE 2nd, McLendon RE, Pegram CN, Provenzale JM, Quinn JA, Rich JN, Vredenburg JJ, Desjardins A, Gururangan S, Badruddoja M, Dowell JM, Wong TZ, Zhao XG, Zalutsky MR, Bigner DD. Salvage radioimmunotherapy with murine iodine-131-labeled antitenascin monoclonal antibody 81C6 for patients with recurrent primary and metastatic malignant brain tumors: phase II study results. *J Clin Oncol.* 2006 Jan 1;24(1):115-22. Erratum in: *J Clin Oncol.* 2006 Mar 20;24(9):1484. Gururangan, Sri [corrected to Gururangan, Sridharan]. PubMed PMID: 16382120.

35: Combs SE, Widmer V, Thilmann C, Hof H, Debus J, Schulz-Ertner D. Stereotactic radiosurgery (SRS): treatment option for recurrent glioblastoma multiforme (GBM). *Cancer.* 2005 Nov 15;104(10):2168-73. PubMed PMID: 16220556.

36: Lindvall P, Wikholm G, Bergström P, Löfroth P, Bergenheim AT. Combined effects of embolization and hypofractionated conformal stereotactic radiotherapy in arteriovenous malformations of the brain. *Interv Neuroradiol.* 2005 Sep 30;11(3):223-9. Epub 2005 Oct 26. PubMed PMID: 20584478.

37: Noel G, Bollet MA, Noel S, Feuvret L, Boissarie G, Tep B, Delattre JY, Baillet F, Ambroise Valery C, Cornu P, Mazeron JJ. Linac stereotactic radiosurgery: an effective and safe treatment for elderly patients with brain metastases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2005 Dec 1;63(5):1555-61. Epub 2005 Jul 18. PubMed PMID: 16024180.

38: Calleja Subirán Mdel C, Hernández Laín A. [Value of the positron emission tomography scan in brain radionecrosis]. *Med Clin (Barc).* 2005 Jun 4;125(1):38. Spanish. PubMed PMID: 15960946.

39: Lindvall P, Bergström P, Löfroth PO, Henriksson R, Bergenheim AT. Hypofractionated conformal stereotactic radiotherapy alone or in combination with whole-brain radiotherapy in patients with cerebral metastases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2005 Apr 1;61(5):1460-6. PubMed PMID: 15817351.

40: Rajendra T, Lee KS, Leo KW, Kumar K, Chumpon C. Previously-treated nasopharyngeal carcinoma with cystic lesions in the temporal lobe. *Singapore Med J.* 2004 Dec;45(12):590-3. PubMed PMID: 15568122.

41: Monheit BE, Fiveash JB, Girkin CA. Radionecrosis of the inferior occipital lobes with altitudinal visual field loss after gamma knife radiosurgery. *J Neuroophthalmol.* 2004 Sep;24(3):195-9. PubMed PMID: 15348983.

42: Noël G, Ben Ammar CN, Feuvret L, Valery CA, Cornu P, Boissarie G, Simon JM, Hasboun D, Tep B, Delattre JY, Sanson M, Baillet F, Mazeron JJ. [Results of salvage stereotactic radiosurgery in 14

patients with grade III or IV gliomas]. *Rev Neurol (Paris)*. 2004 May;160(5 Pt 1):539-45. French. PubMed PMID: 15269671.

43: Chapman PH, Ogilvy CS, Loeffler JS. The relationship between occlusive hyperemia and complications associated with the radiosurgical treatment of arteriovenous malformations: report of two cases. *Neurosurgery*. 2004 Jul;55(1):228-33; discussion 233-4. PubMed PMID: 15214994.

44: Pompucci A, Rea G, Farallo E, Salgarello M, Campanella A, Fernandez E. Combined treatment of advanced stages of recurrent skin cancer of the head. *J Neurosurg*. 2004 Apr;100(4):652-8. PubMed PMID: 15070120.

