

眼窩吹きぬけ骨折における magnetic resonance imaging での 画像診断—その 3 つの有用性

西田 保裕, 青木 佳子, 林 理, 木村 牧子
村田 豊隆, 石田 洋一, 岩見 達也, 可児 一孝

滋賀医科大学眼科学教室

要 約

目的と対象：過去に当科で magnetic resonance imaging (MRI) を施行し、画像診断を行った眼窩吹きぬけ骨折、19 例の画像を再度読影し、MRI の有用性について検討した。

結 果：以下にあげる 3 点の有用性が確認された。まず MRI の第 1 の有用性は、眼窩脂肪組織を高信号に描出できることから、非常に小さな脱出組織の確認が容易であった点である。第 2 の有用性は、MRI では外眼筋、眼窩脂肪の間で信号強度差が比較的大きく、良好なコントラストにより脱出組織の識別が容易であった点である。第 3 の有用性は、MRI の撮像方向が任意に設定できるこ

とにより、骨折付近の外眼筋の走行を忠実に再現できた点である。

結 論：以上のような MRI の 3 つの利点により、眼窩吹きぬけ骨折の画像診断において、骨の状態を直接把握するには computerized tomography (CT) が適しているが、脱出組織の状態を詳細に観察する場合は CT よりも軟部組織の描出能力に優れた MRI が有用であると考えられた。(日眼会誌 103: 229—236, 1999)

キーワード：眼窩吹きぬけ骨折, 眼窩組織, MRI, CT, 眼球運動障害

Diagnosis of Magnetic Resonance Imaging (MRI) for Blowout Fracture—Three Advantages of MRI

Yasuhiro Nishida, Yoshiko Aoki, Osamu Hayashi, Makiko Kimura, Toyotaka Murata,
Youichi Ishida, Tatsuya Iwami and Kazutaka Kani

Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science

Abstract

Introduction : Magnetic resonance imaging (MRI) gives a much more detailed picture of the soft tissue than computerized tomography (CT). In blowout fracture cases, it is very easy to observe the incarcerated orbital tissue.

Subjects : We performed MRI in 19 blowout fracture cases.

Results : After evaluating the images, we found three advantages of MRI. The first is that even small herniation of the orbital contents can easily be detected because the orbital fatty tissue contrasts well around the other tissues in MRI. The second is that the incarcerated tissues can be clearly differen-

tiated because a clear contrast between the orbital fatty tissue and the extraocular muscle can be seen in MRI. The third is that the running images of the incarcerated muscle belly can be observed because any necessary directional slices can be taken in MRI.

Conclusion : These advantages are very important in the diagnosis of blowout fractures. MRI should be employed in blowout fracture cases in addition to CT. (J Jpn Ophthalmol Soc 103: 229—236, 1999)

Key words : Blowout fracture, Orbital tissue, MRI, CT, Eye movement

I 緒 言

眼窩吹きぬけ骨折は、眼窩壁骨折とともに副鼻腔への

眼窩内容物の脱出・嵌頓を伴う。この眼窩内容物の脱出・嵌頓により眼球運動障害や眼球陥凹が生じ、手術の必要となる症例も少なくない。眼窩吹きぬけ骨折に対する

別刷請求先：520-2192 大津市瀬田月輪 滋賀医科大学眼科学教室 西田 保裕
(平成 10 年 7 月 13 日受付, 平成 10 年 10 月 2 日改訂受理)

Reprint requests to: Yasuhiro Nishida, M.D. Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science, Seta, Tsukinowa, Otsu 520-2192, Japan

(Received July 13, 1998 and accepted in revised form October 2, 1998)

