

Hole in One

Radiologie. Mit einer weltweit einzigartigen Operationsmethode gelingt Innsbrucker Radiologen das punktgenaue Entfernen von Tumoren.

Als würde er Computerspielen. Gebannt starrt Reto Bale auf den Bildschirm über ihm, beobachtet genau zwei kleine gelbe Kreise auf dem Monitor. Sachte bewegt er mit seinen Fingern die Zielvorrichtung, der zweite Kreis kommt dem ersten immer näher, legt sich langsam über ihn. Fünf Grad Abweichung, vier, zwei, nur noch ein Grad – Treffer. Doch der Treffer bringt Reto Bale keinen Spielgewinn. Er zeigt ihm den exakten, vorgeplanten Weg in den Körper seines Patienten, um einen Tumor in der Leber zu entfernen.

Wenn Reto Bale, Radiologe an der Universitätsklinik Innsbruck, auf Kongressen die von ihm angewandte Operationsmethode vorstellt, beginnt er meist mit einem plastischen Vergleich. Eine Szene am Fußballplatz, ein Gestocher im Strafraum, der Stürmer schießt den Tormann an, dann ein zweites Mal, beim dritten Schuss geht der Ball an den Pfosten, erst beim vierten Versuch landet der Ball im Tor. Die zweite Videosequenz, die Bale dem Publikum präsentiert, zeigt einen Stuntman auf einem Motorrad. Dieser nimmt Anlauf, springt weit über ein Hindernis und landet – ohne sein Ziel vorher zu sehen – genau im Laderaum eines Lastwagens. Vergleichbar einem Hole in One beim Golf. „Nach diesen zwei kurzen Filmen ist sofort jedem klar, um was es geht“, lacht Bale. Millimetergenaues Operieren nach einem vorher festgelegten Plan. Eine Methode, die Reto Bale gemeinsam mit Kollegen an der Uni Innsbruck entwickelt hat. Ein Novum. Weltweit.

Vorbild Tischler. Schon Anfang der 90er Jahre überlegte sich der damalige Medizinstudent Bale gemeinsam mit seinem Kollegen Michael Vogele, wie man Navigationssysteme

im operativen Bereich einsetzen könnte. „Man kann das durchaus mit dem GPS – dem Global Positioning System – beim Auto, das dem Fahrer den gewünschten Weg zum Ziel berechnet, vergleichen“, erklärt Bale. Übersetzt für den Operationsvorgang: Wie kommt der Arzt unter Schonung kritischer Strukturen wie Gefäße und Nerven am besten zum Ziel, sei es ein Tumor, ein Nervengeflecht oder ein Knochen, der nach einer Fraktur verschraubt werden muss. Und vor allem: Wie kann man den aus den präoperativ gewonnenen Bilddaten berechneten Weg während des chirurgischen Eingriffs einsetzen bzw. mit den während der Operation gewonnenen Bilddaten vergleichen. „Das Grundproblem war, den Patienten während der Operation in die exakt gleiche Position zu bringen wie vor der Operation zum Beispiel im Computertomografen“, erläutert der 36-jährige Mediziner. Die Lösung schauten sich Bale und Vogele bei anderen Berufsgruppe ab – Tischlern: „Tischler spannen ihre Werkstücke ein, damit diese nicht verrutschen. Und sie brauchen eine genaue Führung für den Bohrer, um exakt arbeiten zu können.“ Aber wie führt man genau? Und wie kann ein Patient in einen Schraubstock eingespannt werden? Bale und Vogele überlegten, experimentierten und bastelten in ihren privaten Werkstätten. Und fanden die Lösungen. 1995 meldeten die beiden die weltweit erste Zielvorrichtung für Navigationssysteme an, in Zusammenarbeit mit der in

der Zwischenzeit von Vogele gegründeten Firma Medical Intelligence wurde ein spezielles Fixiersystem für den Kopf entwickelt (VBH HeadFIX), dem ein System für den Körper (BodyFIX) und drei weitere Zielvorrichtungen folgten (Vertek – in Zusammenarbeit mit Medtronic, EasyTaxis – in Zusammenarbeit mit Phillips, Atlas). Und HeadFIX und BodyFIX basieren auf einem „banalen“ Prinzip – dem Vakuum.