45: Lee JK, Chelvarajah R, King A, David KM. Rare presentations of delayed radiation injury: a lobar hematoma and a cystic space-occupying lesion appearing more than 15 years after cranial radiotherapy: report of two cases. *Neurosurgery*. 2004 Apr;54(4):1010-3; discussion 1013-4. PubMed PMID: 15046671.

46: Salvati M, Caroli E, Brogna C, Orlando ER, Delfini R. High-dose radiation-induced meningiomas. Report of five cases and critical review of the literature. *Tumori*. 2003 Jul-Aug;89(4):443-7. Review. PubMed PMID: 14606653.

47: Malone S, Szanto J, Alsbeith G, Szumacher E, Souhami L, Gray R, Girard A, Raaphorst P, Grimard L. [Radiation sensitivity testing and late neurological complications following radiosurgery for AVM: the use of SF2 from fibroblasts as a predictive factor]. *Cancer Radiother*. 2003 Aug;7(4):225-30. French. PubMed PMID: 12914855.

48: Salvati M, Frati A, Russo N, Caroli E, Polli FM, Minniti G, Delfini R. Radiation-induced gliomas: report of 10 cases and review of the literature. *Surg Neurol*. 2003 Jul;60(1):60-7; discussion 67. Review. PubMed PMID: 12865017.

49: Muramatsu J, Yoshida M, Shioura H, Kawamura Y, Ito H, Takeuchi H, Kubota T, Maruyama I. [Clinical results of LINAC-based stereotactic radiosurgery for pituitary adenoma]. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*. 2003 May;63(5):225-30. Japanese. PubMed PMID: 12822448.

50: Weber MA, Lichy MP, Thilmann C, Günther M, Bachert P, Maudsley AA, Delorme S, Schad LR, Debus J, Schlemmer HP. [Monitoring of irradiated brain metastases using MR perfusion imaging and 1H MR spectroscopy]. *Radiologe*. 2003 May;43(5):388-95. German. PubMed PMID: 12764588.

51: Niu HQ, Eckhardt K, Ostertag CB. Radiobiological effects of photon radiosurgery on choroid plexus cells in vitro. *Minim Invasive Neurosurg*. 2003 Apr;46(2):86-9. PubMed PMID: 12761678.

52: Hoshi M, Hayashi T, Kagami H, Murase I, Nakatsukasa M. Late bilateral temporal lobe necrosis after conventional radiotherapy. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2003 Apr;43(4):213-6. PubMed PMID: 12760503.

53: Milker-Zabel S, Zabel A, Thilmann C, Zuna I, Hoess A, Wannenmacher M, Debus J. Results of three-dimensional stereotactically-guided radiotherapy in recurrent medulloblastoma. *J Neurooncol*. 2002 Dec;60(3):227-33. PubMed PMID: 12510774.

54: Szeifert GT, Massager N, Brotchi J, Levivier M. Morphological redifferentiation in a malignant astrocytic tumor after gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg*. 2002 Dec;97(5 Suppl):627-30. PubMed PMID: 12507109.

55: Belohlávek O, Simonová G, Kantorová I, Novotný J Jr, Liscák R. Brain metastases after stereotactic

radiosurgery using the Leksell gamma knife: can FDG PET help to differentiate radionecrosis from tumour progression? *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2003 Jan;30(1):96-100. Epub 2002 Nov 5. PubMed PMID: 12483415.

56: Schulz-Ertner D, Frank C, Herfarth KK, Rhein B, Wannenmacher M, Debus J. Fractionated stereotactic radiotherapy for craniopharyngiomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2002 Nov 15;54(4):1114-20. PubMed PMID: 12419438.

57: Uematsu Y, Fujita K, Tanaka Y, Shimizu M, Oobayashi S, Itakura T, Kubo K. Gamma knife radiosurgery for neuroepithelial tumors: radiological and histological changes. *Neuropathology*. 2001 Dec;21(4):298-306. PubMed PMID: 11837537.