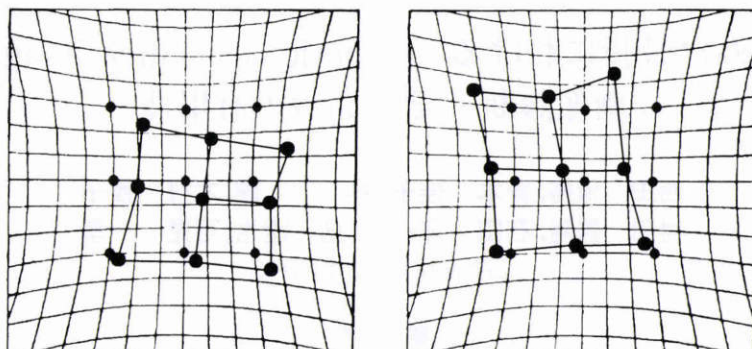


図1 症例1のヘスチャート。

紙面左のチャートが左眼偏位で、右が右眼偏位である。この症例では左眼の上内ひきが障害されている。

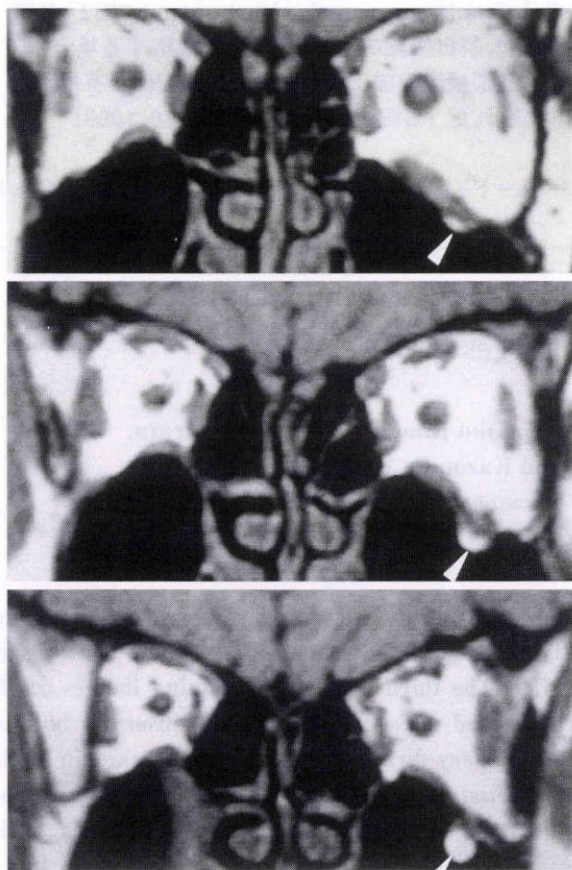


図2 症例1の冠状断 magnetic resonance imaging (MRI)。

組写真は上段が眼窩前方で、下段が後方である。矢じりで示すように、左下直筋の外側縁に上顎洞に向かって高信号組織である眼窩脂肪の脱出が観察できる。非常に小さな組織であるが、低信号の副鼻腔と明瞭なコントラストを示し、骨折の存在は一目瞭然である。

手術療法の最大の目的は、副鼻腔へ脱出した眼窩内容物の整復を行い、嵌頓という眼窩組織への機械的制限を解除して、眼窩内容の体積を正常化することである。よって、眼窩吹きぬけ骨折の診断と手術適応の判断^{1)~8)}には眼窩隔壁の損傷のみならず、眼窩組織の脱出量・脱出内容、そして脱出形態を正確に把握する必要があり、その把

握に大きなウエイトを占めるのが画像診断である。そして、現在の画像診断の中核を成すのが computerized tomography (CT) であり、もう一つが magnetic resonance imaging (MRI) である。CT は X 線の吸収値が画像として反映され、骨と他の軟部組織のコントラストが良好なため骨を観察するのに適している。一方、MRI は生化学的組成を反映して軟部組織の観察に適している。よって、眼窩吹きぬけ骨折の画像診断には頭部単純 X 線検査とともに CT^{8)~12)}、MRI^{2)4)13)~17)} のいずれか、または両方を用いることになる。

今回、我々が過去に経験した眼窩吹きぬけ骨折の中で、MRI を施行して診断を行った症例を再検討し、眼窩吹きぬけ骨折における MRI の有用性について述べる。

II 症 例

1983 年から 1997 年の間、当科で眼窩吹きぬけ骨折と診断されて 2 か月以上経過観察可能であった症例は 37 例で、そのうち画像診断に MRI を施行したのは 19 例であった。そして、各症例の MRI を再度読影し、眼窩吹きぬけ骨折における MRI の有用性を検討した。その結果、MRI における画像診断の有用性が以下のようにあげられた。すなわち、① MRI で僅かな脱出眼窩組織の発見も容易であった、② MRI で脱出組織の識別が容易であった、③ MRI で外眼筋の走行が詳細に観察できたの 3 点である。使用した MRI 装置はすべて超電導コイルのもので、0.5 もしくは 1.5 テスラの静磁場強度を有する。MRI の撮像はすべて T1 強調画像で撮像し、撮像領域は 150 mm 以下で、スライス厚は 3 mm とし、撮像方向は冠状断と症例に応じて水平断、矢状断を追加した。また、可能な限り眼窩サーフェスコイルを使用した¹⁷⁾¹⁸⁾。

上記の 3 つの有用性について、それぞれ症例を呈示して述べる。

1. MRI で僅かな脱出眼窩組織の発見も容易であった症例

症例 1: 12 歳、男児。

サッカー中に相手の頭部で左眼球打撲となり、その翌

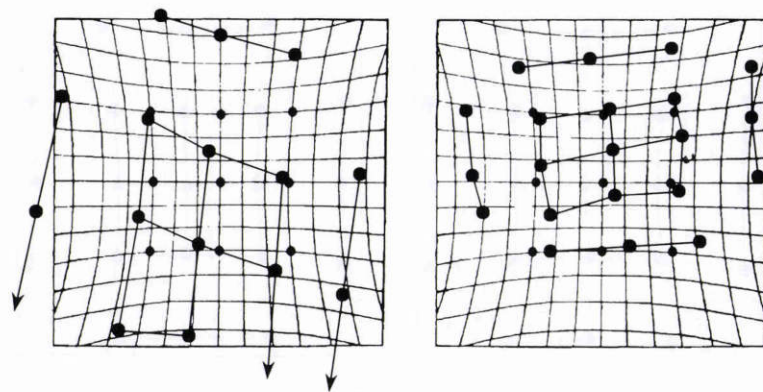


図 3 症例 2 の初診時のヘスチャート。
右眼下外ひきと上内ひき障害があり,特に下外ひき障害が著明である。



図 4 症例 2 の冠状断 computerized tomography (CT).
他院で撮影された CT 写真では,矢じりで示すように篩骨洞内部に陰影がみられるが,出血・副鼻腔粘膜の肥厚または眼窩内組織の脱出かは不明である。また,眼窩内組織由来であってもその組織内容は不明である。

