

Verfahrensanweisung zur Entzündungsdiagnostik mit [^{18}F]Fluor-2'-Deoxyglucose (FDG)

I. Zielsetzung

Die folgende Empfehlung gibt Hilfestellungen bei der Durchführung, Interpretation und Befundung der FDG-PET bei der Diagnostik entzündlicher Erkrankungen mit dedizierten (dPET) und Koinzidenz-Kamera Systemen (kPET).

II. Hintergrundinformation und Definition

Im Rahmen von Studien, die sich mit dem Einsatz von FDG und dedizierten PET-Systemen beschäftigten, wurde darüber berichtet, daß nicht nur Tumorgewebe, sondern auch entzündliche Prozesse einen deutlich erhöhten Uptake von FDG zeigen. Die Anreicherung des Tracers erfolgt sowohl in aktivierten Granulozyten als auch in aktivierten mononukleären Zellen und scheint hauptsächlich Folge einer Überexpression hochaffiner Glukosetransporter-Isotypen zu sein (1,3,5,14,25,26,27,31,33,35). Erst in den letzten Jahren wurden systematische klinische Arbeiten zum Einsatz von FDG, vorwiegend mit dedizierten PET-Systemen (dPET), aber auch mit Koinzidenz-Kameras (kPET) bei entzündlichen Erkrankungen publiziert, die es ermöglichen zu einzelnen Entitäten Aussagen über den Stellenwert der Methode zu machen (2,4,5,6,7,8,9,10,12,13,15,16,17,18,20,21,22,23,24,28,29,30).

III. Indikationen

Es wird auf das Kapitel: "Differentialindikation für verschiedene radioaktive Arzneimittel bei unterschiedlichen entzündlichen Erkrankungen" verwiesen. Die Zulassung für das Radiopharmazeutikum bezieht sich auf die Indikationen: "Tumordiagnostik" und "Vitalitätsdiagnostik am Myokard". Insofern ist der Einsatz von FDG z.Z. als "off label use" zu bezeichnen.

IV. Untersuchung

- a. *Anamnese*: Angaben über einen bestehenden Diabetes, vorausgegangene Operationen, eine vorausgegangene externe Radiatio oder Chemotherapie sind unerlässlich. Bei dem Verdacht auf eine chronische Osteomyelitis sind Angaben über den Zeitpunkt und die Art vorausgegangener Operationen und eine klinische Inspektion der infragekommenden Region notwendig. Bei prolongierten Fieberzuständen sollte nach organbezogenen Beschwerden gefahndet werden.
- b. *Serum-Glukosespiegel*: Vor der Untersuchung sollte der Serum-Glukosespiegel bestimmt werden. Optimal sind Serum-Glukosespiegel <100-120 mg/dl. Höhere Spiegel sind keine Kontraindikation zur Untersuchung. Die Aufnahme von FDG in Entzündungszellen wird im Unterschied zu Tumorgewebe durch erhöhte Glukosespiegel nur geringgradig gehemmt (37, 38).

