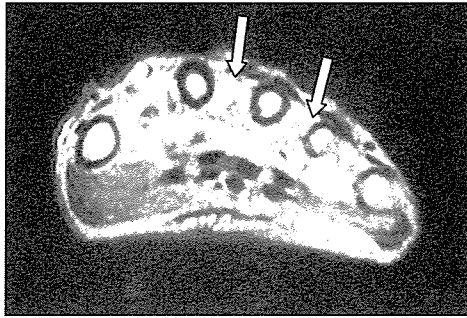


6) 骨間筋の高輝度変化、筋萎縮



今回の前腕及び手掌部の MRI 所見より、振動障害による運動機能障害の症度分類を試みた。今回の検査では、T2 強調画像における骨格筋輝度変化の程度とその変化がどの骨格筋にみられるかということが判定材料になるが、まず MRI の Grade 分類 (-)、(±)、(+)、(++) の 4 段階評価に対し、それぞれをクラス 0、1、2、3 とした。MRI で 2 ヶ所以上の骨格筋群に異常所見が見られた場合、輝度変化によるクラスを 1 段階上げる、即ち Grade 分類で (±) の所見であればクラス 1 とするところ、2 ヶ所の骨格筋群に (±) の所見が見られればクラス 2 と判定することにした。

この基準により、今回様々な条件で末梢循環障害評価より除外された症例を除く 30 症例の振動障害群を分析した結果、クラス 0 が 18 例、クラス 1 が 7 例、クラス 2 が 5 例と判定された。また、対照群 31 例中徳島での 3 例に MRI 上軽度の輝度変化が見られたが、入手された被検者の情報からはその原因は分析できなかった。

さらに運動機能評価として握力との相関関係を検討したが、振動障害群 30 例で MRI 検査側の握力（維持握力（5 回法）：初回と 2 回目の平均値で判定）25 kg 未満であった症例は、クラス 0 では 18 例中 3 例、クラス 1 では 7 例中 2 例であった。一方、クラス 2 では 5 例中 4 例と、クラス 2 では握力低下症例が多い傾向が見られたが、症例数が少ないため統計学的有意差は得られなかった。今回の MRI 検査結果からは、握力低下が見られても MRI 検査によるクラスが 0 あるいは 1 と著しい所見が認められない症例が数例見られた。一方、MRI 検査でクラス 2 と判定された症例のほとんどに著明な握力低下が見られており、MRI によるクラス判定は運動機能評価として有用であると考えられた。

(イ) MRI による運動機能評価に関する平成 14～16 年の委託研究の意義

振動障害による特有な運動機能障害というものは存在せず、運動機能検査は他の原因疾患も含め、筋力が正常より低下しているかどうかを評価する目的で行われる。機器を用いない検査方法は主に重症の麻痺患者が対象となり、実際上振動障害の検査として行うことは考えにくい。徒手筋力検査は、筋力検査の最も基本的なスクリーニングとして未だその価値は高いが、手指の筋力の評価は握力計・ピンチメーターなどの評価が簡便であり、上肢においては肘・肩などの筋力評価に限定して用いるべきであろう。その他の機器を用いた筋力測定は実際の普及度は低いため、現時点では振動障害の検査として不適當と考えられる。しかしながら、握力検査をはじめとする現行の

運動機能検査のもっとも重大な問題点は、常に被検者自身の最大努力が検査の前提となっていることで、被検者の「努力」に依存することのない客観的検査法の確立が望まれる。

客観的な運動機能検査方法のとしてMRIに注目し、これまで基礎的及び臨床的研究を行ってきた¹⁻⁵⁾。末梢神経が損傷されるとその支配筋には脱神経により形態学的変化のみならず、代謝面の変化も生じる。組織学的には脱神経筋は筋線維径の減少・萎縮を呈するが、通常その変化は脱神経後急速に進行する。MRIは非侵襲的で、筋の異常をその大小・部位にかかわらず描出することが可能である。MRIでの脱神経筋の所見は、T1強調画像で等輝度、T2強調画像で高輝度を呈するとされ、臨床症状と照らし合わせることで脱神経範囲の同定が可能で、また、経時的なMRIでの変化を追跡することでその予後や回復過程まで予想できる可能性がある。過去の報告⁶⁻⁹⁾によると、脱神経筋のMRIでの輝度変化はT2強調画像での高輝度とT1強調画像での等輝度画像では正常筋には変化が生じず、麻痺と合致した所見が診断的根拠となる。