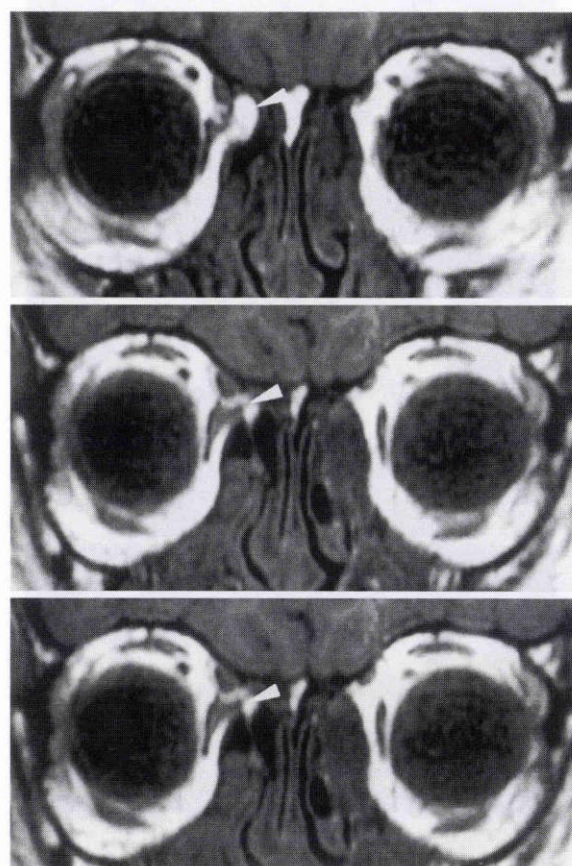


図 5 症例 2 の冠状断 MRI.

後日行った MRI では,組写真上段の眼窩前方では矢じりで示すように高信号の眼窩脂肪が右篩骨洞の上部に向かって嵌頓しているのが容易に観察される。また,中段・下段の写真のように眼窩後方に向かうにつれて,内直筋上縁が篩骨洞に嵌頓しているのがわかる。

日に複視を主訴にして来院した症例である。複視は上むきで著明で,図 1 の初診時のヘスチャートでは左眼の上内ひきが特に障害されており,斜視検査でも左眼の内まわしれがあった。Forced duction test では明らかな抵抗はなかった。以上の所見から左下斜筋麻痺とも考えられたが,眼球打撲を伴っていたことから眼窩吹きぬけ骨折も否定できず,念のために MRI 検査を施行した。図 2 は同症例の冠状断 MRI の組み写真である。左下直筋の外側縁辺りの上顎洞に高信号組織の脱出がみられる。MRI では直接骨所見を観察できないが,小さな脱出組織でも眼窩脂肪が高信号に描出されて無信号の上顎洞内で高い

コントラストを示すために,眼窩組織の脱出,すなわち眼窩隔壁破綻の有無で骨折の確認も容易に行える。もちろん本症例は CT 検査でも骨折の確認は可能であるが,眼窩内組織脱出の確認はその量から考えて困難と類推される。この症例の眼球運動障害のメカニズムとしては神経原性の下斜筋麻痺も否定できないが,左下直筋の耳側縁

