

4 Diskussion

Allgemeines

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit zwei radiologischen Methoden zur Untersuchung der menschlichen Zirbeldrüse. Sie basieren auf der Computertomographie bzw. Magnetresonanztomographie. Ihre Hauptaufgabe besteht vor allem darin, zwischen dem verkalkten und dem nicht-verkalkten Anteil der Gl. pinealis zu unterscheiden.

Reproduzierbarkeit der CT-Messung

Abhängigkeit der Reproduzierbarkeit von der Schichtdicke

Die computertomographische Methode wurde von Kunz et al. entwickelt. Bei früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß der unverkalkte Drüsenanteil (UCPT), der mit Hilfe dieser Methode bestimmt wird, als Marker für den funktionellen Zustand der Drüse dienen kann. In dieser Arbeit wird der Einfluß der benutzten Schichtdicke auf die Reproduzierbarkeit der UCPT-Messung und der vorausgehenden Volumenmessung untersucht. Es konnte gezeigt werden, daß die Schichtdicke einen entscheidenden Einfluß auf die Reproduzierbarkeit der CT_Messung ausübt. Die Volumenmessung, die die Grundlage für die UCPT-Bestimmung bildet, ist am besten reproduzierbar, wenn 1mm-Schichten benutzt werden. Die 4mm- und 8mm-Volumenmessung haben eine signifikant schlechtere Reproduzierbarkeit verglichen mit der 1 mm-Methode. Die 2mm-Messung ist signifikant besser reproduzierbar als die 8mm-Messung. Allerdings unterscheidet sie sich hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit nicht von der 1mm- und der 4mm-Volumenmessung. Ebenfalls kein signifikanter Unterschied besteht zwischen der 4mm- und der 8mm-Volumenmessung. Insgesamt zeigt dieses Ergebnis, daß die Nutzung dünner Schichten bei der computertomographischen Volumenbestimmung vorteilhaft ist und zu einer verbesserten Reproduzierbarkeit führt.

Aber auch die Reproduzierbarkeit der UCPT-Messung kann durch den Einsatz dünner Schichten verbessert werden. Die 1 mm-UCPT-Messung zeigt eindeutig die beste Reproduzierbarkeit. Es konnte gezeigt werden, daß sich die 1mm-UCPT-Messung hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit signifikant von der 4mm- und 8mm-Messung unterscheidet. Zwischen der 1mm- und der 2mm-Messung besteht hingegen kein signifikanter Unterschied. Es konnte auch kein signifikanter Unterschied zwischen der 2mm- und der 4mm-UCPT-Messung gefunden werden. Ebenso unterscheidet sich die 4mm-Methode nicht signifikant von der 8mm-Methode. Dagegen hat die 2mm-Methode eine signifikant bessere Reproduzierbarkeit als die 8mm-Methode. Zusammengefaßt kann man sagen, daß die Reproduzierbarkeit der UCPT-Messung von der Wahl der Schichtdicke in der gleichen Weise beeinflusst wird wie die Reproduzierbarkeit der Volumenmessung.

Auch hier zeigen Methoden, die dünne Schichten benutzen, eine bessere Reproduzierbarkeit.

Diese Übereinstimmung ist nicht zufällig. Die UCPT wird berechnet, indem man das Drüsenvolumen mit einem Faktor multipliziert, der je nach Verkalkungsgrad der Zirbeldrüse Werte zwischen 0/7 und 7/7 annehmen kann (siehe Methodenteil). Somit handelt es sich bei der UCPT um eine abgeleitete Größe. Deswegen ist die Reproduzierbarkeit der UCPT-Messung von der Reproduzierbarkeit der zugrundeliegenden Volumenmessung abhängig. Die bei der Untersuchung der Volumenmessung gefundenen Unterschiede wiederholen sich bei der UCPT-Bestimmung.

In dem hier benutzten Modell ist UCPT die entscheidende Größe. Die Volumenmessung alleine hat wenig Aussagekraft. Sie ist dennoch wichtig, da sie die Basis für die UCPT-Messung bildet.

