

SPECT-Untersuchungen mit dem ^{123}I -markierten Dopamintransporter Liganden FP-CIT (DaTSCAN)

I. Zielsetzung

Diese Leitlinie faßt die Ansichten der Arbeitsgemeinschaft Neuronuklearmedizin der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin zusammen. Zielsetzung dieser Leitlinie ist, den in der Nuklearmedizin Tätigen eine Hilfestellung bei der Indikationsstellung, Durchführung, Interpretation und Befundung von SPECT-Untersuchungen des Dopamintransporters (DAT) zu geben. Damit soll ein hoher Qualitätsstandard bei der Durchführung dieser Untersuchung erreicht werden, welcher die diagnostische Relevanz dieser Methode in der praktischen Anwendung erhöht.

Das vorliegende Dokument basiert auf den "European Association of Nuclear Medicine Procedure Guidelines for Brain Neurotransmission SPET Using ^{123}I -Labelled Dopamine Transporter Ligands" [1]. Die hier vorliegende Überarbeitung ist speziell auf die Gegebenheiten in Deutschland ausgerichtet.

II. Hintergrundinformation und Definition

Von post mortem Untersuchungen, Tierversuchen und klinischen Studien ist der Zusammenhang zwischen der dopaminergen Neurotransmission und Bewegungsstörungen (insbesondere Parkinson-Syndromen) bekannt. Mit PET und SPECT können unterschiedliche funktionelle Aspekte der dopaminergen Neurotransmission in vivo dargestellt werden. Obwohl in Deutschland die Anzahl der PET Geräte rasch zunimmt, wird die PET aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Radiopharmaka wie Fluordopa, Racloprid oder ähnlichen Liganden auch zukünftig mehr als Forschungsmethode als in der Routinediagnostik eingesetzt werden. Andererseits haben SPECT Untersuchungen des dopaminergen Systems bei klinischen und kliniknahen Anwendungen vergleichbare Ergebnisse zu PET Untersuchungen geliefert.

Derzeit stehen zwei Aspekte der dopaminergen Neurotransmission im Vordergrund von SPECT Untersuchungen: der präsynaptische Dopamintransporter (DAT) und der postsynaptische Dopamin-D₂-Rezeptorstatus [2-4]. Diese Leitlinie befasst sich mit der Beurteilung des präsynaptischen dopaminergen Systems.

In der vergangenen Dekade wurde aufgezeigt, dass verschiedene Kokain-Analoga mit hoher Affinität an den DAT binden. Dieser ist in der Zellmembran der präsynaptischen nigrostriatalen Nervenendigungen eingebettet. Der DAT ist zuständig für den Reuptake von Dopamin aus dem synaptischen Spalt. SPECT-Untersuchungen mit Dopamintransporter-Liganden bieten daher die einzigartige Möglichkeit in vivo die strukturelle und biochemische Integrität der präsynaptischen dopaminergen Axonterminale zu untersuchen.

Bislang sind verschiedene mit ^{123}I markierte Kokain-Analoga wie z.B. β -CIT, FP-CIT, PE 21, IPT für diesen Zweck vorgestellt worden [5]. Die Affinität und Selektivität dieser Radiotracer gegenüber dem DAT wie auch ihre pharmakokinetischen Eigenschaften variieren beträchtlich. Dies führt zu großen Unterschieden in den spezifischen striatalen Bindungswerten und dem geeigneten Zeitpunkt der Akquisition. Viele der bisher vorgestellten Radiotracer sind allerdings nicht allgemein erhältlich und können daher nicht in der Routinediagnostik eingesetzt werden. Ausgenommen ist FP-CIT (DaTSCAN), das in Europa zugelassen ist.

Diese Leitlinie beschränkt sich daher auf die Indikationsstellung, Durchführung, Auswertung und Befundung von SPECT-Untersuchungen des DAT mit dem kommerziell erhältlichen Radiopharmazeutikum [123I]FP-CIT (DaTSCAN).