58: Münter MW, Karger CP, Schröck H, de Vries A, Schneider HM, Wannenmacher M, Debus J. [Late radiation changes after small volume radiosurgery of the rat brain. Measuring local cerebral blood flow and histopathological studies]. *Strahlenther Onkol*. 2001 Jul;177(7):354-61. German. PubMed PMID: 11505621.

59: Milker-Zabel S, Debus J, Thilmann C, Schlegel W, Wannenmacher M. Fractionated stereotactically guided radiotherapy and radiosurgery in the treatment of functional and nonfunctional adenomas of the pituitary gland. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2001 Aug 1;50(5):1279-86. PubMed PMID: 11483339.

60: Hodgson DC, Goumnerova LC, Loeffler JS, Dutton S, Black PM, Alexander E 3rd, Xu R, Kooy H, Silver B, Tarbell NJ. Radiosurgery in the management of pediatric brain tumors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2001 Jul 15;50(4):929-35. PubMed PMID: 11429220.

61: Chao ST, Suh JH, Raja S, Lee SY, Barnett G. The sensitivity and specificity of FDG PET in distinguishing recurrent brain tumor from radionecrosis in patients treated with stereotactic radiosurgery. *Int J Cancer*. 2001 Jun 20;96(3):191-7. PubMed PMID: 11410888.

62: Nataf F, Meder JF, Oppenheim C, Merienne L, Schlienger M. [Radiosurgery of choroidal and cisternal cerebral arteriovenous malformations]. *Neurochirurgie*. 2001 May;47(2-3 Pt 2):283-90. French. PubMed PMID: 11404706.

63: Gonzalez B, Casaco A, Alvarez P, Leon M, Arteaga M, Leon A, Santana E, Bada A, Figueredo R, Hernández R, Iznaga-Escobar N, González F, Perez R. Radiotoxicity of h-R3 monoclonal antibody labeled with 188Re administered intracerebrally in rats. *Hum Exp Toxicol*. 2000 Dec;19(12):684-92. PubMed PMID: 11291740.

64: Manning MA, Cardinale RM, Benedict SH, Kavanagh BD, Zwicker RD, Amir C, Broaddus WC. Hypofractionated stereotactic radiotherapy as an alternative to radiosurgery for the treatment of patients with brain metastases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2000 Jun 1;47(3):603-8. PubMed PMID: 10837942.

65: Shaw E, Scott C, Souhami L, Dinapoli R, Kline R, Loeffler J, Farnan N. Single dose radiosurgical treatment of recurrent previously irradiated primary brain tumors and brain metastases: final report of RTOG protocol 90-05. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2000 May 1;47(2):291-8. PubMed PMID: 10802351.

66: Wu CT, Lee ST. Delayed spontaneous tension pneumocephalus caused by radionecrosis of the skull base. *Br J Neurosurg*. 1999 Apr;13(2):214-6. PubMed PMID: 10616596.

67: Lamy-Lhullier C, Dubois F, Blond S, Lecouffe P, Steinling M. [Importance of cerebral tomoscintigraphy using technetium-labeled sestamibi in the differential diagnosis of current tumor vs.