- c. **Spezielle Vorbereitung:** Die Patienten sollten vor der Untersuchung mindestens 8 Stunden nüchtern sein um niedrige Serum-Glukosespiegel zu gewährleisten. Hierdurch wird u.a. die Glukoseaufnahme in das Myokard und in der quergestreiften Muskulatur reduziert. Am Morgen des Untersuchungstages kann Kaffee oder Tee ohne Milch und Zucker getrunken werden. Koffeinhaltige Getränke sind in den letzten 8 Stunden vor Applikation von FDG zu vermeiden, da es Hinweise gibt, daß hierdurch der kardiale Uptake erhöht wird. Vor Applikation des Radiopharmakons wird der Patient über eine halbe Stunde bequem gelagert. Jede muskuläre Anstrengung sollte auf ein Minimum begrenzt werden, um die Aufnahme des Radiopharmazeutikums im Muskel gering zu halten. Auf eine ausreichende Hydrierung (10-20 ml/Kg) sollte geachtet werden.
- d. **Darmuptake von FDG:** Es konnte gezeigt werden, daß eine Prämedikation mit Butylscopolamin (20 mg) bei FDG-PET-Patienten eine effektive Maßnahme zur Reduktion einer differentialdiagnostisch manchmal schwer zu interpretierenden Darmanreicherung darstellt. Insbesondere bei Patienten mit FEO oder okkulten Sepsis sollte von dieser Maßnahme Gebrauch gemacht werden, da das Abdomen immer mituntersucht wird. Kontraindikationen (Glaukom, Harnverhalt) sind zu beachten (32).
- e. **Blasenkatheeter:** In Einzelfällen muß ein Blasenkatheeter gelegt werden, um Rekonstruktionsartefakte durch hohe Aktivitäten in der Blase zu vermeiden. Die Gabe eines Diuretikums kann sinnvoll sein um störende Aktivitäten im Nierenbecken und in den Ureteren zu vermeiden.
- f. **Vorsichtsmaßnahmen:** spezielle Vorsichtsmaßnahmen sind nicht erforderlich.
- g. **Radiopharmazeutikum:** Bei dedizierten Systemen werden beim Erwachsenen ca. 400 MBq intravenös appliziert. Wird eine Koinzidenzkamera verwendet, muß die Aktivität auf 300-500 MBq reduziert werden. Bei der Untersuchung von Kindern werden 5-10 MBq/Kg FDG appliziert.
- h. **Strahlenexposition:**

Tabelle 1: Strahlenexposition für Erwachsene

Radioaktives Arzneimittel	Verabreichte Aktivität (MBq)	Maximale Organexposition (mGy)	Effektive Dosis(mSv/ MBq)*
FDG	400	0,16 Blase	0,019

Tabelle 2: Strahlenexposition für Kinder (5 Jahre)

Radioaktives Arzneimittel	Verabreichte Aktivität (MBq)	Maximale Organexposition (mGy)	Effektive Dosis(mSv/ MBq)*
FDG	5-10 MBq/Kg	0,32 Blase	0,05

*ICRP Publication 80: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Annals of the ICRP Volume 28/3, 2000.

- i. **Akquisition:** Die Akquisition richtet sich nach der zugrunde liegenden Fragestellung und den verfügbaren Systemen (dPET, kPET) und umfasst folgende Möglichkeiten (34):
1. **Teilkörpertomographie:** Dieser Akquisitionsmodus wird verwendet, wenn der entzündliche Herd bereits bekannt ist, beispielsweise bei der Frage nach einer chronischen Osteomyelitis. Durch sequentielle Aufnahmen (z.B. nach 30 und 120 Minuten p.i.) und Bestimmung des SUV (Standardized Uptake Value) in der frühen und späten Phase scheint eine Differenzierung zwischen tumorbedingten und entzündlichen Läsionen möglich zu sein (28). Eine solche Differentialdiagnose stellt sich häufiger bei pathologischen Befunden im Achsenskelett.
 2. **Ganzkörpertomographie:** Bei Fieber unklarer Genese und bei der Suche nach einem septischen Fokus sollte prinzipiell eine Ganzkörpertomographie erfolgen. Aufgrund der technischen Besonderheiten der kPET wird dies nicht immer möglich sein. Hier sollte zumindest der gesamte Körperstamm untersucht werden.
 3. **Schwächungskorrektur:** Dedizierte Systeme und zunehmend auch kPET-Systeme bieten die Möglichkeit einer Transmissionsmessung mittels externer Strahlenquellen, die im Bereich des Körperstammes und der Extremitäten eingesetzt werden. Im Bereich des ZNS haben sich geometrische Verfahren bewährt.

Die Akquisition der Daten kann bereits 30 Minuten nach Applikation des Radiopharmazeutikums beginnen. Der Aufnahmemodus mit dPET-Systemen entspricht dem im Kapitel: "Leitlinien zur Tumordarstellung mit (F-18)-Fluorodeoxyglukose (FDG)" vorgeschlagenen Algorithmus. Bei Verwendung von kPET-Systemen sollten die Kameraköpfe mit axialen Septen ausgestattet und die

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollten aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung übernehmen.