III. Häufige Indikationen

Indikationen gemäß aktueller Literaturdaten

- A. Bestätigung bzw. Ausschluss eines neurodegenerativen Parkinson-Syndroms. Die DAT SPECT ist ein wertvolles Instrument zur Differenzierung zwischen neurodegenerativen Parkinson-Syndromen (M. Parkinson, Multisystematrophie (MSA), Progressive supranukleäre Blickparese (PSP), Corticobasale Degeneration (CBD)) einerseits und Erkrankungen ohne präsynaptisches dopaminerges Defizit wie symptomatischen Parkinsonsyndromen (z.B. medikamenten-induzierten, "vaskulären" oder psychogenen Parkinson-Syndromen), Tremorsyndromen [6] oder Dopa-responsiver Dystonie [7] andererseits [8].
- B. Differenzialdiagnostik der Lewy-Body-Demenz (LBD). Im Gegensatz zur Demenz vom Alzheimer-Typ findet sich bei der LBD eine Reduktion des striatalen Dopamintransporters [9, 10].
- C. Frühzeitige Diagnosestellung. SPECT mit DaTSCAN eignet sich bereits zur Beurteilung eines präsynaptischen Defizits im Frühstadium eines M. Parkinson [11].
- D. Beurteilung des Ausmaßes der Neurodegeneration. Die DAT-Bindung steht in Beziehung zum klinischen Stadium und dem Schweregrad des M. Parkinson [12, 13].
- E. Verlaufsbeobachtung. Bei Patienten mit einem idiopathischen und nicht-idiopathischen Parkinson-Syndrom kann der fortschreitende Verlust der spezifischen DAT Bindung im Verlauf verfolgt werden [14, 15].

Neben den hier genannten Indikationen erscheint die DAT-SPECT bei einigen weiteren Fragestellungen vielversprechend (z.B. Verlaufsbeobachtungen bei klinischen Prüfungen mit neuen Anti-Parkinson-Medikamenten, präklinische Diagnosestellung bei Populationen mit erhöhtem Risiko). Diese Indikationen werden derzeit näher evaluiert.

Kontraindikationen

- A. Schwangerschaft (bei stillenden Müttern Stillpause von 24h nach einer SPECT-Untersuchung)
- B. Offenkundige Unfähigkeit zur Kooperation

IV. Untersuchungsablauf

A. Patientenvorbereitung

- A.1. Bei der Terminvereinbarung
Vor der Untersuchung sollte jegliche Medikation mit bekanntem Einfluss auf die DAT Bindung (z. B. Methylphenidat, Modafinil, Selektive-Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, Norpseudoephedrin, Bupropion) abgesetzt werden. Eine Ausnahme bilden Untersuchungen, die gezielt die Auswirkung derartiger Medikamente auf die DAT Bindung bewerten.
- A.2. Vor Injektion
 - A.2.1. Beurteilung der Kooperationsfähigkeit des Patienten
 - A.2.2 Schilddrüsenblockade (z.B. 1000 mg Perchlorat mindestens 30 min. vor Injektion), um die Aufnahme von freiem Iodid in die Schilddrüse zu vermeiden.

B. Essentielle klinische Informationen vor Durchführung der DAT-SPECT Untersuchung

- Anamnese des Patienten mit speziellem Augenmerk auf neurologische und psychiatrische Erkrankungen, Erhebung eines aktuellen neurologischen und psychiatrischen Status.
- Die Fähigkeit des Patienten, für ca. 40 bis max. 60 min. ruhig zu liegen. Falls eine Sedierung notwendig wird, sollte diese frühestens eine Stunde vor Beginn der SPECT- Akquisition erfolgen.
- (Aktuelle) morphologische Bildgebung (CT, MRT).
- Aktuelle Medikation und Zeitpunkt der letzte Einnahme. Nach derzeitigem Wissensstand beeinflussen gängige Anti-Parkinson-Medikamente (z.B. L-Dopa und Dopaminagonisten in Standarddosierungen) die DAT-Bindung nicht wesentlich und müssen daher vor einer ersten

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.

(diagnostischen) DAT-SPECT Untersuchung nicht abgesetzt werden [16].
 Vorsicht könnte bei intraindividuellen Verlaufsuntersuchungen geboten sein, da geringgradige Veränderungen der DAT Bindung infolge einer medikamentösen Therapie derzeit noch nicht sicher ausgeschlossen werden können.

C. Vorsichtsmaßnahmen

Eine kontinuierliche Überwachung der Patienten ist während der gesamten Akquisitionszeit notwendig.