Die hier zusammengefaßten Ergebnisse zeigen, daß die 4mm-CT-Messung nicht zur Bestimmung der Drüsenverkalkung benutzt werden sollte. Die 1mm-Messung ist hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit sowohl der 4mm-Messung als auch der 8mm-Methode überlegen. Deswegen sollten diese Meßmethoden zugunsten der 1mm-Messung aufgegeben werden. Die Beurteilung der 2mm-Messung ist schwieriger. Diese Methode nimmt eine Mittelstellung ein, da sie sich weder von der 1mm-Methode noch von der 4mm-Methode signifikant unterscheidet. Die 1mm-Methode sollte bevorzugt werden, da sie gegenüber der 4mm-Messung Vorteile bietet. Die bessere Reproduzierbarkeit ist ein sehr wichtiger Vorteil der 1mm-Methode. Die Bedeutung der Reproduzierbarkeit darf nicht unterschätzt werden, da sie die Aussagekraft der jeweiligen Methode mitbestimmt. Meßmethoden, deren Reproduzierbarkeit schlecht ist, sind weder für die Wissenschaft noch für die Klinik brauchbar. In solchen Fällen ist es nämlich unmöglich zu sagen, ob die mit Hilfe dieser Messung festgestellten Veränderungen tatsächlich ein physiologisches Korrelat haben oder nur die Folge systematischer Fehler sind. Wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit der Reproduzierbarkeit von Meßmethoden beschäftigen, sind in der Medizin insgesamt sehr selten. Wichtige Ursachen dafür sind die komplizierte statistische Auswertung und die Uneinigkeit über ein geeignetes Maß für die Reproduzierbarkeit. Infolge der Entwicklung neuer mathematischer Methoden in den letzten Jahren ist diese Aufgabe allerdings erheblich erleichtert worden. Bei der Wahl zwischen verschiedenen Meßmethoden ist die Reproduzierbarkeit ein grundlegendes Entscheidungskriterium. Eine Meßmethode, deren Reproduzierbarkeit schlecht ist, kann bei der Messung der gleichen Größe ganz unterschiedliche Meßwerte ergeben. Damit sind Fehler verbunden, die zu falschen therapeutischen Entscheidungen und damit zu erheblichen Konsequenzen für den Patienten führen können. Deswegen sollten Meßmethoden bevorzugt werden, deren Reproduzierbarkeit besser ist.

Die in unserer Untersuchung gemachte Feststellung, daß die Schichtdicke die Reproduzierbarkeit der Meßmethode beeinflusst, ist keineswegs überraschend. Vor allem die geringe Größe der Zirbeldrüsen und der Partialvolumeneffekt tragen zur Überlegenheit der 1 mm-Messung bei. Bei den untersuchten Zirbeldrüsen handelt es sich um kleine Objekte mit einer Länge von ca. 6-8 mm. Schon geringe Verschiebungen der Schnittebene können zu erheblichen Veränderungen der ROI-Flächen führen. Wenn dickere Schichten benutzt werden und so nur wenige Schnittbilder entstehen, ergeben sich bei Erstmessung und Wiederholungsmessung große Volumenunterschiede. Entsprechend verschlechtert sich auch die Reproduzierbarkeit der UCPT. Die genaue Volumenbestimmung ist der Schlüssel für die bessere Reproduzierbarkeit bei geringer Schichtdicke.