- radiation necrosis in subtentorial glial tumors in the adult]. *Neurochirurgie*. 1999 May;45(2):110-7. French. PubMed PMID: 10448650.
- 68: Debus J, Pirzkall A, Schlegel W, Wannenmacher M. [Stereotactic one-time irradiation (radiosurgery). The methods, indications and results]. *Strahlenther Onkol*. 1999 Feb;175(2):47-56. Review. German. PubMed PMID: 10065138.
- 69: Leber KA, Eder HG, Kovac H, Anegg U, Pendl G. Treatment of cerebral radionecrosis by hyperbaric oxygen therapy. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1998 Oct;70 Suppl 1:229-36. PubMed PMID: 9782255.
- 70: Linzer D, Ling SM, Villalobos H, Raub W Jr, Wu X, Ting J, Berti A, Landy H, Markoe AM. Gamma knife radiosurgery for large volume brain tumors: an analysis of acute and chronic toxicity. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1998 Oct;70 Suppl 1:11-8. PubMed PMID: 9782231.
- 71: Tashima T, Morioka T, Nishio S, Hachisuga S, Fukui M, Sasaki M. Delayed cerebral radionecrosis with a high uptake of 11C-methionine on positron emission tomography and 201Tl-chloride on single-photon emission computed tomography. *Neuroradiology*. 1998 Jul;40(7):435-8. PubMed PMID: 9730342.
- 72: Cardinale RM, Schmidt-Ullrich RK, Benedict SH, Zwicker RD, Han DC, Broaddus WC. Accelerated radiotherapy regimen for malignant gliomas using stereotactic concomitant boosts for dose escalation. *Radiat Oncol Investig*. 1998;6(4):175-81. PubMed PMID: 9727877.
- 73: Tokuuye K, Akine Y, Sumi M, Kagami Y, Ikeda H, Oyama H, Inou Y, Shibui S, Nomura K. Reirradiation of brain and skull base tumors with fractionated stereotactic radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1998 Mar 15;40(5):1151-5. PubMed PMID: 9539571.
- 74: Woo C, Stea B, Lulu B, Hamilton A, Cassady JR. The use of stereotactic radiosurgical boost in the treatment of medulloblastomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1997 Mar 1;37(4):761-4. PubMed PMID: 9128948.
- 75: Finel E, Bourdais C, Vallée B, Régis J, Le Fur JM, de Parscau L. [Focalized multiple beam radiotherapy: an alternative in the treatment of deep cerebral arteriovenous malformations]. *Arch Pediatr*. 1997 Feb;4(2):140-3. French. PubMed PMID: 9097824.
- 76: La Marca F, Tomita T. Importance of patient evaluation for long-term survival in medulloblastoma recurrence. *Childs Nerv Syst*. 1997 Jan;13(1):30-4. Review. PubMed PMID: 9083699.
- 77: Moringlane JR, Voges M, Huber G, Müller J, Leetz HK. Short-term CT and MR changes in brain tumors following 125I interstitial irradiation. *J Comput Assist Tomogr*. 1997 Jan-Feb;21(1):15-21. PubMed PMID: 9022762.
- 78: Rand RW. Leksell Gamma Knife treatment of tic douloureux. *Neurosurg Clin N Am*. 1997 Jan;8(1):75-8. PubMed PMID: 9018707.
- 79: De Witte O, Levivier M, Violon P, Salmon I, Damhaut P, Wikler D Jr, Hildebrand J, Brotchi J, Goldman S. Prognostic value positron emission tomography with [18F]fluoro-2-deoxy-D-glucose in the low-grade glioma. *Neurosurgery*. 1996 Sep;39(3):470-6; discussion 476-7. PubMed PMID: 8875476.
- 80: Shaw E, Scott C, Souhami L, Dinapoli R, Bahary JP, Kline R, Wharam M, Schultz C, Davey P, Loeffler J, Del Rowe J, Marks L, Fisher B, Shin K. Radiosurgery for the treatment of previously irradiated recurrent primary brain tumors and brain metastases: initial report of radiation therapy oncology group protocol (90-05). *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1996 Feb 1;34(3):647-54. PubMed PMID: 8621289.