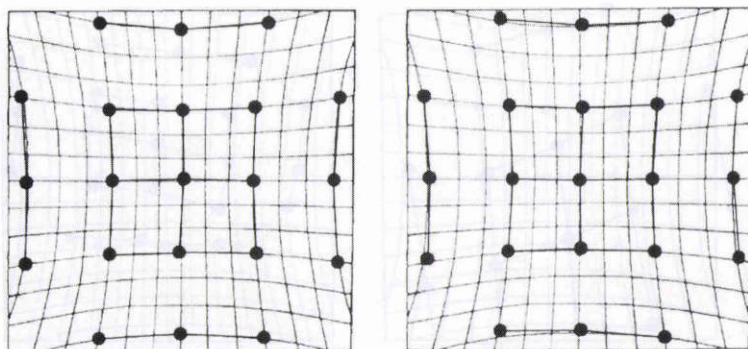


図6 症例2の受傷3か月後のヘスチャート。
眼球運動は正常に復している。

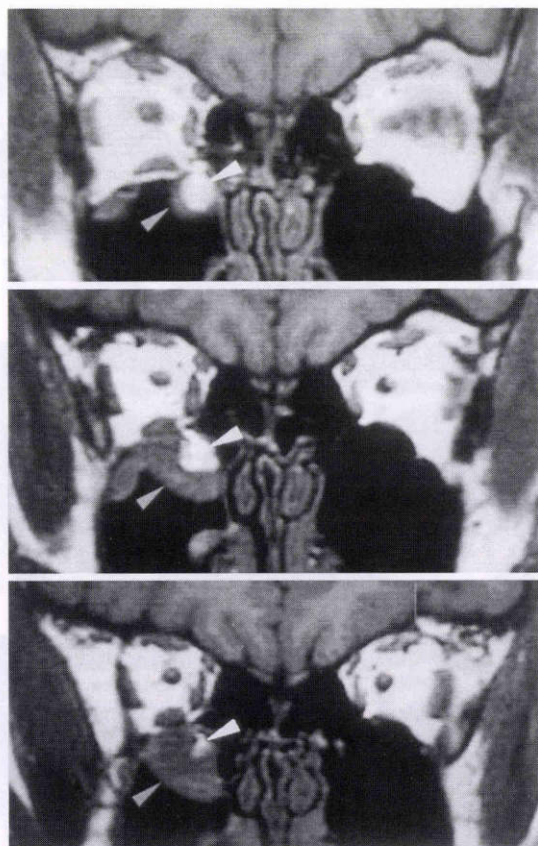


図7 症例3の冠状断MRI.

右上顎洞には白色の矢じりで示す高信号の組織と、それを取り囲むように灰色の矢じりで示す低信号の組織がみられる。高信号の組織は明らかに眼窩脂肪であるが、低信号は副鼻腔粘膜由来のもので粘膜下血腫もしくは粘膜肥厚が考えられる。MRIではこのように異なる組織が明確に区別でき、脱出組織の内容や量が正確に把握できる。

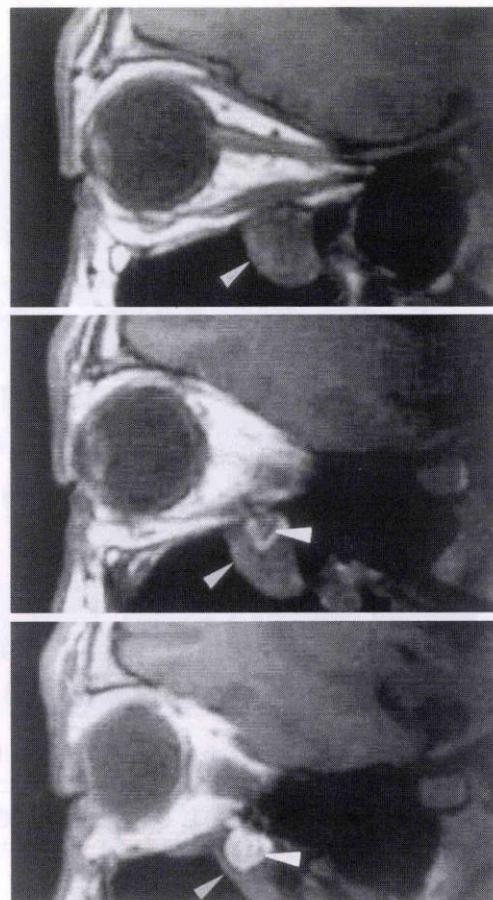


図8 症例3の矢状断MRI.

図9と同じ症例の右眼窩矢状断である。上段の眼窩外側部は灰色矢じりの低信号の組織しか観察できないが、下段の内側は低信号組織に囲まれるように高信号の眼窩脂肪が明瞭に観察され、根部は小さい骨欠損に絞約されていることがわかる。

に接している眼窩脂肪組織を介して機械的制限が生じ、制限部位と反対の運動方向である上内ひきが障害されたと考えられた。

2. MRIで脱出組織の識別が容易であった症例

症例2: 10歳, 男児.

清掃中にモップの柄で右眼球打撲となり、複視を自覚

したため他院を受診した。そこで、CT検査を施行したが骨折が不明とされて、受傷1週間後に本院へ再精査目的で紹介される。図3にこの症例の初診時のヘスチャートを示す。初診時、右眼の下外ひきと上内ひきが障害され、特に下外ひきが著明である。図4は紹介元である他院のCTである。右篩骨洞に出血もしくは眼窩内組織の脱出

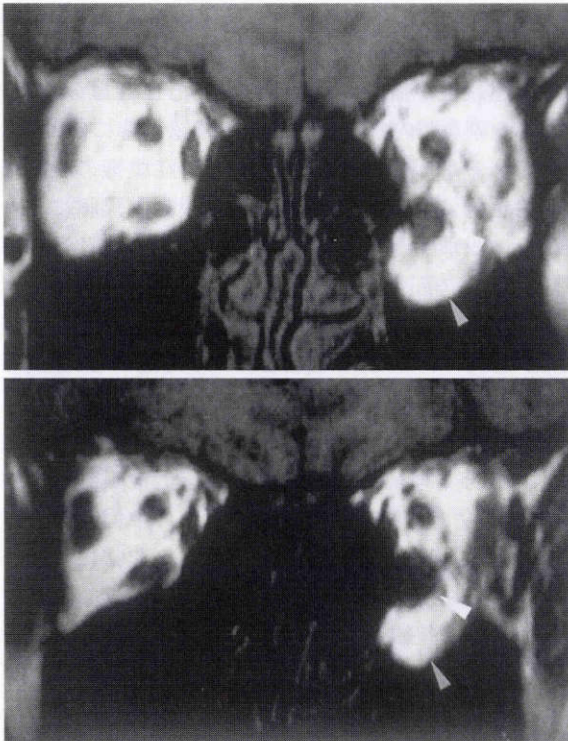


図 9 症例 4 の冠状断 MRI.