„Beim HeadFIX wird der Kopf des Patienten mit einem individuellen Oberkiefer-Zahnabdruck über Unterdruck am harten Gaumen fixiert“, beschreibt Bale die Vorteile des – gemeinsam mit Klinikern der Innsbrucker HNO und Strahlentherapie entwickelten – Systems gegenüber herkömmlichen Fixierungen.“



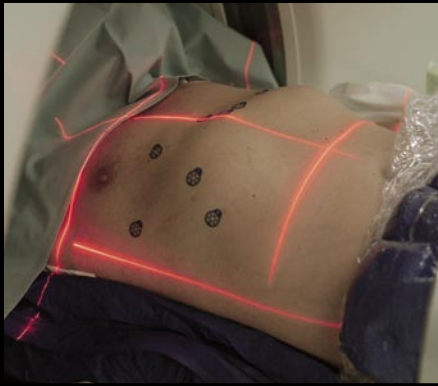
Reto Bale: „Der Vorteil unserer Methode liegt darin, dass sie eine präzise Punktion in den verschiedensten Körperregionen ohne Korrektur der Nadellage erlauben.“



1



2



3



4



5



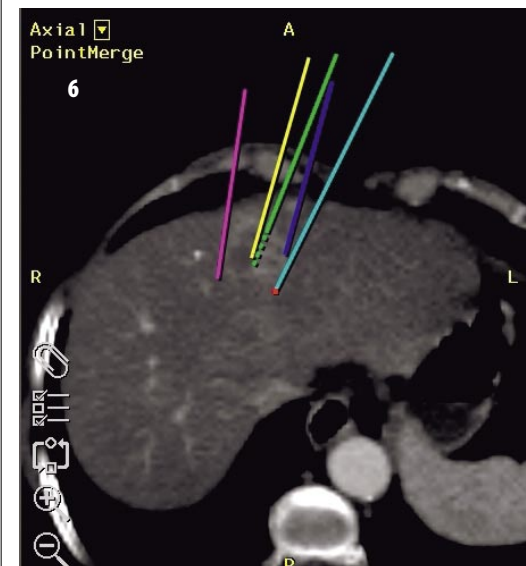
runzungsmethoden wie einem Klebeband. Der Patient trägt das Mundstück mit dem daran angebrachten Referenzrahmen schon während der Computertomografie-Untersuchung, mit den gewonnen Bilddaten wird die Operation, zum Beispiel die Entfernung eines Gehirntumors, virtuell geplant. Vor der Operation wird der Patient wieder in der gleichen Position fixiert, bestimmte Referenzpunkte auf dem Rahmen werden mit Referenzpunkten auf dem Bilddatensatz abgeglichen. Der Vorteil: Gegenüber den sonst verwendeten Referenzpunkten auf der Haut, den so genannten Markern, können sich diese wichtigen „Positions-Hinweisgeber“ auf dem Referenzrahmen nicht verschieben, der operierende Arzt kann also präziser arbeiten.

Ähnlich genau repositioniert werden kann der Patient auch bei Operationen am Sprunggelenk durch einen Strumpf aus Fieberglasgewebe, den das Team des 1998 an der Universitätsklinik für Radiodiagnostik (Vorstand Werner Jaschke) gegründeten und von Reto Bale geleiteten interdisziplinären SIP-Labors (Stereotaktisches* Interventions- und Planungslabor) in Zusammenarbeit mit der Unfallchirurgie entwickelt hat. Unmöglich ist eine exakte Repositionierung allerdings bei Operationen im Rumpfbereich, um zum Beispiel einen Tumor aus der Leber zu entfernen – es sei denn, man kombiniert Bildgebung, Planung, Einstellung der Zielvorrichtung und Operation, hält den Patienten während des gesamten Zeitraums in der gleichen Position.