D. Radiopharmazeutikum

- D.1. Bezeichnung
 $[^{123}\text{I}]\text{N-}\omega\text{-fluoropropyl-2b-carbomethoxy-3b-(4-iodophenyl)nortropan}$
 Kurzform: $[^{123}\text{I}]\text{FP-CIT}$ (Handelsname: DaTSCANTM)
- D.2. Präparation des Radiopharmazeutikums
 Das Radiopharmazeutikum wird gebrauchsfertig angeliefert.
- D.3. Qualitätskontrolle
 Die Qualitätsüberprüfung erfolgt vom Hersteller vor Auslieferung des fertigen Produktes.
- D.4. Applikation des Radiopharmazeutikums
 Das Radiopharmazeutikum wird langsam i.v. über ca. 20 sec injiziert, anschließend wird mit physiologischer Kochsalzlösung nachgespült.
- D.5. Haltbarkeit
 Das Radiopharmazeutikum ist innerhalb des vom Hersteller vorgegebenen Zeitrahmens zu applizieren (im Allgemeinen am Tag der Auslieferung).
- D.6. Aktivität
 Erwachsene: 150 - 250 MBq (Standard: 185 MBq) des Radiopharmazeutikums
 Kinder: derzeit keine gesicherten klinischen Indikationen, falls indiziert, Dosierung entsprechend den Empfehlungen des Pediatric Committee der EANM.
- D.7. Strahlenexposition

	Organ mit der höchsten Strahlenexposition mGy/MBq	Effektive Dosis mSv/MBq
Erwachsene	0,27; Basalganglien 0,054; Harnblasenwand 0,042; Lunge, Dickdarm	0,024
Kinder	Keine gültigen Daten	Keine gültigen Daten

Daten aus der Literatur [17].

E. Datenakquisition

- E.1. Das Zeitintervall zwischen Applikation und Beginn der Datenakquisition liegt für $[^{123}\text{I}]\text{FP-CIT}$ bei 3 bis 6 h p.i.
 Es wird empfohlen, stets ein einmal festgelegtes Zeitintervall zwischen Injektion und Beginn der Datenakquisition zu verwenden, um eine inter- und intraindividuelle Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen zu erreichen.
- E.2. Vorbereitung der Datenakquisition
 - E.2.1. Lagerung des Patienten
 - Vor der Untersuchung sollte der Patient die Blase entleeren, um einem evtl. Harndrang während der Aufnahme vorzubeugen. Zur Minimierung der Strahlenexposition sollte die Blase auch nach der Akquisition regelmäßig entleert werden.
 - Der Patient sollte über die Gesamtdauer der Akquisition informiert und möglichst bequem gelagert werden. Da geringe Abweichungen des Kopfes von der Idealposition in der Nachbearbeitung problemlos korrigiert werden können, ist die bequeme Lagerung (welche die Wahrscheinlichkeit von Bewegungsartefakten

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.

während der Akquisition vermindert) wichtiger als eine (zwanghaft) perfekte Ausrichtung des Kopfes. Der Patient muss darüber aufgeklärt werden, absichtliche Kopfbewegungen möglichst zu vermeiden. Hierzu ist seine aktive Kooperation erforderlich. Bei unzureichender Kooperation ist eine Sedierung möglich. Der Kopf des Patienten sollte - wenn überhaupt - nur leicht fixiert werden. Eine starre Fixierung des Kopfes wird nicht empfohlen. Ggf. sind geeignete Lagerungshilfen zu verwenden.