灰色矢じりのように左上顎洞内に比較的大量の眼窩脂肪が脱出しており、白色矢じりのように下直筋も下方にやや偏位・変形しているのがわかる。

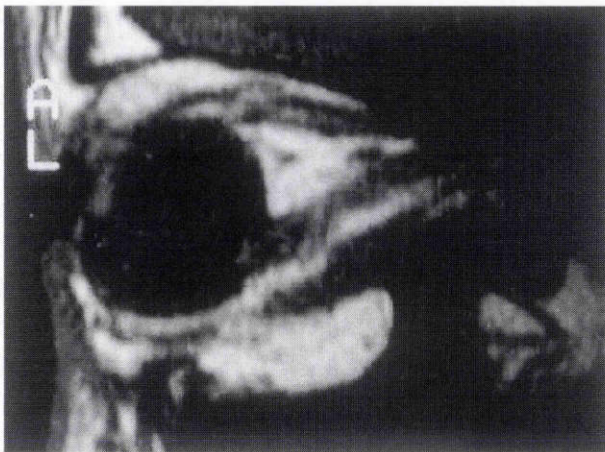


図 10 症例 4 の矢状断 MRI.

上ひきを命じて撮像した矢状断 MRI である。著明な眼窩脂肪の脱出が存在し、伸展眼位にもかかわらず下直筋の筋腹が太く肥厚したような変形像が認められるが、明らかな下直筋の嵌頓はなく走行は比較的保たれている。

を疑わせる所見があるが、いずれかははっきりしない。また、脱出組織であっても外眼筋であるか、眼窩脂肪であるかは全く不明である。さっそく MRI 検査を行って見たところ、図 5 のように右篩骨洞に眼窩内容物が脱出嵌頓しているのがはっきりと確認できる。嵌頓内容は高信号の眼窩脂肪と低信号の内直筋上縁で、両者は明瞭に区別可能で、骨折部から上部の篩骨洞へ垂直に嵌頓している。前



図 11 症例 5 の矢状断 MRI.

右眼窩矢状断で下直筋を観察すると、眼窩内にある下直筋の筋腹は第 1 眼位であるにもかかわらず非常に細くなっており、また上顎洞には白矢じりで示すように比較的大きな瘤のような低信号組織が灰色矢じりで示す眼窩脂肪を取り囲むように存在し、下直筋の筋腹が骨折部に向かって筋の走行と平行に移動し、タッキングするように嵌頓しているのがよくわかる。

述の CT 所見に比べて、MRI では眼窩組織の脱出所見から骨折の有無の確認が容易である上に、脱出内容である外眼筋と眼窩脂肪間の大きな信号強度差により両者の区別が明瞭で、嵌頓の状態に関する情報をさらに与えてくれる。この症例の眼球運動障害の原因として右外傷性下直筋麻痺が最も考えられるが、機械的制限の関与も否定はできない。すなわち、右内直筋と眼窩脂肪が内上方へ嵌頓していたため、この方向と反対方向への機械的制限が加わり下外ひきが特に障害されていたと考えられる。その後、眼球運動は著明に改善してきたので経過観察したところ、図 6 のヘスチャートのように 3 か月後に眼球運動は正常に回復した。

症例 3: 16 歳, 男子.

柔道中に相手の肘で右眼球打撲になった症例である。MRI では図 7 のように上顎洞内に高信号の眼窩脂肪組織が上顎洞粘膜下血腫と思われる低信号組織に包まれるように嵌頓している。また、矢状断でも図 8 のように眼窩脂肪組織が上顎洞粘膜下に包まれている所見を詳細に観察できる。この症例は、CT 検査を同時に施行していないので比較することはできないが、CT 検査では恐らく粘膜下血腫と脱出眼窩脂肪を明瞭に区別できず、眼窩内からの脱出組織量を過大評価するおそれもある。

3. MRI で外眼筋の走行が詳細に観察できた症例

症例 4: 33 歳, 男性.