Möglichkeit einer Schwächungskorrektur gegeben sein. Bei FUO-Patienten, Patienten mit okkulten Sepsis und Vaskulitis-Patienten sollte bei Verwendung dedizierter Systeme der Ganzkörper untersucht werden. Bei der Kamera-PET ist dies wegen den eingesetzten Aktivitäten und der langen Untersuchungsdauer meist nicht möglich. Hier muß man sich auf den Körperstamm beschränken. Bei Patienten mit dem Verdacht auf eine lokalisierte Osteomyelitis kann die Akquisition auf ein transaxiales Tomogramm der interessierenden Region beschränkt werden.

- j. *Daten und Bildverarbeitung:* Die Bildverarbeitung und Dokumentation bei mit dPET-Systemen erhobenen Daten entspricht dem im Kapitel: "Leitlinien zur Tumordarstellung mit (F-18)-Fluordeoxyglukose (FDG)" vorgeschlagenen Vorgehen. Bei kPET-Systemen sollte zur Rekonstruktion möglichst ein iterativer Algorithmus eingesetzt werden.

V. Befundinterpretation

1. *Physiologisches Aktivitätsverteilungsmuster:* Nach intravenöser Applikation wird FDG rasch in glukosestoffwechselaktive Organe und Gewebe aufgenommen. Die intravaskuläre Clearance beträgt ca. 95% in 5 Minuten. FDG zeigt in der Niere nach glomerulärer Filtration eine im Vergleich zur Glukose relativ geringe Rückresorption, was zu einer raschen Clearance des Radiopharmakons aus dem intravasalen Kompartiment führt. Die Nieren, die Ureteren und die Blase stellen sich regelmäßig dar.
Eine hohe Anreicherung von FDG lässt sich in Organen mit einem physiologisch hohen Glukosestoffwechsel beobachten. Dementsprechend findet sich ein hoher Uptake vor allem im ZNS. Da der Herzmuskel physiologischerweise bevorzugt freie Fettsäuren und nicht Glukose verstoffwechselt, um seinen Energiebedarf zu decken, ist im Myokard bei der Mehrzahl der nüchternen und normoinsulinämischen Patienten nur ein geringer Uptake zu beobachten. Der FDG-Uptake in der Skelettmuskulatur ist abhängig von der Aktivierung der entsprechenden Muskelgruppen zum Zeitpunkt der Applikation und dementsprechend äußerst variabel. Die Synovia der großen Gelenke stellt sich bei bis zu 50% der Patienten dar. Dieser häufig unspezifische Befund darf im Kontext einer Entzündungssuche nicht als Nachweis einer Synovitis gewertet werden.
Ein mäßiger Uptake findet sich in der Leber und der Lunge. Bei Patienten mit einer systemischen Infektion und Fieber ist die Aktivitätsaufnahme in der Milz und im Knochenmark im Vergleich zu Patienten mit lokalisierten Infektionen oft besonders hoch.
Bei vielen Patienten ist eine physiologische Anreicherung im Gastrointestinaltrakt zu beobachten. Diese findet sich vor allem im Kolon mit Punctum maximum im Zökum und Rektum-Sigmoid und nur gelegentlich im Duodenum und Oesophagus und im Magen. Ein physiologischer Uptake ist auch in lymphatischen Geweben, wie den Tonsillen und bei Kindern und Jugendlichen im Thymus zu beobachten.
2. *Pathologische Anreicherungen:* Jede nicht physiologische Aktivitätsanreicherung muß als pathologischer Befund angesehen werden.
Bei FUO-Patienten und Patienten mit okkulten Sepsis ist das Ziel der Untersuchung einen entzündlichen oder tumorösen Fokus zu identifizieren, der dann gezielt weiter abgeklärt werden kann. Die unspezifische Anreicherung des Radiopharmakons in inflammatorischen und tumorösen Gewebe ist dabei von Vorteil.
Bei Patienten mit einer chronischen Osteomyelitis ist jede Anreicherung im Knochenmarkraum oder der Kompakta verdächtig auf einen entzündlichen Prozess, während die Differenzierung entzündlicher Weichteilprozesse von einem erhöhten muskulären Uptake schwierig sein kann.
Ein zirkulärer Uptake in der Aortenwand ist immer verdächtig auf eine Vaskulitis.
Differentialdiagnostisch muß an aktivierte arteriosklerotische Plaques gedacht werden. Das Ausmaß des physiologischen vaskulären Uptakes in den mittelgroßen Gefäßen in einem altersentsprechenden Normalkollektiv muß bekannt sein, um einen entzündlichen Prozess in diesen Gefäßregionen verlässlich zu diagnostizieren. Als Faustregel gilt, daß bei Patienten über 50 Jahren ein Uptake der Gefäßwand, der höher als der Leberuptake ist, als pathologisch zu betrachten ist.