- 81: Nicolato A, Ferraresi P, Foroni R, Pasqualin A, Piovan E, Severi F, Masotto B, Gerosa M. Gamma Knife radiosurgery in skull base meningiomas. Preliminary experience with 50 cases. *Stereotact Funct Neurosurg.* 1996;66 Suppl 1:112-20. PubMed PMID: 9032851.
- 82: Deruty R, Pelissou-Guyotat I, Mottolese C, Amat D, Bascoulergue Y, Turjman F, Gerard JP. [Therapeutic risk in multidisciplinary approach of cerebral arteriovenous malformations]. *Neurochirurgie.* 1996;42(1):35-43. Review. French. PubMed PMID: 8763763.
- 83: Luyken C, Hildebrandt G, Krisch B, Scheidhauer K, Klug N. Clinical relevance of somatostatin receptor scintigraphy in patients with skull base tumours. *Acta Neurochir Suppl.* 1996;65:102-4. PubMed PMID: 8738508.
- 84: Deruty R, Pelissou-Guyotat I, Amat D, Mottolese C, Bascoulergue Y, Turjman F, Gerard JP. Complications after multidisciplinary treatment of cerebral arteriovenous malformations. *Acta Neurochir (Wien).* 1996;138(2):119-31. Review. PubMed PMID: 8686534.
- 85: Forsyth PA, Kelly PJ, Cascino TL, Scheithauer BW, Shaw EG, Dinapoli RP, Atkinson EJ. Radiation necrosis or glioma recurrence: is computer-assisted stereotactic biopsy useful? *J Neurosurg.* 1995 Mar;82(3):436-44. PubMed PMID: 7861222.
- 86: Patil AA, Kumar P, Leibrock LG. Response of extra-axial tumors to stereotactically implanted high-activity 125I seeds. *Stereotact Funct Neurosurg.* 1995;64(3):139-52. PubMed PMID: 8746503.
- 87: Vertosick FT Jr, Selker RG, Grossman SJ, Joyce JM. Correlation of thallium-201 single photon emission computed tomography and survival after treatment failure in patients with glioblastoma multiforme. *Neurosurgery.* 1994 Mar;34(3):396-401. PubMed PMID: 8190213.
- 88: Colombo F, Pozza F, Chierago G, Francescon P, Casentini L, De Luca G. Linear accelerator radiosurgery of cerebral arteriovenous malformations: current status. *Acta Neurochir Suppl.* 1994;62:5-9. PubMed PMID: 7717136.
- 89: Scerrati M, Montemaggi P, Iacoangeli M, Roselli R, Rossi GF. Interstitial brachytherapy for low-grade cerebral gliomas: analysis of results in a series of 36 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;131(1-2):97-105. PubMed PMID: 7709791.
- 90: Kreth FW, Warnke PC, Ostertag CB. [Interstitial radiosurgery of low grade glioma]. *Nervenarzt.* 1993 Oct;64(10):633-9. German. PubMed PMID: 8232676.
- 91: Janus TJ, Kim EE, Tilbury R, Bruner JM, Yung WK. Use of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with primary malignant brain tumors. *Ann Neurol.* 1993 May;33(5):540-8. PubMed PMID: 8498831.
- 92: Hudgins WR. Gamma knife radiosurgery: brain surgery without an incision. *Tex Med.* 1993 Apr;89(4):64-8. Review. PubMed PMID: 8503111.
- 93: Warnke PC, Hans FJ, Ostertag CB. Impact of stereotactic interstitial radiation on brain capillary physiology. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1993;58:85-8. PubMed PMID: 8109311.
- 94: Ostertag CB. Brachytherapy-interstitial implant radiosurgery. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1993;58:79-84. PubMed PMID: 8109309.
- 95: Oppenheimer JH, Levy ML, Sinha U, el-Kadi H, Apuzzo ML, Luxton G, Petrovich Z, Zee CS, Miller CA. Radionecrosis secondary to interstitial brachytherapy: correlation of magnetic resonance imaging and

histopathology. *Neurosurgery*. 1992 Aug;31(2):336-43. PubMed PMID: 1513439.

96: Tamura M, Misumi S, Kurosaki S, Shibasaki T, Ohye C. [Anaplastic astrocytoma 14 years after radiotherapy for pituitary adenoma]. *No Shinkei Geka*. 1992 Apr;20(4):493-7. Review. Japanese. PubMed PMID: 1570077.