Punktgenau. „Der Ausgangspunkt unserer Überlegungen war wieder das Vakuum“, erinnert sich Reto Bale. Nach unzähligen Tüfteilen fand sich die Lösung – BodyFIX. Der Patient wird auf den OP-Tisch gelegt und mit luftdurchlässigen Kissen bedeckt, in deren Innerem sich kleine Kugeln und Luft befinden. Dann wird eine Plastikfolie über den Patienten und die Kissen gelegt und mit einer Pumpe die Luft aus den Kissen gesaugt.

* Stereotaktische Operationen sind Eingriffe am Gehirn, bei denen mit Hilfe eines Rahmensystems und einer dünnen Sonde über ein kleines Bohrloch im Schädel tiefe Hirnstrukturen millimetergenau aufgesucht werden können.

(Bale: „Bei den ersten Versuchen haben wir mit simplen Staubsaugern gearbeitet.“) Die Kissen werden hart und passen sich genau den Körperkonturen des Patienten an – der Patient wird praktisch via BodyFIX an den OP-Tisch fest gesogen. Danach werden an der Hautoberfläche rund um die geplanten Eingriffspunkte Marker angebracht. „Diese Marker sind kleine Metallkugeln, die dem Navigationssystem Anhaltspunkte über die Position des Patienten geben“, erklärt Peter Kovacs, neben Bale der zweite Arzt im SIP-Labor, in dem in der Zwischenzeit mit Bob Lang, Martin Knoflach und Christoph Hinterleithner auch drei radiologisch-technische Assistenten beschäftigt sind. Als nächstes kommt der Patient in den Computertomografen (CT) – bei Operationen im Bereich von Organen, die sich während der Atmung verschieben, unter Vollnarkose. Während im CT die Bilddaten gewonnen



1: Der Patient wird ins vakuumbasierte Fixationssystem BodyFIX eingebettet **2:** Durch Luft Absaugen wird Vakuum erzeugt **3:** Der Patient kommt mit Markern in den CT **4:** Der Tumor wird am Bildschirm lokalisiert **5:** Am Monitor werden die Marker auf dem CT-Datensatz definiert **6:** Die fünf Pfade für die Sonden in die Leber



SIP-Team: Reto Bale, Bob Lang, Peter Kovacs und Christoph Hinterleithner (v.l.)

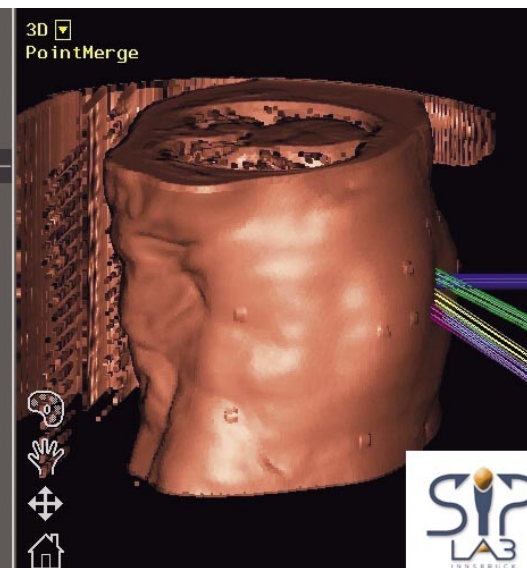
werden, wird beim Patienten für wenige Sekunden die Atmung ausgesetzt. Die Bilddaten werden ausgewertet, das Zielobjekt, zum Beispiel ein drei Zentimeter großer Tumor in der Leber, wird genau lokalisiert.

Via Intranet werden die Daten an das Navigationssystem übertragen, um die genauen Pfade für die Punktionen zu planen – je nach Größe und Position des Zieles einer oder mehrere. „Wir suchen den idealen Weg, denjenigen also, der am genauesten zum Tumor hinkommt, der das umgebende Gewebe aber am besten schont“, hält Bale fest. In der Zwischenzeit ist am BodyFIX die Zielvorrichtung angebracht worden. Das Navigationssystem zeigt nun dem Arzt auf einem Monitor die aktuelle Position seines Instruments, in diesem Fall der Zielvorrichtung, im Vergleich zu den vor der Operation im CT aufgenommen Bilddaten – der geplante Pfad kann auf den Grad genau