けんかによる右眼球打撲の症例である。図 9 のように左上顎洞内に眼窩脂肪組織の脱出とともに下直筋も下方に偏位して垂直に引き延ばされているのが観察される。ただ、この症例は眼窩組織の嵌頓量の割に上ひきの眼球運動は良好であった。患者に上ひき眼位を命じて、下直筋

の走行がわかる矢状断で観察したところ、図 10 のように下直筋の変形はあるものの、骨折による嵌頓は著明でなく、機械的制限が軽度であることがわかる。これは CT と異なり、MRI は撮像方向が任意に選択できるという利点によるものである。

症例 5: 20 歳, 男性。

ボクシングにより左眼球打撲になった症例である。この症例は第一眼位から全く上ひきが不可能な著明な眼球運動障害があり、forced duction test でも上ひき方向に非常に強い抵抗があった。下直筋の走行に合わせて図 11 のように矢状断で観察したところ、高信号の眼窩脂肪は僅かで、主に低信号の下直筋が瘤状に上顎洞内へ嵌頓しているのが観察できる。また、眼窩内の下直筋の筋腹は非常に薄くなっており、嵌頓部の眼窩脂肪が筋組織に囲まれるように存在する所見から、左下直筋は骨折部へ前後方向に移動してタッキングされるように嵌頓しているのがわかる。よって、MRI の良好な軟部組織描出能に加えて、筋の走行に沿った撮像スライスを選択することで、外眼筋の嵌頓による機械的制限は理解しやすい。

III 考 按

眼窩吹きぬけ骨折は鈍的外傷により発生する骨折で、主に眼窩下壁と内壁に生じる。そして、骨折と同時に生じるのが眼窩内容の脱出・嵌頓である。特に眼科的に問題になるのがこの眼窩内容の脱出・嵌頓である。すなわち、外眼筋の機械的制限のために眼球運動障害や、眼窩組織の体積減少による眼球陥凹が生じる。このように骨折の程度にかかわらず、眼窩組織の脱出・嵌頓により上記のような障害が著明な場合は、早期の手術が必要となる^{2)~6)}。よって、眼窩吹きぬけ骨折を診断する場合は、骨折の有無を確認することはもちろんのこと、脱出・嵌頓した眼窩組織の状態や量もできる限り正確に把握する必要があると考える。MRI は CT と異なり、生体の軟部組織の描出能に優れ、眼窩組織においても同様である。

今回眼窩吹きぬけ骨折における MRI の有用性について、3 項目に分けて代表症例を呈示しながら述べた。まず、項目 1 の「MRI で僅かな脱出眼窩組織の発見も容易であった」という点について考按を述べる。MRI での骨組織像は脂肪を含んだ骨髄を除いて、骨皮質ではかなりの低信号で描出されるために副鼻腔とのコントラストがほとんどなく、直接骨折を観察するには適していない²⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。しかし、眼窩吹きぬけ骨折に必発する眼窩組織の副鼻腔内への脱出・偏位は眼窩脂肪が高信号に描出されるために、その程度にかかわらず確実に発見することができる。この眼窩組織の脱出・偏位、すなわち、眼窩隔壁の破綻を骨折の間接的所見¹⁴⁾とすると骨折の有無だけを判断¹⁶⁾¹⁷⁾するのであれば、CT よりもむしろ容易であると考えられる。特に症例 1 のように骨折が軽度で脱出組織量も僅かである場合は、CT といっても薄い眼窩隔壁で

の骨折の発見は撮影条件によっては必ずしも容易ではなく、さらには正常眼窩 CT 像でも骨壁の薄い部分では眼窩壁の連続性が描出されないこともしばしばみられる。ましてや副鼻腔内での嵌頓組織の確認も時には困難²⁾と予想される。一方 MRI を用いると、眼窩組織の脱出量も比較的正確に把握でき、外傷直後は眼窩内浮腫により目立たない眼球陥凹も予想することができ、眼球運動障害が軽度で眼球陥凹がより問題となる症例の手術適応にも MRI は大きな参考所見となる。次に「MRI で脱出組織の識別が容易であった」の項目 2 について述べる。眼窩組織の主要構成組織は眼球、外眼筋、眼窩脂肪であるが、このうち眼窩吹きぬけ骨折で眼窩外へ脱出する組織は外眼筋と眼窩脂肪である。この 2 つの組織を正常眼窩内で観察すると、高信号の眼窩脂肪の中に低から中信号の外眼筋が存在し、この大きな信号強度差により非常に良好なコントラストが得られる。この良好なコントラストにより脱出している組織が外眼筋であるか眼窩脂肪であるか、MRI では容易に識別でき^{2)14)~17)}、それぞれの脱出・偏位も簡単に評価できる。CT では骨と軟部組織のコントラストは良好であるが、異なる軟部組織間の CT 値には MRI の信号強度ほど大きな差がなく、一般にコントラストは低くなる。このため、脱出内容がどのような組織であるかを識別するには、時には症例 2 のように困難なことがある。また、症例 3 のように骨折で副鼻腔粘膜下に血腫を伴う場合は、その血腫と脱出組織の識別も CT では困難になることがある。最後に項目 3 の「MRI で外眼筋の走行が詳細に観察できた」について、眼窩壁骨折で問題となる眼球運動障害は主に嵌頓筋の機械的な伸展制限による。このため、どのような形態の嵌頓で伸展制限が生じているのかを把握するには外眼筋の走行に一致したスライスで観察する必要がある。手術での嵌頓解除の際に大いに参考となる所見である。MRI は CT と異なり、撮像方向が任意に選択可能であるといった利点をもつため、どの外眼筋に対してもその走行に一致した画像を得ることができる^{2)4)13)~18)}。ただし、最近注目されているヘリカル・ボリウム CT スキャン^{19)~22)}でスライス厚とピッチ幅を小さくして撮影を行い、そのデータにより画像をリコンストラクション法で任意のスライス方向に再構築すると、従来の CT と比べ格段に優れた画像が得られる。また、その再構築に要する時間もコンピュータの処理能力の向上で非常に短時間になっている。したがって、外眼筋の走行、特に矢状断で下直筋を観察するのは、工夫すれば CT でも可能であることを付け加えておきたい。