VI. Qualitätskontrolle

1. Radiopharmazeutika: s. einschlägige Empfehlungen
2. Geräte: s. einschlägige Empfehlungen

VII. Fehlerquellen

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollten aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung übernehmen.

1. *Granulationsgewebe*: Nach einer externen Radiatio und Operationen in Weichteilgewebe und an parenchymatösen Organen kann die FDG- Aktivitätsaufnahme über einen variablen Zeitraum (meist 1-3 Monate; in Einzelfällen länger) erhöht sein.
2. *Konsolidierung knöcherner Frakturen*: Nach unkomplizierten Frakturen und Operationen im Skelettsystem kann die Aufnahme von FDG über einen variablen Zeitraum (meist 1-2 Monate; in Einzelfällen länger) erhöht sein.
3. *Muskulärer Uptake*: Ein erhöhter muskulärer Uptake kann die Befundung einer Weichteilinfektion, insbesondere im Bereich der Extremitäten und paraspinal, sowie die Diagnose einer Vaskulitis im Zervikalbereich erschweren.
4. *Aktivität im Nierenbecken*: Residuelle Aktivität in den ableitenden Harnwegen kann zur Fehldiagnose eines entzündlichen Prozesses führen.
5. *Ein Thymusuptake* von FDG im Kindes- und Jugendalter ist physiologisch.
6. *Aktivität in der Kehlkopfmuskulatur* sollte nicht mit einem entzündlichen Prozess verwechselt werden.
7. *Eine externe Radiatio und eine Chemotherapie* kann die FDG- Aufnahme reduzieren.

VIII. Einschränkung / Haftungsausschluss

Die Richtlinien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und schließen die Existenz anderer, möglicherweise auch aussagefähiger, jedoch nicht erwähnter Methoden nicht aus. Das Patientenspektrum kann sich in einer spezialisierten Einzelpraxis erheblich von dem in einer diagnostischen Allgemeinpraxis unterscheiden. Die Indikation zu einer Untersuchung ist z.T. abhängig von der Prävalenz einer Erkrankung in der Patientenpopulation. Außerdem können die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zwischen verschiedenen Einrichtungen sehr unterschiedlich sein. Aus diesen Gründen können Richtlinien nicht völlig konsequent angewandt werden. Der medizinische Fortschritt geht zügig voran. Daher sollten Richtlinien in Relation zu ihrem Erscheinungsdatum auf ihre aktuelle Anwendbarkeit überprüft werden.

IX. Offene Fragen

Obwohl die FDG-PET und FDG-PET/CT bei einer Vielzahl von Tumoren als Methode der Wahl beim Staging und bei der Evaluation des Therapieansprechens angesehen wird, hat sich die Technik bei der Abklärung entzündlicher Erkrankungen nicht im gleichen Maß durchgesetzt. Die in den letzten 5 Jahren gewonnenen Daten lassen aber schon jetzt den Schluss zu, dass die FDG-PET, zumindest beim Fieber unklarer Genese, bei der Osteomyelitis des Achsenskeletts und bei der Vaskulitisiagnostik die bisherigen szintigraphische Techniken ersetzen wird.