Ein weiterer Pluspunkt der 1mm-Messung ist der relativ schwache Partialvolumeneffekt. Bei der bisher angewandten 4mm-Methode ist dieser Effekt viel bedeutender. In diesem Falle wird die untersuchte Drüse in zwei oder drei Schichten abgebildet. Der Partialvolumeneffekt betrifft die Schichten, die das obere und untere Ende des Organs abbilden. Die Drüse ragt nur teilweise in diese Schichten hinein. Der Computer muß diese dreidimensionalen Schichten in zweidimensionale Bilder umwandeln. Dazu berechnet er für alle Voxel, in die die Zirbeldrüse hineinragt, einen mittleren Helligkeitswert. Dieser Helligkeitswert wird von der Strahlendichte der Drüse und der Strahlendichte des Wassers beeinflusst. Da Wasser nach der Hounsfield-Skala einen Dichtewert von Null hat, wird für den entsprechenden Drüsenteil ein zu niedriger Helligkeitswert berechnet. Der Partialvolumeneffekt kommt natürlich bei allen hier benutzten Schichtdicken vor. Bei größeren Schichtdicken haben wir insgesamt weniger Schichten, so daß er insgesamt stärker ist. Einerseits kommt es so oft dazu, daß der DOC der Drüse zu niedrig eingeschätzt wird. Außerdem sind bei Erstmessung und Wiederholungsmessung unterschiedlich große Teile der Drüse vom Partialvolumeneffekt betroffen. Darunter leidet dann die Reproduzierbarkeit der UCPT-Messung. Wenn wir dagegen 1mm-Schichten benutzen, wird die Drüse in sieben oder acht Schichten abgebildet. Der Partialvolumeneffekt ist viel schwächer, weil er v. a. die oberste und unterste Schicht betrifft.

Die Reproduzierbarkeit der hier benutzten Methode hängt auch von der Ortsauflösung ab. Die Ortsauflösung wird durch den kleinsten Abstand zweier getrennt darstellbarer Punkte charakterisiert. Wenn die Auflösung gut ist, können die Grenzen und somit auch die Größe der Zirbeldrüse sehr genau bestimmt werden. Das wiederum trägt zur besseren Reproduzierbarkeit bei. Die Auflösung ist von der Schichtdicke abhängig, da bei abnehmender Schichtdicke und gleichbleibender Strahlendosis das Bildrauschen zunimmt. Bei dünnen Schichten kann insgesamt eine sehr hohe Auflösung erreicht werden, aber dieser Vorteil wird durch höhere Strahlendosen erreicht.

Nachteile der 1mm-CT-Messung

Die 1mm-Methode hat zwei große Nachteile: den größeren Rechenaufwand und die erhöhte Strahlenbelastung des Patienten. Bei der 4mm-CT-Untersuchung müssen aufgrund der geringen Ausmaße der Zirbeldrüsen etwa zwei bis drei Bilder ausgewertet werden. Wenn wir aber 1mm-Schichten benutzen, müssen oft sieben, acht oder mehr Bilder ausgewertet werden, wodurch die Arbeit entsprechend verlangsamt wird. Durch die Anwendung standardisierter Excel-Tabellen kann der Rechenaufwand erheblich reduziert werden. Bei größeren Patientenzahlen ist dieser Schritt unumgänglich.

Die Beurteilung der Strahlenbelastung in der Computertomographie ist problematisch, vor allem weil das Ausmaß der Streustrahlung nicht exakt berechnet werden kann. Die Verwendung dünner Schichten ist aber nachweislich mit einer erhöhten Strahlenbelastung verbunden.

Antropomorphes Phantom

Die hier benutzte computertomographische Methode zur Bestimmung der Zirbeldrüsenverkalkung ist primär für den Einsatz am lebenden Patienten gedacht. Sie soll Rückschlüsse auf die Funktionstüchtigkeit der Zirbeldrüse erlauben und als diagnostische Entscheidungshilfe bei einer Melatoninsubstitution dienen. In dieser Arbeit wurden jedoch keine Patienten, sondern postmortal entnommene, konservierte Zirbeldrüsen untersucht. Dieses Vorgehen erklärt sich aus der Fragestellung. Um die Methode für den klinischen Einsatz zu optimieren, wurde die Reproduzierbarkeit in Abhängigkeit von der Schichtdicke bestimmt. Die Bestimmung der Reproduzierbarkeit macht Doppelmessungen erforderlich. Computertomographische Doppelmessungen am Patienten sind jedoch ethisch nicht zu rechtfertigen, da sie mit einer erhöhten Strahlenbelastung verbunden sind, gleichzeitig aber keine diagnostischen Vorteile bringen.