以上、眼窩吹きぬけ骨折の画像診断における MRI の有用性について 3 項目に分けて CT と比較したが、この 3 項目は眼窩軟部組織の描出能について述べたものであって、CT を否定するものではない。骨折そのものを直接観察するのなら、CT での観察が適していることは周知のことである。特に骨折により生じた骨片の形態がどのよ

うになっているのかは CT 検査の方が明確であり, MRI 検査ではわからない. このように一長一短のある両画像診断であるため, 骨の状態を CT で把握し, 副鼻腔への脱出した眼窩組織を MRI で観察するのが理想の画像診断であろう^{13)~15)}. しかし, 現実の臨床では, これらの画像診断の需要は他科でも非常に多く, 即日両方を利用できるとは限らない. それではどちらを先に優先すべきかということになる. 眼窩吹きぬけ骨折は決して稀な外傷ではなく, 眼窩疾患を専門としない一般眼科医が初診として扱うことも多いため, 最低限の診断として骨折の有無は迅速に確認しなければならない. 骨折の有無がはっきりせず, いたずらに診断が遅れた場合, 適切な手術時期を逃すことにもなる. このためには, 誰にでも診断が容易な方法が望ましい. このような条件を満たす画像診断法は, やはり MRI であると著者は考える. すなわち, 前述の項目 1 のように, 高信号の眼窩脂肪が副鼻腔内へ脱出していれば骨折の有無の確認は終了する. また, 眼窩吹きぬけ骨折という疾患名から, 骨折という言葉が強調されて, まず骨の状態が最も重要な所見と考えられがちであるが, それよりも重要なのは眼科的障害の原因になっている脱出眼窩組織である. 著者の経験では骨折の有無のみの確認であれば, 冠状断で全眼窩を T1 強調画像の 3 mm スライス厚で撮像すれば十分であり, 検査時間もそれほど CT とは変わらない. 10 年ほど前には画像診断装置の中でも特殊かつ高価であった MRI も, 最近では眼科医が勤務する中堅クラスの病院ではほとんどが検査可能であって, 初診日での急な MRI 検査も決して不可能ではないと考える. そして, 骨折の診断が確定すれば, その後さらに詳しい画像診断として CT との併用や著者らがやっている cine mode MRI^{23)~30)} など, 症例に応じて選択し手術適応を検討すべきである.

たとえ CT 検査を最初の画像診断として選択しても, 1~2 mm の薄い冠状断スライスで関心領域をできる限り絞りさえすれば良好な画像は得られ, 多くの場合眼窩吹きぬけ骨折の診断は可能である. また CT, MRI 以外に頭部 X 線単純撮影は最も簡便な方法であり, 画像診断の中ではまず最初に行われるべき検査であることを最後に付記したい.

本論文の内容は第 12 回眼窩疾患シンポジウムでのシンポジウム「眼窩壁骨折の画像診断」で発表した.