Ein problematischer Aspekt jeder szintigraphischen Technik, ist die oft schwierige Zuordnung von pathologischen Aktivitätsbelegungen zu bestimmten anatomischen Strukturen. Schon jetzt zeichnet sich aber ab, dass dieser Nachteil durch die Einführung von SPECT- und PET/ CT in naher Zukunft überwunden sein wird.

Auch wenn die bisherigen Ergebnisse viel versprechend erscheinen, sind im Sinne einer evidenzbasierten Medizin weitere Schritte erforderlich um den konkreten Stellenwert der FDG-PET bei entzündlichen Erkrankungen zu bestimmen:

- Beim Fieber unklarer Genese: Multizentrische prospektive Studien bei einer großen Patientenzahl, bei denen ein strukturiertes Protokoll verwendet wird und die FDG-PET als "second-line" Methode eingesetzt wird, sind erforderlich.
- Der Stellenwert der FDG-PET bei einer Vielzahl von infektiösen und nicht infektiös entzündlichen Erkrankungen ist noch nicht abschließend geklärt. Ausreichend ist die Datenlage vorerst nur bei der Vaskulitis der großen Arterien und bei der chronischen Osteomyelitis im Achsenskelett anzusehen.
- In jüngsten Publikationen wurde über die Verwendung FDG-markierter autologer Leukozyten berichtet. Ob die Markierung von Leukozyten mit PET-Tracern, von denen das Verfahren mit FDG nur eine denkbare Möglichkeit ist, Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren aufweist, bleibt abzuwarten.

Literatur:

1. Ahmed N, Kansara M, Berridge MV. Acute regulation of glucose transport in a monocyte-macrophage cell line: Glut-3 affinity for glucose is enhanced during the respiratory burst. *Biochem J* 1997 15; 327 (Pt 2): 369-375.
2. Becker W, Meller J. The role of nuclear medicine in infection and inflammation. *Lancet Infectious Diseases* 2001; 1: 326-333.
3. Bird TA, Davies A, Baldwin SA, Saklatvala J. Interleukin 1 stimulates hexose transport in fibroblasts by increasing the expression of glucose transporters. *J Biol Chem* 1990; 265 (23): 13578-13583.

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollten aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung übernehmen.