Postmortal entnommene Zirbeldrüsen sind in diesem Falle eine angemessene Lösung. Wenn die Drüsen nach ihrer Entnahme in Formalin konserviert werden, bleiben sie lange Zeit gut erhalten und ihre radiologischen Charakteristika ändern sich auch nicht. Es darf aber nicht vergessen werden, daß die Zirbeldrüse normalerweise keine isolierte Struktur ist, sondern umgeben von Liquor und Hirngewebe im Innern des Schädels liegt. Der menschliche Kopf ist relativ gut beweglich, da die Gelenke, die den Schädel mit der Wirbelsäule verbinden, mehrere Freiheitsgrade haben. Bei computertomographischen Verlaufskontrollen ist diese Beweglichkeit eher hinderlich, da die Positionierung des Patientenkopfes bei zwei verschiedenen Messungen nie identisch sein kann. Dieser Effekt beeinflusst die Reproduzierbarkeit und muß auch bei der postmortalen Untersuchung unbedingt berücksichtigt werden.

Obwohl das Untersuchungsobjekt in beiden Fällen das gleiche ist, haben die Untersuchungen unterschiedliche Ziele. Bei der CT-Untersuchung ging es vor allem um die Reproduzierbarkeit dieser Meßmethode. Bisher war es unklar, in welcher Weise die benutzte Schichtdicke die Reproduzierbarkeit der CT-Volumenmessung und die Reproduzierbarkeit der daraus abgeleiteten UCPT-Messung beeinflusst. Die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie sind zwei bildgebende Verfahren, die die Radiologie und insbesondere die Neuroradiologie revolutioniert

haben. Sie ermöglichen die detaillierte schichtweise Darstellung verschiedener Körperteile, u. a. auch der intrakraniell gelegenen Strukturen. Jedes dieser Verfahren hat gewisse Vor- und Nachteile, die ihren Anwendungsbereich bestimmen. Die Zirbeldrüse, die auch intrakraniell gelegen ist, kann mit Hilfe von CT oder MRT untersucht werden. Heutzutage werden diese Schnittbildverfahren routinemäßig bei der Suche nach Tumoren der Gl.pinealis eingesetzt. Tumoren dieser Region sind aber relativ selten. Viel häufiger findet man hier die als Corpora arenacea bezeichneten Verkalkungen.

Im Gegensatz zur CT ist die Magnetresonanztomographie bisher nicht zur Beurteilung der Zirbeldrüsenverkalkung eingesetzt worden. Aus diesem Grunde wurde hier überprüft, ob die MRT überhaupt dazu geeignet ist. Zur Klärung dieser Frage wurden die Ergebnisse der MR-Untersuchung mit der CT-Messung verglichen.

Untersuchungen der Zirbeldrüsenkonkremente machen nur Sinn, wenn das entsprechende bildgebende Verfahren die Differenzierung zwischen verkalkten und unverkalkten Drüsenanteilen ermöglicht. Das Vorhandensein von Konkrementen allein erlaubt keine Aussagen über den funktionellen Zustand der Drüse. Die entscheidende Frage ist nicht, ob es in einer Zirbeldrüse Corpora arenacea gibt, sondern welchen Anteil der Drüse sie einnehmen. Störungen der Zirbeldrüsenfunktion können physiologische Konsequenzen haben und eventuell eine Melatoninsubstitution erforderlich machen.

Physiologische Bedeutung der Zirbeldrüsenverkalkung

Die Zirbeldrüsenverkalkung ist vor allem wegen ihres Einflusses auf die Melatoninproduktion interessant. Seitdem Melatonin kommerziell erhältlich ist und therapeutisch eingesetzt werden kann, ist dieses Interesse um so besser begründet.