- E.2.2. SPECT Kamera
 - Für die Akquisition sollten Mehrkopfkameras (Drei- oder Zweikopfkameras) oder evtl. dedizierte SPECT Kameras eingesetzt werden.
 - Einkopfkameras werden nicht allgemein empfohlen. Sie könnten nur dann eingesetzt werden, wenn die Akquisitionszeit entsprechend verlängert wird (Gesamtcounts >3 Mio. erwünscht), wenn Aktivitäten im oberen empfohlenen Bereich appliziert werden und wenn sorgfältig auf die Akquisition qualitativ hochwertiger Daten geachtet wird.
 - LEHR oder LEUHR Paralleloch-Kollimatoren sind die am weitesten verbreiteten Kollimatortypen für Hirnaufnahmen. All-purpose-Kollimatoren sind nicht ausreichend. Der Gebrauch von Mittelenergie-Kollimatoren kann zwar von Vorteil sein, üblicherweise verfügen diese jedoch nur über eine geringe Sensitivität. Daher sollten sie nur eingesetzt werden, wenn hiermit eine ausreichende Zählrate zu erreichen ist. Falls vorhanden, können auch spezifisch auf die Eigenschaften von ¹²³I ausgelegte Kollimatoren verwendet werden. Fanbeam-Kollimatoren sind im allgemeinen Paralleloch-Kollimatoren vorzuziehen, da sie eine höhere Auflösung bei höherer Zählrate bieten.
 - Akquisitionsparameter
 - Rotationsradius: Kleinstmöglicher Rotationsradius! (13-15 cm sind anzustreben), Schultern außerhalb des Gesichtsfeldes.
 - Matrix: 128 x 128
 - Winkelschritte: $\leq 3^\circ$ (360° Rotation)
 - Zoom: Die Pixelgröße sollte 1/3 - 1/2 der erwarteten Systemauflösung entsprechen. Es kann erforderlich sein, einen Zoom zu verwenden, um die erwünschte Pixelgröße zu erreichen (Ziel: $\leq 3,6$ mm).
 - Akquisitionsmodus: Überwiegend wird die Step-and-Shoot-Technik verwandt. Eine Datenakquisition mit kontinuierlicher Rotation ermöglicht eine etwas kürzere Gesamtakquisitionszeit bei geringerer Belastung der Kameramechanik.
 - Gesamtcounts: >3 Mio.
 - Gesamtscanzeit: in Abhängigkeit von der Kamera beträgt die typische Scanzeit für ein Dreikopfsystem ca. 40 min. (z.B. 120 Projektionen; 40 Projektionen pro Kopf, 50-60- Sekunden/ Projektion)
 - Eine Segmentierung der Akquisition in multiple sequentielle Abschnitte ermöglicht es, Daten schlechter Qualität (z.B. Daten mit Bewegungsartefakten in einzelnen Zeitabschnitten) zu verwerfen.

F. Bildverarbeitung

- F.1. Überprüfung der Projektionsdaten

Die Projektionsdaten sollten vor der weiteren Bearbeitung im Cine-Modus überprüft werden, um das Vorkommen und Ausmaß von Bewegungs- und anderer möglicher Artefakte (z. B. fehlender Projektionen) zu beurteilen. Ebenso hilfreich ist die Betrachtung der Projektionsdaten in Sinogramm-Form.
- F.2. Rekonstruktion
 - Methoden: Gefilterte Rückprojektion
Iterative Rekonstruktion
 - es sollte sichergestellt werden, dass das rekonstruierte Volumen das Hirn vollständig einschließt
 - die Rekonstruktion der Daten hat mit der höchstmöglichen (Pixel-) Auflösung zu erfolgen, d. h. mit 1 Pixel Dicke
- F.3. Filter
 - Die Daten sollten in allen 3 Dimensionen (x-, y-, z-Achse) gefiltert werden. Dies kann durch die Anwendung eines 2-dimensionalen Filters auf die Projektionsdaten erfolgen

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.