eingestellt und die Zielvorrichtung arretiert werden. Während die dünne Nadel für die Radiofrequenzablation, die Entfernung des Tumors mit hochfrequentem Wechselstrom, bis zur genau berechneten Tiefe in den Patienten vorgeschoben wird, wird bei diesem wieder für wenige Sekunden die Atmung ausgesetzt, damit der Weg auch tatsächlich genau dem geplanten Pfad entspricht. Durch die Sonde wird nun elektrische Energie in das Gewebe eingeleitet. Es kommt zur Umwandlung der Energie in Hitze, das Tumorgewebe wird zerstört.

„Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie eine präzise Punktion in den verschiedensten Körperregionen ohne Korrektur der Nadellage erlaubt. So können auch sehr kleine Tumore, die mit konventionellen Punktionstechniken nicht erreicht werden können, punktiert werden“, berichtet Reto Bale. Und die Methode ist – in Zusammenarbeit mit den Kliniken für Neurochirurgie, Unfallchirurgie, Orthopädie, Nuklearmedizin und Strahlentherapie – vielseitig einsetzbar: Bei Lebertumoren, beim so genannten Osteoid-Osteom, einem zwar gutartigen, aber heftige Schmerzen verursachenden Knochentumor, bei Tumoren in der Lunge und Niere, aber auch bei der Trigeminusneuralgie, ein attackenförmiger Gesichtsschmerz, der durch eine Nervenschädigung verursacht wird, bei Anbohrung von Knorpel-Knochen Läsionen, bei Verschraubung von Beckenfrakturen. Sozusagen von Kopf bis Fuß – so auch das Motto des SIP-Labors, das in der Zwischenzeit auch durch den Zahn ergänzt wurde. Im Rahmen einer Dissertation von Gerlig Widmann wurde vor kurzem eine neue bilddatengesteuerte Technik zur Fertigung von Schablonen für die präzise Platzierung von Dentalimplantaten entwickelt und auch schon bei einzelnen Patienten erfolgreich eingesetzt. Die Implantatplanung erfolgt auf Basis eines präoperativen CT-Datensatzes. Unter Zuhilfenahme der im SIP-Labor entwickelten Zielvorrichtung und des Navigationssystems wird eine individuelle Schablone mit entsprechenden Führungshülsen für den Zahnarzt im Labor gefertigt. Das nächste Hole in One.

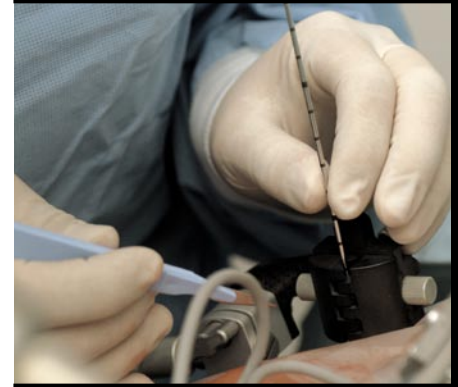
Andreas Hauser ■



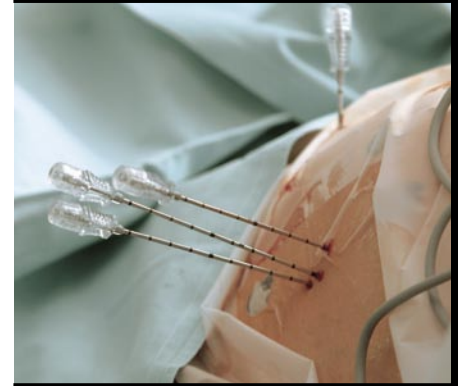
7: Das Navigationsinstrumentarium wird am BodyFIX angebracht **8:** Die Nadel wird – exakt dem Pfad entsprechend – durch die Zielvorrichtung vorgeschoben **9:** Alle Nadeln sind positioniert **10:** Die Spezialsonde wird genau zum Tumor geführt, mit Wechselstrom wird der Tumor verödet **11:** Nur kleine Einstiche nach der Operation



7



8



9



10



11