MRIでの脱神経筋の変化の理論的根拠に関し、Polak¹⁰⁾は脱神経後15日でのラットの脱神経筋のT1値・T2値、筋肉全水分量、細胞外水分量を検索し、筋肉の全水分量はほとんど変化しないにもかかわらず、細胞外水分量は急速に増大することを示した。また、細胞外水分量の増加とT1・T2値の増加の間に相関関係を認めたことから、輝度変化の原因は脱神経による細胞外水分量の増加によるものと推察した。ラット坐骨神経と下腿三頭筋を用いた実験的研究で、神経切断群では術後2週の時点でT2強調画像上高輝度変化を呈した。T1・T2値、細胞外水分量は神経切断後増加し、その対側比は経時的に高値を維持した。一方神経修復群では、一度T2強調画像で脱神経変化と同様に高輝度を呈した後、4週以降6週までに輝度の正常化を認めた。また、T2値は2週までは増加したがその後減少傾向を示し、細胞外水分量は4週までは増加したがその後減少した。細胞外水分量の変化とT2値の正常化開始時期は若干一致しないが、画像上の輝度変化の正常化と細胞外水分量の変化の時期はほぼ同様の傾向を示した。このことは画像上の輝度変化が細胞外水分量の増加と相関があることを示唆する結果である。さらに、画像上の輝度変化は6週以降に正常化した。8週までの期間ではT2値・細胞外水分量とも完全に正常のレベルまでは回復しなかった。

T1値・T2値は細胞内外の全水分量により決定される。高分子と結合する水は全水分量の約8%であり、細胞内の残りの水とは急速には交換しない。また全水分量の82%を占める筋形質の緩和時間は45msであり、残りの約10%が細胞外水分量と考えられ、その緩和時間は196msと筋形質の約4倍の緩和時間であり、T2値に影響を与えやすい。このことから、脱神経及び再神経支配過程での輝度変化が全水分量には影響を受けず、細胞外水分量と平行したと考えられる。また、脱神経筋のT2強調画像での高輝度変化はT2値の増加および細胞外水分量、すなわち自由水の増加により説明できる。一方、細胞外水分量の増加に伴いT1値も多少増加するが、脂肪の増加によるT1値の短縮の影響により相殺され、T1強調画像では脱神経筋はほぼ等輝

度を呈したと考えられた。このように、脱神経筋の細胞外水分量は全水分量の変化がほとんどないにもかかわらず経時的に急速に増加し、そのことが MRI 上の輝度変化に影響を与えることが明らかになった。また、再神経支配に伴い細胞外水分量は減少し、T1 値・T2 値も減少し、それに伴い MRI の輝度も正常化した。

このように MRI は脱神経及び再神経支配過程の検査法として有望であり、脱神経及び再神経支配過程における筋肉の質的な変化の客観的評価手段として期待される。

振動障害の運動機能評価に関し MRI 検査が応用可能かということについては、平成 15 年度の委託研究として実施した。和歌山県立医科大学において MRI 装置 Siemens MAGNETON Vision Plus 1.5 Tバージョン VB 33 G を使用し、コイルとして CP-flex-large を用い、22 名の振動障害療養患者の①前腕中央部での横断像と②手関節から中手骨中央部までの横断像をそれぞれ撮像した。

振動障害療養患者では尺骨神経障害が高率に見られ、これらの症例における尺側手根屈筋の変化は MRI で比較的明瞭に現れた。症例によっては診察時に気がつかない程度の萎縮が MRI で明瞭に描出される可能性もあり、MRI の有用性が示唆された。筋萎縮の評価は前腕では本来、健側との比較で明らかとなるものであり、輝度変化に比べると情報に乏しかった。一方、手内筋は筋肉のボリュームが小さいため、その評価はなかなか難しいが、小指球、母指球などのある程度の体積のある筋肉ではその輝度変化は評価可能であった。また、骨間筋は麻痺に伴い、臨床上でも筋肉の萎縮が明らかとなるが、MRI でもこれらの症例では評価が可能であった。しかし、軽度の萎縮まで評価できるかどうかは今後の検討を要すると思われた。

また、前腕伸筋群の高輝度変化を認めた症例があり、橈骨神経麻痺の存在が予測されたが、伸筋群の明らかな筋力低下を認めるものはなかった。同所見からは潜在性橈骨神経麻痺の存在が疑われたが、橈骨神経に関する筋電図検査は行われておらず、橈骨神経障害の確定診断はなされていない。