- oder durch die Anwendung eines 3-dimensionalen Filters auf die rekonstruierten Daten (Postfilter).
 - In der Regel sollte ein Low-Pass- (z.B. Butterworth) Filter verwandt werden. Andere Filtertypen (Resolution Recovery Filter oder nicht-stationäre Filter) müssen mit Vorsicht eingesetzt werden, da sie u. U. zu Artefakten führen.
- F.4. Schwächungskorrektur
 - Eine Schwächungskorrektur ist zwingend erforderlich.
 - Methoden
 - Errechnete homogene Korrektur-Matrix nach Chang (linearer Korrektur-Koeffizient für ^{123}I : $m = 0,10-0,12 \text{ cm}^{-1}$). Hierfür sollte die jeweilige Konturgrenze auch die Schädelkalotte und nicht nur die graue Substanz einschließen. Die Konturen sind für jeden einzelnen transaxialen Schnitt anzupassen. Die korrekte Form und Position der Konturen sind vor der Berechnung der schwächungskorrigierten Schnitte zu überprüfen.
 - Gemessene Korrektur auf Basis eines Transmissionsscans oder einer CT-Untersuchung (bei SPECT/CT- Kombinationsgeräten).
- F.5. Reangulation
 - Die schwächungskorrigierten Schnitte sind in mindestens 2 orthogonalen Ebenen zu reformattieren. Um eine möglichst hohe Standardisierung bzw. Reproduzierbarkeit zu erreichen müssen transversale Schnitte parallel zu einer definierten anatomischen Struktur (z. B. die AC-PC-Linie) ausgerichtet werden. Ferner sind coronale Schnitte orthogonal zu den transversalen Schnitten anzufertigen und Lageverkippen in dieser Ebene gewissenhaft zu korrigieren.
- F.6. Semiquantitative Auswertung
 - ROI Methoden werden angewandt um die spezifische DAT Bindung im Striatum und in den striatalen Teilregionen (Nucleus caudatus, Putamen) zu bestimmen. Referenzregionen mit fehlender oder niedriger DAT-Dichte (z.B. okzipitaler Kortex, Cerebellum) sind für die Bestimmung der unspezifischen Bindung zu verwenden.
 - Eine Standardisierung der ROIs in Bezug auf Größe (mindestens 2-fache FWHM) und Form (z. B. Gebrauch von Templates) ist erforderlich. Falls verfügbar, kann die Definition der ROIs auf der individuellen morphologischen Information (Bildfusion mit einem MRT) beruhen, dies ist vor allem wichtig, wenn eine niedrige spezifische Bindung erwartet wird (z.B. bei erheblichem Verlust oder Blockade der DAT).
 - Es werden spezifische Bindungs- Werte ($[\text{mittlere Zählratendichte der striatalen ROI} - \text{mittlere Zählratendichte der Hintergrund- ROI}] / \text{mittlere Zählratendichte der Hintergrund-ROI}]$) berechnet und mit denjenigen eines (vorzugsweise alterskorrigierten) Normkollektivs verglichen. Der Bezug auf Normwerte aus einer zentralen Datenbank wäre sinnvoll, um die Etablierung eigener Normkollektive in den einzelnen Zentren zu vermeiden. Falls sich anhand zur Zeit durchgeführter Phantom-Studien erweist, dass für gerätespezifische Unterschiede mit ausreichender Genauigkeit korrigiert werden kann, ist dieses Vorgehen anzustreben.
 - Grundsätzlich ist es empfehlenswert, die DAT Bindung mit betrachterunabhängigen Methoden zu bewerten, die auf einer stereotaktischen Normalisierung der Datensätze basieren. Dies ist insbesondere bei intraindividuellen Verlaufsuntersuchungen (z. B. Therapiemonitoring, Beurteilung des Progresses etc.) vorteilhaft, da sich auf diese Weise selbst diskrete Veränderungen noch zuverlässig nachweisen lassen.

G. Kriterien für die Befundung

- G.1. Visuelle Auswertung
 - Die visuelle Auswertung unterstützt die semiquantitative Beurteilung und vermittelt einen Eindruck, ob die DAT Bindung (wahrscheinlich) unauffällig oder reduziert ist, und - falls letzteres zutrifft - über die Größenordnung der Beeinträchtigung. Sie ermöglicht zudem die Beurteilung von Asymmetrien und der am stärksten betroffenen Strukturen (z. B. Teilregionen wie posteriores Putamen).
 - Die Aufnahmen sollten nicht auf Papier- oder Filmausdrucken, sondern an einem Monitor bewertet werden, da an diesem sowohl Änderungen der Farbskalen, des Kontrastes sowie Änderungen von Schwellwerten möglich sind.
 - Zum Vergleich sind Bilder gesunder Kontrollen heranzuziehen, die an derselben Kamera akquiriert und mit denselben Methoden bearbeitet wurden wie die Patientenuntersuchungen (Pixelgröße, Matrix, Rekonstruktion, Filter,

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 haftungs begründende 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.

- Schwächungskorrektur).
- Bei der visuellen Befundung müssen die Ergebnisse relevanter morphologischer Untersuchungen (CT, MRT) berücksichtigt werden. Besonderes Augenmerk gilt strukturellen Läsionen in den Basalganglien und Referenzregionen, die für die semiquantitative Auswertung herangezogen werden.