Das Hormon Melatonin, das von der Zirbeldrüse produziert wird, beeinflusst den Schlaf-wach-Rhythmus. Bisher durchgeführte klinische Studien, die die Wirksamkeit des Melatonins untersucht haben, zeigten vielversprechende Ergebnisse. Zahlreiche Untersuchungen haben nachgewiesen, daß eine Melatoninsubstitution erfolgreich eingesetzt werden kann [30, 67-72]. Haimov et al.[68] z. B. untersuchten ältere Patienten mit Insomnie und konnten nachweisen, daß die Melatoninsubstitution das Einschlafen beschleunigt und die Schlafdauer verlängert.

Es stellt sich die Frage, welche Patientengruppen ein Melatonindefizit aufweisen und somit für eine Substitutionstherapie besonders geeignet sind. Solche Gruppen sind nicht leicht auszumachen, da die Melatoninkonzentration im Blut eine große interindividuelle Variabilität aufweist. Bei einer Untersuchung an gesunden Probanden konnten Bergiannaki et al. [73] zeigen, daß es in der gesunden Bevölkerung sowohl Personen mit hoher als auch solche mit niedriger Melatoninkonzentration im Blut gibt. Aus einer niedrigen Melatoninkonzentration im Blut kann also nur bedingt auf ein Melatonindefizit geschlossen werden. Es gibt offensichtlich Menschen, deren Blut-Melatonin-Konzentration niedrig ist, ohne daß sie Anzeichen einer funktionellen Störung zeigen. Die genetische Veranlagung ist aber bestimmt nicht der einzig mögliche Grund für niedrige Melatoninspiegel.

Melatonin wird in den Pinealozyten produziert, im funktionsfähigen Zirbeldrüsendgewebe. Der Entstehungsmechanismus der Konkremeente wird noch

diskutiert, aber mehrere Untersuchungen sprechen dafür, daß die Verkalkung ein Zeichen für den Untergang funktionsfähiger Pinealozyten ist. Somit könnte die Zirbeldrüsenverkalkung ein Marker für ein relatives Melatonindefizit sein.

Frühe Untersuchungen sprechen gegen diese Vermutung. Bojkowski et al. [74] haben Patienten untersucht und konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Zirbeldrüsenverkalkung und Melatoninkonzentration finden. Die oben genannten Arbeitsgruppen haben aber konventionelle Radiographien für die Beurteilung der Zirbeldrüsenverkalkung benutzt. Dieses Vorgehen ist fraglich, da die konventionelle Radiographie zwar das Vorhandensein von Konkrementen sicher nachweisen kann, aber wenig über das funktionsfähige Zirbeldrüsenengewebe aussagt.

Radiologische Beurteilung der Zirbeldrüsenverkalkung

Vergleich zwischen CT und konventioneller Radiographie

Wir verdanken der Histologie und der Computertomographie einen Großteil unseres Wissens über die Zirbeldrüsenverkalkung. Mit Hilfe dieser Verfahren konnte die mikroskopische Struktur der Konkremeute aufgeklärt werden. Außerdem versetzen sie den Forscher in der Lage, selbst kleinste Verkalkungen zu lokalisieren und den nichtverkalkten Anteil der Drüse sehr genau abzuschätzen. Allerdings sind diese Methoden vor allem für die Grundlagenforschung nützlich. Sie sind nur post-mortem anwendbar. Die Verkalkung der Zirbeldrüse beim Lebenden kann nur mit Hilfe der Radiologie beurteilt werden.