文 献

- 1) 牧野惟男: 眼窩吹きぬけ骨折—blowout fracture—. 眼科 29: 1089—1098, 1987.
- 2) 林 英憲, 細木敬三, 安岡一夫, 松本浩子, 割石三郎, 和田秀文, 他: Blowout fracture における磁気共鳴画像の応用. 眼臨 83: 1464—1467, 1989.
- 3) 林 英俊, 山際幹和, 板倉康夫, 雨皿 亮, 加藤昭彦, 湯田厚司, 他: 眼窩吹きぬけ骨折の診断, 治療および予後. 耳鼻臨床 83: 879—884, 1990.
- 4) 小西裕美子, 岩瀬智子, 川端昌子, 塩田 洋: 眼窩吹きぬけ骨折の MRI 検査. 眼科手術 4: 321—324, 1991.
- 5) 稲富 誠: 眼窩吹きぬけ骨折—blowout fracture—. 眼科 34: 1063—1068, 1992.
- 6) 田辺由紀夫: 眼窩吹き抜け骨折に関する臨床的研究—非観血的治療の有効性とその形態学的検討—. 日大医誌 50: 839—844, 1991.
- 7) 田辺由紀夫, 中島裕美, 八木橋修, 寺田久雄, 鈴木利根, 石川 弘, 他: 眼窩吹きぬけ骨折に対する観血的治療は必要か? (予報). 臨眼 44: 890—891, 1990.
- 8) 今井清夫, 坂井豊明, 西巻知佐子: CT scan 像よりみた blowout fracture の自然経過. 臨眼 39: 174—175, 1985.
- 9) Zilkha A: Computed tomography of blow-out fracture of the medial orbital wall. Am J Roentgenol 137: 963—965, 1981.
- 10) Coker NJ, Brooks BS, Gammal TE: Computed tomography of orbital medial wall fractures. Head & Neck Surgery 5: 383—389, 1983.
- 11) 石井 清, 福住明夫, 後藤 勝, 奥寺利男, 小野 庸, 加藤寿彦, 他: 眼窩 blow-out 骨折の CT 像の検討. 日本医放会誌 47: 791—798, 1987.
- 12) 中野可古, 松本 康, 貞本和彦, 高岡治彦: CT により診断された眼窩壁骨折: 眼球運動障害のない 16 症例. 神経眼科 5: 434—442, 1988.
- 13) 山秋 久, 佐々木一之, 狩野宏成, 山本 達, 佐藤喜一: 眼窩内病変の MRI 所見—眼窩壁骨折の所見—. 眼紀 38: 297—301, 1987.
- 14) 加藤 勤, 沢田 敏, 鹿浦砂知子, 宇田光伸, 河相吉, 吉田正徳, 他: 眼窩吹きぬけ骨折の MRI—眼窩下壁骨折 6 症例の検討—. 臨床放射線 33: 445—448, 1988.
- 15) 加藤 勤, 沢田 敏, 鹿浦砂知子, 宇田光伸, 河相吉, 田中敬正, 他: 眼窩吹きぬけ骨折の MR 像. CT 研究 10: 93—97, 1998.
- 16) McArdel CB, Amparo EG, Mirfakhraee M: MR imaging of orbital blow-out fractures. J Comput Assist Tomogr 10: 116—119, 1986.
- 17) Tonami H, Nakagawa T, Ohguchi M, Takarada A, Yamamoto I, Karino K, et al: Surface coil MR imaging of orbital blowout fractures: A comparison with reformatted CT. Am J Neuroradiol 8: 445—449, 1987.
- 18) Schneck JF, Hart Jr HR, Foster TH, Edelstein WA, Bottomley PA, Redington RW, et al: Improve MR imaging of the orbit at 1.5 T with surface coils. Am J Roentgenol 144: 1033—1036, 1985.
- 19) Steenbeck JCM: Principles and applications of volumetric CT. Medicamundi 38: 20—29, 1993.
- 20) 古田 実, 八子恵子, 加藤桂一郎, 片倉俊彦, 木村和衛: Helical volume CT (HVCT) の眼窩疾患への応用. 眼紀 44: 883—888, 1993.
- 21) 岡田昭人, 梯 彰弘, 小笠原博宣, 田川 博, 吉田晃敏, 藤井宏一: 眼窩疾患におけるヘリカル・ボ

- リユーム CT の有用性. 眼紀 46:747—750, 1995.
- 22) 荒木 力, 山口元司: 序説—ヘリカル CT の原理と臨床応用における特徴—. 画像診断 16:1319—1322, 1996.
- 23) 西田保裕, 可児一孝, 絵野尚子, 原田 康, 竹内和行: MRI を用いた眼球運動の研究—cine mode MRI による眼球運動動態の観察—. 神眼 6:416—421, 1989.
- 24) 可児一孝, 西田保裕, 中村二郎, 絵野尚子, 曾谷治之, 原田 康, 他: Cine Mode MRI による眼球運動の観察—眼窩内側壁骨折による眼球運動障害—. 眼紀 40:2553—2557, 1989.
- 25) Nishida Y, Nishida E, Kani K, Inatomi A: The observation of eye movement using magnetic resonance imaging. In: Campos EC (Ed): Strabismus and Ocular Motility Disorders. Macmillan Press, London, 137—142, 1991.
- 26) 稲富昭太, 可児一孝, 佐々本研二, 山出新一, 高橋総子, 永田 啓, 他: 磁気共鳴画像(MRI)による眼球運動の研究とその応用. 日眼会誌 96:1532—1557, 1992.
- 27) 石田洋一, 井上真規, 青木桂子, 西田保裕, 可児一孝: 保存的治療で眼球運動障害が軽快した眼窩壁骨折の 1 例. 眼臨 90:1301—1305, 1996.
- 28) 西田保裕: Cine mode MRI. 眼科 39:1303—1310, 1997.
- 29) 相原隆一, 河北誠二, 松本 康, 貞本昌規, 湯本英二: 眼窩吹き抜け骨折による眼球運動障害—MRI による動態観察—. 耳鼻臨床 89:1223—1232, 1996.
- 30) 河原正明, 椎原久美子, 木村 久, 深井小久子, 田淵昭雄, 古城 剛: シネモード MRI による眼窩吹き抜け骨折例の分析. 眼紀 46:740—746, 1995.