Pitfalls/ Fehlerquellen

- **Altersabhängigkeit**
Die bekannte Altersabhängigkeit der DAT Bindung sollte berücksichtigt werden, um eine Überinterpretation zu vermeiden.
- **Kontrast**
Die Anwendung ungeeigneter Schwellwerte kann zu Artefaktbildung führen. Insgesamt sollte von Änderungen des unteren Schwellwertes (0%) und des oberen Schwellwertes (100%) abgesehen werden.
- **Farbskala**
Der Einsatz nicht-kontinuierlicher Farbskalen kann aufgrund abrupter Farbsprünge zu einer Überbewertung von Befunden führen.
- **Technische Artefakte**
Die Aufnahmen sollten bei der Befundung kritisch auf Bewegungs-, Schwächungs- oder andere technische Artefakte aufgrund von Qualitätsproblemen der Gammakamera (z. B. Abweichen des Rotationszentrums, Inhomogenität) hin geprüft werden.
- **Medikation**
Mögliche Wechselwirkungen mit den vom Patienten eingenommenen Medikamenten sind zu berücksichtigen.
- **G.2. Quantifizierung**
 - Eine semiquantitative Auswertung ist für die objektive Bewertung der striatalen DAT Bindung zwingend erforderlich.
 - Üblicherweise werden transversale Schnitte für die Definition der ROIs herangezogen. Die Auswertung erfolgt entweder (nur) an den Schnitten mit der höchsten striatalen Bindung oder bezieht (bevorzugt) das gesamte striatale Volumen ein. Bei letztgenannter Vorgehensweise sind ROIs auf jedem Einzelschnitt in ihrer Größe anzupassen.
 - Die Quantifizierung erfolgt an anatomisch angepassten ROIs (bei stereotaktisch normalisierten Daten Verwendung eines Templates/ nach Koregistrierung mit einem individuellen MRT) oder pixelweise basiert (s. oben).
 - Die Beurteilung der quantitativen Ergebnisse basiert auf
 - dem Vergleich spezifischer DAT-Bindungs-Werte mit denen altersgemachter gesunder Kontrollen. Im allgemeinen wird die DAT Bindung für das gesamte Striatum, den Caudatuskopf und das Putamen berechnet. Zusätzlich ist die Berechnung des Putamen/Nucleus Caudatus-Quotienten hilfreich.
 - dem pixelweisen Vergleich einer Patienten-Untersuchung mit einem gesunden Kontrollkollektiv.

H. Befundbericht

- **H.1. Allgemeines**
Die Befunde sollten alle einschlägigen Informationen, einschließlich des Patientennamens und anderer Identifizierungsmerkmale wie Geburtsdatum, Name des überweisenden Arztes, Art und Datum der Untersuchung, Radiopharmazeutikum einschließlich der applizierten Aktivität, Anamnese sowie der rechtfertigenden Indikation enthalten.
- **H.2. Hauptabschnitt des Befundberichts**
 - **H.2.1. Methoden**
 - Kurze Beschreibung des Untersuchungsablaufs mit Beurteilung der Aufnahmequalität (falls eingeschränkt, Angabe von Gründen z. B. Bewegungsartefakte etc.)
 - Falls eine Sedierung durchgeführt wurde Art, Dosis und Zeitpunkt der verabreichten Medikation aufführen (ggf. in zeitlicher Relation zur Tracerinjektion).
 - **H.2.2. Pathologie**
Beschreibung des SPECT-Befundmusters insbesondere ob unauffällig oder auffällig. Falls ein auffälliger Befund vorliegt, ist die Lokalisation und das Ausmaß der pathologischen DAT Bindung zu beschreiben. Die Kriterien der Bewertung

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.

(visuelle Beurteilung, semiquantitative Methoden, Vergleich mit einem Kontrollkollektiv etc.) sollten dargelegt werden.