Alle bisher durchgeführten Untersuchungen der Zirbeldrüsenverkalkung basieren auf Verfahren, die ionisierende Strahlen benutzen. Das liegt nicht zuletzt an der physikalischen Beschaffenheit der Konkremeute, die aufgrund ihres hohen Calciumgehaltes Röntgenstrahlen sehr gut absorbieren. Lange Zeit gab es keine Alternative zu den konventionellen Röntgenaufnahmen des Schädels. Deswegen wurden alle frühen Untersuchungen der Zirbeldrüsenverkalkung mit Hilfe dieses Verfahrens durchgeführt. Die konventionelle Radiographie ist gut zur Darstellung von Strukturen geeignet, deren Absorptionsverhalten sich stark von dem des umgebenden Gewebes unterscheidet. Deswegen können auch kleine Zirbeldrüsenverkalkungen gut lokalisiert werden. Die Erkennbarkeit der Zirbeldrüsenverkalkung auf konventionellen Röntgenaufnahmen wurde bereits sehr früh bemerkt. In frühen neuroradiologischen Arbeiten werden die Konkremeute jedoch nur beiläufig erwähnt, da ihnen damals keine besondere Bedeutung beigemessen wurde. Aufgrund der medianen Lokalisation der Gl.pinealis wurden die Konkremeute als nützlicher Orientierungspunkt bei der Auswertung von Schädelaufnahmen akzeptiert. Diese Funktion erfüllen sie auch heute noch. Nachdem die Zirbeldrüse als wichtigster Produktionsort des Melatonins identifiziert worden war, nahm das Interesse der Forscher für dieses Organ stark zu. So wurden dann auch radiologische Untersuchungen über die Inzidenz der Verkalkungen in verschiedenen Altersgruppen durchgeführt. 1977 konnten Becker et al. zeigen, daß die Computertomographie besser zur Beurteilung intrakranieller Verkalkungen geeignet ist als konventionelle Röntgenaufnahmen [75]. Spätere Untersuchungen haben diese Aussage bestätigt. Kohli et al. haben die Computertomographie benutzt,

um die Inzidenz der Zirbeldrüsenverkalkung in verschiedenen Altersgruppen zu bestimmen [58]. Die vorliegende Arbeit baut aber auf dem Konzept des relativen Melatonindefizits auf, die von Kunz et al. stammt.

Kunz et al. haben eine Methode zur Bestimmung der Zirbeldrüsenverkalkung entwickelt, die auf der Computertomographie basiert. Sie ist im Methodenteil der vorliegenden Arbeit ausführlich beschrieben. Die entscheidende Größe ist UCPT. Die Methode kann als semiquantitativ bezeichnet werden, da diese Größen sowohl vom Drüsenvolumen und den gemessenen Dichtewerten als auch vom subjektiven Urteil des Untersuchers (DOC=degree of calcification) abhängig ist. UCPT liefert die wichtigsten Informationen über den funktionellen Zustand der Drüse. Es handelt sich um ein Maß für das funktionsfähige Zirbeldrüsenparenchym. Kunz et al. konnten nachweisen, daß es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen UCPT und der Ausscheidung von 6-Sulfatoxymelatonin im Urin gibt. Das deutet darauf hin, daß UCPT als Marker für einen relativen Melatonindefizit dienen kann.

Allerdings darf die Reproduzierbarkeit auf keinen Fall das einzige Kriterium sein, das bei der Beurteilung von Meßmethoden eine Rolle spielt. Nicht weniger wichtig ist auch die Genauigkeit, d. h. die Fähigkeit der Methode, den tatsächlichen Wert der untersuchten Größe zu bestimmen. Die Beurteilung der Genauigkeit ist nur durch den Vergleich mit einer Referenzmethode, einem sog. Goldstandard, möglich. Diese Übereinstimmung kann übrigens auch mit Hilfe der graphischen Methode nach Bland ermittelt werden. Wenn die Differenzen zwischen den beiden Methoden aus klinischer Sicht keine Bedeutung haben, ist die Genauigkeit der beiden Methoden vergleichbar. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit einer Methode dürfen nicht miteinander verwechselt werden.

In der Radiologie ist auch die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Untersuchern (inter-rater-reliability) von großer Bedeutung. Methoden, deren inter-rater-reliability zu wünschen übrig läßt, sind immer eine schlechte Lösung. Die abschließende Beurteilung einer Methode sollte alle drei Faktoren berücksichtigen und v. a. nach klinischen Gesichtspunkten erfolgen. Die Meßmethode, die für eine Fragestellung am besten geeignet ist, sollte eine Kombination aus Genauigkeit und Reproduzierbarkeit bieten, die die Anforderungen des klinischen Alltags berücksichtigt.