39. Blockmans D, Knockaert D, Maes A, De Caestecker J, Stroobants S, Bobbaers H, Mortelmans L. Clinical value of [(18)F]fluoro-deoxyglucose positron emission tomography for patients with fever of unknown origin. *Clin Infect Dis* 2001; 32:191-196.
40. Cornelius P, Marlowe M, Pekala PH. Regulation of glucose transport by tumor necrosis factor- α in cultured murine 3T3-L1 fibroblasts. *J Trauma* 1990; 30 (12 Suppl.): S15-S20.
41. de Winter F, Van de Wiele C, Vandenberghe S, de Bondt P, de Clercq D, D'Asseler Yet al. Coincidence camera FDG imaging for the diagnosis of chronic orthopedic infections: a feasibility study. *J Comput Assist Tomogr* 2001; 25: 184-189.
42. de Winter F, van de Wiele C, Vogelaers D, de Smet K, Verdonk R, Dierckx RA. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose-positron emission tomography: a highly accurate imaging modality for the diagnosis of chronic musculoskeletal infections. *J Bone Joint Surg* 2001; 83-A (5): 651-660.
43. de Winter F, Gemme, F, Van De Wiele C, Poffijn B, Uyttendaele D, Dierckx R. 18-Fluorine Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography for the Diagnosis of Infection in the Postoperative Spine. *Spine* 2003; 28: 1314-1319.
44. Delank KS, Schmidt M, Michael JW, Dietlein M, Schicha H, Eysel P. The implications of 18F-FDG-PET for the diagnosis of endoprosthetic loosening and infection in hip and knee arthroplasty: results from a prospective, blinded study. *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 7: 20-29.
45. Derdelinckx I, Maes A, Bogaert J, Mortelmans L, Blockmans D. Positron emission tomography scan in the diagnosis and follow-up of aortitis of the thoracic aorta. *Acta Cardiol* 2000; 55:193-195.
46. Gould und Holman: The glucose transporter family: structure, function and tissue-specific expression. *Biochem J* 1993; 295 (Pt.2): 329-341.
47. Guhlmann A, Brecht Krauss D, Suger G et al. Fluorine-18-FDG PET and technetium-99m antigranulocyte antibody scintigraphy in chronic osteomyelitis. *J Nucl Med* 1998; 39: 2145-2152.
48. Guhlmann A, Brecht-Krauss D, Suger G, Glatting G, Kotzerke J, Kinzl L, Reske SN. Chronic osteomyelitis: detection with FDG PET and correlation with histopathologic findings. *Radiology* 1998; 206: 749-754.
49. Jacobs DB, Lee TP, Jung CY, Mookerjee BK. Mechanism of mitogen-induced stimulation of glucose transport in human peripheral blood mononuclear cells. *J Clin Invest* 1989; 83: 437-443.
50. Kaim AH, Gross T, von Schulthess GK. Imaging of chronic posttraumatic osteomyelitis. *Eur Radiol* 2003 ;13: 1750-1752.
51. Källicke T, Schmitz A, Risse JH, Arens S, Keller E, Hansis M et al. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET in infectious bone diseases: results of histologically confirmed cases. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 524-528.
52. Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME. MR image analysis of pedal osteomyelitis: distribution, patterns of spread, and frequency of associated ulceration and septic arthritis. *Radiology* 2002; 223: 747-755.
53. Lorenzen J, Buchert R, Bohuslavizki KH. Value of FDG PET in patients with fever of unknown origin. *Nucl Med Commun* 2001; 22: 779-783.
54. Mamede M, Higashi T, Kitaichi M, Ishizu K, Ishimori T, Nakamoto Y, et al. FDG uptake and PCNA, Glut-1, and Hexokinase-II expressions in cancers and inflammatory lesions of the lung. *Neoplasia*. 2005; 7: 369-379.
55. Meller J, Altenvoerde G, Munzel U, Jauho A, Behe M, Gratz S, Luig H, Becker W. Fever of unknown origin-prospective comparison of 18 FDG- imaging with a double head coincidence camera (DHCC) and Ga-67 citrate SPECT. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 1617-1625.
56. Meller J, Becker W. Nuklearmedizinische Diagnostik bei Patienten mit Fieber unklarer Genese (FUO). *Nuklearmedizin* 2001; 40: 59-70.
57. Meller J, Köster G, Liersch T, Siefker U, Lehmann K, Meyer I, Schreiber K, Altenvoerde G, Becker W. Chronic bacterial osteomyelitis- prospective comparison of 18 FDG- imaging with a double head coincidence camera (DHCC) and In-111 labeled autologous leucocytes. *Eur J Nucl Med* 2002; 29: 53-60.
58. Meller J, Sahlmann CO, Lehmann K, Siefker U, Meyer I, Schreiber K, Altenvoerde G, Becker W. F-18-FDG hybrid camera PET in patients with postoperative fever. *Nuklearmedizin* 2001; 41 (1): 22-29.
59. Meller J, Siefker U, Becker W. Nuklearmedizinische Diagnostik erregerbedingter Skeletterkrankungen. *Nuklearmediziner* 2002; 25: 122-132.
60. Mochizuki T, Tsukamoto E, Kuge Y, Kanegae K, Zhao S, Hikosaka K, et al. FDG uptake and glucose transporter subtype expressions in experimental tumor and inflammation models. *J Nucl Med*. 2001; 42: 1551-1555.
61. Osman S, Danpure HJ. The use of 2-Fluoro-2-deoxy-D-glucose as a potential in vitro agent for labelling human granulocytes for clinical studies by positron emission tomography. *Int J Radiat Appl Instrum [Part B]* 1992; 19: 183-190.
62. Pekala P, Marlow M, Heuvelman D, Connolly D. Regulation of hexose transport in aortic endothelial cells by vascular permeability factor and tumor necrosis factor- α , but not by insulin. *J Biol Chem* 1990; 265: 18051-18054.
63. Sahlmann CO, Siefker U, Lehmann K, Meller J. Dual Time Point 2-[18F]Fluoro-2'-Deoxyglucose (FDG)-PET in Chronic Bacterial Osteomyelitis (COM). *Nucl Med Commun* 2004 25: 819-823.
64. Schmitz A, Risse JH, Grunwald F, Gassel F, Biersack HJ, Schmitt O. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography findings in spondylodiscitis: preliminary results. *Eur Spine J* 2001; 10:534-9.
65. Schmitz A, Risse JH, Textor J, Zander D, Biersack HJ, Schmitt O et al. FDG PET findings of vertebral