- H.2.3. Limitationen
Faktoren, die die Sensitivität und Spezifität der Untersuchung möglicherweise beeinträchtigt haben (z. B. Bewegungen, Begleitmedikation), sind aufzuzeigen.
- H.2.4. Klinische Fragestellungen
Der Befund hat auf die klinische Fragestellung (rechtfertigende Indikation) die in der Untersuchungsanforderung gestellt wurden, Bezug zu nehmen.
- H.2.5. Vergleichsdaten
In dem Befund ist auf Voruntersuchungen und auf die Ergebnisse anderer Untersuchungsmodalitäten Bezug zu nehmen (z. B. postsynaptischer D2-Rezeptor-Status, strukturelle Läsionen).
- H.3. Beurteilung
 - H.3.1. Soweit möglich sollte eine präzise Diagnose gestellt werden. Hier z. B. Nachweis oder Ausschluss eines neurodegenerativen Parkinsonsyndroms. Diese Diagnose basiert auf allgemein akzeptierten krankheitsspezifischen Mustern (DAT Bindung normal oder pathologisch herabgesetzt). Jegliche (subjektive) Interpretation, die nicht auf solchen Kriterien beruht, muss explizit angegeben und als hypothetisch gekennzeichnet werden.
 - H.3.2 Die Beurteilung sollte auf den Ergebnissen der visuellen und - entscheidender - der quantitativen Auswertung beruhen und als Schlussfolgerung enthalten:
 - ob ein präsynaptisches dopaminerges Defizit und damit eine neurodegenerative Erkrankung des nigrostriatalen Systems durch diese Untersuchung bestätigt oder ausgeschlossen wurde.
 - wenn eine Störung vorliegt, welches Ausmaß und welche Ausprägung (z. B. Asymmetrie, vorwiegend betroffene Strukturen) diese Störung hat.
 - H.3.3. Falls angebracht sollten Verlaufs- oder weiterführende Untersuchungen empfohlen werden, um die Verdachtsdiagnose weiter zu erhärten: z. B. Durchführung einer Dopamin-D2-Rezeptor-SPECT-Untersuchung zur Differenzialdiagnostik zwischen einem idiopathischen und nicht-idiopathischen Parkinsonsyndrom, FDG-PET zur weiteren Differenzierung nicht-idiopathischer Parkinsonsyndrome.

I. Fehlerquellen

Artefakte (Patientenbewegungen, kamerabezogen, aufgrund ungeeigneter Bildverarbeitung)
Interferenz mit möglicherweise den Dopamintransporter beeinträchtigenden Medikamenten

V. Offene Fragen

Schwächungskorrektur mittels gemessener Transmission - mit zunehmender Verbreitung kombinierter SPECT/CT- Geräte gewinnt dieser Aspekt neu an Bedeutung.

Literatur:

1. Tatsch K, Asenbaum S, Bartenstein P, Catafau A, Halldin C, Pilowsky L S, Pupi A. European Association of Nuclear Medicine Procedure Guidelines for Brain Neurotransmission SPET Using 123I-Labelled Dopamine Transporter Ligands. Eur J Nucl Med 2002; 29: BP30-BP35
2. Verhoeff NPLG. Radiotracer imaging of dopaminergic transmission in neuropsychiatric disorders. Psychopharmacology 1999; 147: 217-249
3. Booij J, Tissingh G, Winogrodzka A, van Royen EA. Imaging of the dopaminergic neurotransmission system using single-photon emission tomography and positron emission tomography in patients with parkinsonism. Eur J Nucl Med 1999; 26: 171-82
4. Tatsch K. Imaging of the dopaminergic system in parkinsonism with SPET. Nucl Med Commun 2001; 22: 819-827
5. Halldin C, Gulyas B, Langer O, Farde L. Brain radioligands - State of the art and new trends. Q J Nucl Med 2001; 45: 139-52
6. Benamer TS, Patterson J, Grosset DG et al. Accurate differentiation of parkinsonism and essential tremor using visual assessment of [123I]-FP-CIT SPECT imaging: the [123I]-FP-CIT study group. Mov Disord 2000; 15: 503-10
7. Jeon BS, Jeong JM, Park SS et al. Dopamine transporter density measured by [123I]beta-CIT single-photon emission computed tomography is normal in dopa-responsive dystonia. Ann Neurol 1998; 43: 792-800
8. Booij J, Speelman JD, Horstink MWIM, Wolters EC. The clinical benefit of imaging striatal dopamine

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.