97: Sutcliffe JC, Forster DM, Walton L, Dias PS, Kemeny AA. Untoward clinical effects after stereotactic radiosurgery for intracranial arteriovenous malformations. *Br J Neurosurg*. 1992;6(3):177-85. PubMed PMID: 1632916.

98: Ostertag CB, Kreth FW. Iodine-125 interstitial irradiation for cerebral gliomas. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;119(1-4):53-61. PubMed PMID: 1481753.

99: Glantz MJ, Hoffman JM, Coleman RE, Friedman AH, Hanson MW, Burger PC, Herndon JE 2nd, Meisler WJ, Schold SC Jr. Identification of early recurrence of primary central nervous system tumors by [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Ann Neurol*. 1991 Apr;29(4):347-55. PubMed PMID: 1929205.

100: Yoshii Y. [Radiation injury of the normal brain tissue after external radiotherapy of brain tumor]. *Gan No Rinsho*. 1990 Oct;36(13):2289-98. Japanese. PubMed PMID: 2250348.

101: Kundra SN, Sharma BS, Banerjee AK, Ayyagari S, Dhir SP, Kak VK. Damage to the anterior visual pathway and brain parenchyma following external pituitary irradiation. *Indian J Cancer*. 1990 Sep;27(3):172-9. PubMed PMID: 2090570.

102: Lunsford LD, Altschuler EM, Flickinger JC, Wu A, Martinez AJ. In vivo biological effects of stereotactic radiosurgery: a primate model. *Neurosurgery*. 1990 Sep;27(3):373-82. PubMed PMID: 1700326.

103: DeAngelis LM, Delattre JY, Posner JB. Radiation-induced dementia in patients cured of brain metastases. *Neurology*. 1989 Jun;39(6):789-96. PubMed PMID: 2725874.

104: Abernathey CD, Camacho A, Kelly PJ. Stereotaxic suboccipital transcerebellar biopsy of pontine mass lesions. *J Neurosurg*. 1989 Feb;70(2):195-200. PubMed PMID: 2643686.

105: Zamorano L, Katanick D, Dujovny M, Yakar D, Malik G, Ausman JI. Tumour recurrence vs radionecrosis: an indication for multitrajectory serial stereotactic biopsies. *Acta Neurochir Suppl (Wien)*. 1989;46:90-3. PubMed PMID: 2549769.

106: Willis BK, Heilbrun MP, Sapozink MD, McDonald PR. Stereotactic interstitial brachytherapy of malignant astrocytomas with remarks on postimplantation computed tomographic appearance. *Neurosurgery*. 1988 Sep;23(3):348-54. PubMed PMID: 3226513.

107: Shibata S, Jinnouchi T, Mori K. [Delayed cerebral radionecrosis associated with brain edema]. *No Shinkei Geka*. 1988 Apr;16(4):377-82. Japanese. PubMed PMID: 3386779.

108: Dyck P, Bouzaglou A, Gruskin P. Stereotactic biopsy and brachytherapy of brain tumours. *Neurol Res*. 1987 Jun;9(2):69-90. PubMed PMID: 2886947.

109: Fontana M, Mastrostefano R, Bernabei A, Cianfrone G, Pompili A, Tanfani G, Riccio A. Bilateral temporal lobectomy for late radionecrosis after radiotherapy for acromegaly. A case report. *J Neurosurg Sci*. 1984 Apr-Jun;28(2):107-12. PubMed PMID: 6527143.

110: Piatt JH Jr, Blue JM, Schold SC Jr, Burger PC. Glioblastoma multiforme after radiotherapy for acromegaly. Neurosurgery. 1983 Jul;13(1):85-9. PubMed PMID: 6308498.

From:

<http://www.neurocirugiacontemporanea.com/> - **Neurocirugía Contemporánea**
ISSN 1988-2661

Permanent link:

<http://www.neurocirugiacontemporanea.com/doku.php?id=radionecrosis>

Last update: **2019/09/26 22:19**