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollten aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung übernehmen.

- compression fractures in osteoporosis: preliminary results. Osteoporos Int 2002; 13: 755-761.
66. Shepherd PR, Kahn BB. Glucose transporters and insulin action: Implications for insulin resistance and diabetes mellitus. N Engl J Med 1999; 341: 248-257.
 67. Stahl A, Weber WA, Avril N, Schwaiger M. Effect of N-butylscopolamine on intestinal uptake of fluorine-18-fluorodeoxyglucose in PET imaging of the abdomen. Nuklearmedizin 2000; 39, 241-245.
 68. Tan AS, Ahmed N, Berridge MV. Acute regulation of glucose transport after activation of human peripheral blood neutrophils by phorbol myristate acetate, fMLP, and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor. Blood 1998; 91: 649-655.
 69. von Schulthess GK, Stumpe KDM; Engel-Bicik I. Clinical PET imaging of inflammatory diseases. In: von Schulthess GK, editor. Clinical positron emission tomography (PET). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins: 2000; p229-248.
 70. Zhao S, Kuge Y, Tsukamoto E, Mochizuki T, Kato T, Hikosaka K et al. Fluorodeoxyglucose uptake and glucose transporter expression in experimental inflammatory lesions and malignant tumours: effects of insulin and glucose loading. Nucl Med Commun 2002; 23:545-550.
 71. Zhuang H, Sam JW, Chacko TK, Duarte PS, Hickeson M, Feng Q, Nakhoda KZ, Guan L, Reich P, Altamari SM, Alavi A. Rapid normalization of osseous FDG uptake following traumatic or surgical fractures. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2003; 30: 1096-1103.
 72. Zhuang HM, Cortes-Blanco A, Pourdehnad M, Adam LE, Yamamoto AJ, Martinez-Lazaro R, Lee JH, Loman JC, Rossman MD, Alavi A. Do high glucose levels have differential effect on FDG uptake in inflammatory and malignant disorders? Nucl Med Commun 2001; 22: 1123-1128.
 73. Zhuang HM, Cortes-Blanco A, Pourdehnad M, Adam LE, Yamamoto AJ, Martinez-Lazaro R et al. Do high glucose levels have differential effect on FDG uptake in inflammatory and malignant disorders? Nucl Med Commun 2001; 22: 1123-1138.

Verfahren zur Konsensbildung:

Autor: J. Müller, Abteilung für Nuklearmedizin der Universität Göttingen
Überarbeitet nach: W. Becker †, Abteilung Nuklearmedizin der Universität Göttingen

Erstellungsdatum:

??/2007

Letzte Überarbeitung:

Überprüfung geplant:

K.A.

Zurück zum [Index Leitlinien der Dt. Ges. f. Nuklearmedizin](#)

Zurück zur [Liste der Leitlinien](#)

Zurück zur [AWMF-Leitseite](#)

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - **insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung** übernehmen.

Stand der letzten Aktualisierung: ??/2007

© **Dt. Ges. f. Nuklearmedizin**

Elektronische Publikation im Auftrag der Dt. Ges. f. Nuklearmedizin: AWMF online

HTML-Code optimiert: 20.12.2007; 11:02:51

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollten aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit - insbesondere von Dosierungsangaben - keine Verantwortung übernehmen.