- transporters with [123I]-FP-CIT SPET in differentiating patients with presynaptic parkinsonism from those with other forms of parkinsonism. Eur J Nucl Med 2001; 28: 266-272
9. Walker Z, Costa DC, Walker RW, Shaw K, Gacinovic S, Stevens T, Livingston G, Ince P, McKeith IG, Katona CL. Differentiation of dementia with Lewy bodies from Alzheimer's disease using a dopaminergic presynaptic ligand. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2002; 73: 134-40
 10. Colloby SJ, Williams ED, Burn DJ, Lloyd JJ, McKeith IG, O'Brien JT. Progression of dopaminergic degeneration in dementia with Lewy bodies and Parkinson's disease with and without dementia assessed using 123I-FP-CIT SPECT. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005; 32: 1176-85.
 11. Booij J, Tissingh G, Boer GJ et al. [123I]FP-CIT SPECT shows a pronounced decline of striatal dopamine transporter labelling in early and advanced Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1997; 62: 133-40
 12. Rinne JO, Kuikka JT, Bergström KA et al. Striatal dopamine transporter in different disability stages of Parkinson's disease. Parkinsonism & Related Disorders 1995; 1: 47-51
 13. Asenbaum S, Brücke T, Pirker W et al. Imaging of dopamine transporters with iodine-123-beta-CIT and SPECT in Parkinson's disease. J Nucl Med 1997; 38: 1-6
 14. Staffen W, Mair A, Unterrainer J, Trinka E, Ladurner G. Measuring the progression of idiopathic Parkinson's disease with [123I]β-CIT SPECT. J Neural Transm 2000; 107: 543-52
 15. Pirker W, Djamshidian S, Asenbaum S, Gerschlager W, Tribl G, Hoffmann M, Brucke T. Progression of dopaminergic degeneration in Parkinson's disease and atypical parkinsonism: a longitudinal beta-CIT SPECT study. Mov Disord. 2002; 17: 45-53.
 16. Ahlskog JE, Uitti RJ, O'Connor MK et al. The effect of dopamine agonist therapy on dopamine transporter imaging in Parkinson's disease. Mov Disord 1999; 14: 940-6
 17. Booij J, Sokole EB, Stabin MG, Janssen AGM, de Bruin K, van Royen EA. Human biodistribution and dosimetry of [123I]FP-CIT: a potent radioligand for imaging of dopamine transporters. Eur J Nucl Med 1998; 25: 24-30
-

Verfahren zur Konsensbildung:

Vorbehaltserklärung

Die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin gibt Leitlinien heraus, um die Anwendung kostengünstiger Untersuchungsverfahren und Behandlungsmethoden in der Nuklearmedizin zu fördern. Diese Art von Empfehlungen gilt nicht für alle Gegebenheiten in der Praxis. Die Leitlinien sollen nicht den Anspruch erheben, als ob sie alle in Frage kommenden Verfahren enthielten oder, als ob sie Methoden, die zum gleichen Ergebnis führen, ausschließen würden. Das Leistungsspektrum für Patienten in einer speziellen Praxis kann ganz anders aussehen als für Patienten, die in einem mehr allgemein medizinischen Rahmen untersucht werden. Ob ein Untersuchungsverfahren angemessen ist, hängt zum Teil von der Prävalenz der Erkrankung in der Patientenpopulation ab. Außerdem können sich die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten bei verschiedenen medizinischen Einrichtungen sehr unterscheiden. Aus diesen Gründen dürfen Leitlinien nicht starr angewendet werden.

Fortschritte in der Medizin vollziehen sich schnell. Deshalb muss bei der Benutzung einer Leitlinie auf ihr Entstehungsdatum geachtet werden.

Danksagung:

Frau Mona Mustafa, Assistentin an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München, wird umfassender Dank für die redaktionelle Bearbeitung des Manuskriptes ausgesprochen.

Autoren: K. Tatsch, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München; P. Bartenstein, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München; P. Brust, Institut für interdisziplinäre Isotopenforschung, Leipzig; H. H. Coenen, Institut für Neurowissenschaften und Biophysik, Abteilung für Nuklearchemie, Forschungszentrum Jülich; F. Grünwald, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universität Frankfurt; T. Kuwert, Nuklearmedizinische Klinik, Universitätsklinikum Erlangen; B. J. Krause, Nuklearmedizinische Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar; B.J. Krause, Nuklearmedizinische Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar; O. Sabri, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universität Leipzig

Erstellungsdatum:

??/2007

Letzte Überarbeitung:

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.

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; 11:06:30

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.