Stellenwert der Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie wird heute in der Klinik immer häufiger eingesetzt und ist v. a. aus der Neuroradiologie nicht mehr wegzudenken. Wichtige Vorteile dieses Schnittbildverfahrens sind das gute Auflösungsvermögen und die Möglichkeit, die Schnittebene frei zu bestimmen. Außerdem benutzt die MRT keine ionisierende Strahlen, sondern elektromagnetische Wellen, die keine nachgewiesenen schädlichen Nebenwirkungen haben. Wie fast alle intrakraniellen Strukturen kann auch die Gl. pinealis mit Hilfe der MRT gut dargestellt werden. In den letzten Jahren hat sich neben der CT zunehmend auch die Magnetresonanztomographie bei der Untersuchung der Pinealisregion etabliert. Dabei handelt es sich jedoch fast ausschließlich um bildgebende Diagnostik von Pinealustumoren [36, 76, 77]. Die Ergebnisse dieser Studien sind aber teilweise auch auf Zirbeldrüsen ohne

neoplastische Veränderungen übertragbar. So konnten z. B. Zee et al. [78] bei einer Untersuchung an 28 Pinealistumoren verschiedener Histologie zeigen, daß die MRT Verkalkungen schlechter darstellen kann als die Computertomographie. Selbst große Verkalkungen waren auf MR-Aufnahmen oft nicht vom umgebenden Drüsengewebe abzugrenzen. Andererseits konnte aber gezeigt werden, daß die Ausmaße der Drüse mit Hilfe der MRT sehr gut beurteilt werden können. Neuhold et al. [79] untersuchten 24 Patienten mit Tumoren der Pinealisregion und konnten zeigen, daß große Verkalkungen sowohl auf T₁- als auch auf T₂-gewichteten MR-Bildern zu sehen sind. Diese größeren Verkalkungen erscheinen als signalarme Regionen. Ähnliche Ergebnisse hatte auch die Untersuchung von Müller-Forell et al. [80]. Es gibt nur wenig Informationen über MRT-Untersuchungen an Zirbeldrüsen, die keine Neoplasmen enthalten. Jinkins et al. [77] untersuchten insgesamt 250 Patienten, und zwar sowohl mit T₁- als auch mit T₂-gewichteten Sequenzen. Ihre besondere Aufmerksamkeit galt den Verkalkungen und Zysten in der Zirbeldrüse. Dabei wurden auch die MR-Aufnahmen mit den dazugehörigen CT-Aufnahmen verglichen. Diese Arbeitsgruppe stellte fest, daß größere Pinealisverkalkungen sowohl auf T₁- als auch auf T₂-gewichteten Bildern zu sehen sind. In diesem Falle wurde die Signalintensität der Verkalkungen mit der Signalintensität der benachbarten Grauen Substanz verglichen. Größere Verkalkungen waren hypointens gegenüber der Grauen Substanz.

Moderne MRT-Scanner verfügen genauso wie CT-Geräte über eine ROI-Option. Mit Hilfe dieser Option kann die Signalintensität eines bestimmten Bildabschnitts quantifiziert werden. Mit den hier benutzten MR-Sequenzen war es nicht möglich, die Verkalkung der Zirbeldrüsen zu beurteilen. Sie waren lediglich dafür geeignet, die Zirbeldrüse zu lokalisieren und ihre Größe abzuschätzen. Selbst bei Drüsen, die relativ große Verkalkungen enthalten, waren die Konkreme nicht vom umgebenden Zirbeldrüsengewebe abgrenzbar. Die Vermutung, daß das Vorhandensein von Konkrementen und der damit verbundene verminderte Wassergehalt der Drüse zu einer Änderung der Signalintensität führt, hat sich nicht bestätigt.