伝導速度をはじめとする電気生理学的検査は、神経の障害を直接評価しているが、MRI では筋肉を評価している。MRI で評価を行っている筋肉の変化は、末梢神経障害による脱神経所見のみならず、血行障害や筋肉そのものの加齢変化や変性などを含んでいるものと考えられ、このことが両者の結果が必ずしも一致しないひとつの理由であると推測された。

これらの点について検討する目的で、平成 16 年度の委託研究では対照群として、各年齢層の健常人の肘関節部～手部の MRI を撮像し、加齢により MRI の骨格筋所見に変化が見られるか否かの検討を行った。さらに、末梢神経麻痺（橈骨神経麻痺）30 症例の前腕・手部の MRI 検査との比較を行い、検査所見と予後との関係などについて検討した。明らかな上肢の外傷歴や手術歴がなく、頸椎症性の神経障害を持たない健常人ボランティア 19 人 19 肢（右 16 肢、左 3 肢）を対象とし、40 歳代 5 名、50 歳代 5 名、60 歳代 5 名、70 歳代 4 名の肘部から手部へかけての T1 強調画像、T2 強調画像、T2 脂肪抑制画像を撮像した。この結果、各年齢層で T1 強調画像、T2 強調画像、T2 脂肪抑制画像ともに、前腕屈筋群、伸筋群、手内筋ともに明らかな輝

度変化を認めず、脱神経を示唆するような所見はなく、加齢に伴うさまざまな関節症、筋肉の変性、萎縮は MRI 上の輝度変化に反映されなかった。橈骨神経麻痺例では全例で長・短橈側手根伸筋及び総指伸筋に T2 強調像及びその脂肪抑制像で高信号変化を、後骨間神経麻痺例では全例でその支配神経である総指伸筋に T2 強調像及びその脂肪抑制像で高信号変化を生じた。

MRI は神経麻痺例ではその支配領域のみに筋の信号変化を生じ、逆に神経麻痺のない場合、加齢のみではまったく輝度変化が見られなかったことより、false positive 及び false negative のない検査手段であることが判明した。MRI は加齢の影響をまったく受けず、末梢神経障害の検査方法として神経麻痺の要素のみを検討しうる方法と評価できたが、MRI の輝度変化と末梢神経障害の程度との相関関係などは、さらなる詳細な検討、分類が必要である。

(ウ) 振動障害における骨格筋の機能検査としての MRI の意義

現行の運動機能検査の問題点は、被検者自身の最大努力が検査の前提条件であることで、被検者の努力に依存しない客観的検査方法として、MRI の診断価値の評価が今回の検討目的であった。振動障害における運動機能障害の主な原因は、肘部管症候群や手根管症候群などの絞扼性神経障害と考えられているが、その他の末梢神経障害や骨格筋への直接的影響なども否定できない。今回の検討から前腕中央及び手掌中央横断面の MRI で、T2 強調画像の輝度変化や筋萎縮を評価することは可能と評価した。また、これまでの研究で骨格筋の MRI の T2 強調画像の輝度は加齢による影響を受けないこと、その輝度変化の程度と末梢神経障害の程度は強く相関することが判明している。今回検査を実施した振動障害群では高度な運動機能障害を呈する症例が見られなかったが、MRI によるクラス評価でクラス 2 と評価された症例のほとんどに著明な握力低下が認められたことは、MRI によるクラス判定は運動機能評価としての有用性を裏付けるものであった。

今回の実証検査の検討から、振動障害の運動機能評価に当たっては、まず筋力、握力などによるスクリーニングを行い、異常の見られる症例に対しては MRI による詳細な評価を行うことが望ましいと考えられた。

(文献)

- 1 Kikuchi Y , Nakamura T, Takayama S, et al:MR Imaging in the Diagnosis of Denervated and Reinnervated Skeletal Muscles : Experimental study in rats. Radiology 229: 861-867, 2003.
- 2 菊地淑人 高山真一郎 中村俊康 他：末梢神経麻痺の MRI -支配筋の輝度変化について-. 整形外科 47: 1243-1246, 1996.
- 3 菊地淑人 中村俊康 高山真一郎 他：脱神経筋と再神経支配筋の MRI に関する実験的研究. 日手会誌 13: 754-757, 1996.
- 4 菊地淑人 中村俊康 高山真一郎 他：脱神経筋の MRI に関する実験的研究 -輝度変化の原因について-. 日手会誌 15: 518-521, 1998.