

Magnetization transfer ratio を用いた腰椎椎間板の 生理的加齢の変化と病的変性椎間板の定量的評価

寺田 尚弘

三重大学医学部放射線医学教室

はじめに

椎間板は髄核と線維輪から形成される。髄核は、柔らかいゲル状のプロテオグリカンとタイプ2コラーゲンからなる。一方、線維輪は、タイプ1コラーゲンからなり、同心円状に層状に髄核を取り囲んでいる^{1)~4)}。MRを用いた椎間板の加齢による変化あるいは病的椎間板についての報告は多数あるが、多くの報告では加齢と病的変性による変化は髄核の脱水現象を反映するとしている^{5)~8)}。例えば、Jenkins⁹⁾やSetherら¹⁰⁾は、若年から高年齢にわたる広範囲の年齢層で正常、病的椎間板の髄核のT₁あるいはT₂値を計測し、加齢及び病的椎間板の病変程度はT₁、T₂値との間に有意の相関が認められ、年齢が進むほど、病変の程度が著しいほどT₁、T₂値は低下するとしており、これは髄核の脱水現象を示唆する所見である。しかし、Setherら¹⁰⁾の結果についてはMRIの測定方法について、技術的な反論も見受けられる¹¹⁾。一方、椎間板の構成物質の変化についての報告もみられ、Pearceら¹²⁾は、椎間板の信号強度はプロテオグリカンの増加と関連があると報告しているが、水分あるいはコラーゲンとの関係については言及していない。Olczyk²⁾は、加齢は、髄核の不溶性のコラーゲンとチオシアン酸

カリウム (KSCN) に溶解するコラーゲンの増加を伴う現象であり、また、脱出した椎間板の中では不溶性のコラーゲンは軽度減少し、KSCNに溶解するコラーゲンは増加していることを報告している。以上のことより、髄核におけるT₁及びT₂緩和時間の短縮は加齢によるプロテオグリカンやコラーゲンなどの高分子物質の増加によることが示唆されるが、MR信号との明らかな関係は示されていない。

Lundbom¹³⁾は、髄膜腫における組織内のコラーゲン量はMR画像でのmagnetization transfer contrast (MTC)と関連があることを報告している。また、この研究ではMTCは、組織水のプロトンから高分子のプロトンへのmagnetization transferの程度、蛋白質溶液中の蛋白分子の増加に伴う交差緩和率 (cross-relaxation rate) の増加等を反映し、組織の分子構造に直接関連した情報を示している可能性があると考えられている。

MTCの変化を検出するために種々の撮像法が考案されているが、一般的には高分子に結合したプロトンを飽和させるために強力な pre-saturation radiofrequency (RF) パルスを必要とする場合が多く、そのようなパルス系列はすべての施設で利用できるものではない。一方、画像取得の高速化を目的として開発された高速スピネコー法 (fast spin echo : FSE) は、

キーワード magnetization transfer ratio (MTR), intervertebral disk, lumbar spine, water content

繰り返し時間内のRF数が多いために、multi slice法で用いる場合にはFSE自体がMTC効果を有することが報告されている^{14),15)}。また、MTC効果をより定量的に表現する手段として、近年ではMTR (magnetization transfer ratio) が導入されつつある。

本研究では椎間板髄核のT₂値及びMTRを測定し、これらが椎間板の生理的加齢や病的変性においてどのように変化するかを検討した。更に、MTRとT₂値を組み合わせた新しいパラメーターを提案し、椎間板の生理的加齢の変化や病的変性椎間板における変化を高分子結合水と組織自由水の比率から説明し得ること、これらの結果は前述の加齢に伴う高分子物質の増加等を反映したものであることを明らかにする。腰椎椎間板の含水量については過去様々な手法での解析が報告¹⁶⁾されているが、MTRを用いての報告はなく本研究がはじめてである。

対象と方法

【対象】1996年4月から8月までに腰椎MR検査を受けた19歳から83歳(平均年齢52.8歳)の男女60人(男37人,女23人)の椎間板である(Table 1)。被験者は年齢に対する分布が均一になるように選んだ。またそれぞれの被験者毎に、L1/L2, L2/L3, L3/L4, L4/L5, L5/S1の5つの椎間板を検討対象とした。ただし、椎間板は脳脊髄液の動き等によるアーチファクトを受けやすい部位であり、椎間板上にアーチファクトが重なった場合などは、その椎間板を検討対象から除外した。

【方法】MTR計測に用いたMRI装置はSigna Advantage (GE社製, 1.5T)である。また、使用したパルス系列は、two-contrast FSEである。撮像には脊椎用のフェイズドアレイコイルを用いた。撮像条件は、3000 m/17, 119 m/2 (repetition time/effective echo time/excita-

Table 1 Summary of Group

Age	Sex	#pt	#disk in Grade 1	#disk in Grade 2	#disk in Grade 3
10-19	M	1	3	2	0
	F	0			
20-29	M	5	32	4	0
	F	2			
30-39	M	7	26	8	1
	F	1			
40-49	M	2	24	9	5
	F	7			
50-59	M	8	32	15	1
	F	3			
60-69	M	8	28	21	12
	F	5			
70-79	M	6	16	16	9
	F	3			
80-89	M	0	6	4	0
	F	2			
Sum	M	37	167	79	28
	F	23			

M=male F=female

#pt: the number of patients

#disk: the number of intervertebral disks

tion), 5 mm/2 mm (slice thickness/interslice gap), 8 echo train length (ETL), band width \pm 16 Khz, field of view 20 cm, matrix 256 \times 192である。また、測定値に定量性をもたせるためにtransmit/receive gainは、全例で固定した(transmit gain=100 dB, receive gain 1=6, receive gain 2=15)。撮像方法は、腰椎関心部位がセンタースライスになるように設定し、two-contrast FSEにより15スライス撮像する(multi slice, 撮像のスライス順序はインターリーブ: 奇数, 偶数を交互に撮像する方法)。次いで、関心部位のスライスを同一条件で撮像する(single slice)。上記の方法により、同一

1996年12月10日受理 1997年3月10日改訂

別刷請求先 〒514 三重県津市江戸橋2-174 三重大学医学部放射線科医学教室 寺田尚弘

な関心部位のスライスが2枚得られる。multi slice法を用いる場合には関心部位前後のスライスに対する撮像用RFパルスが関心部位に対するoff resonanceのRFパルスとして作用するため、このような手法で得られる画像はsingle slice法で得られた画像に比してMT効果を反映したものとなる。このようにして求めた2種類の画像から、関心領域毎に信号強度比を求めてMTRを算出した。本研究では同一撮像部位においてmulti slice時の信号強度 S_m とsingle slice時の信号強度 S_s の比率を次式で求め、本研究におけるMTRと定義した。

$$MTR = (S_s - S_m) / S_s (\%)$$

なお、本論文ではMTRを百分率で示すこととし、そのために上記値を100倍した値を用いている。

また、本研究で用いる T_2 値にはsingle slice撮像で得られたFSE画像からの代用値を用いることとした。代用 T_2 値（以下、本論文ではこれを T_2 値と呼ぶ）の算出は次の手順で行った。前述の撮像条件（single slice法）で得られたeffective echo timeの異なる2枚の画像から関心領域毎に信号強度値を求め、これを次式のSE法で用いられる T_2 値算出式と同様の式に代入して求めた。

$$T_2 = -(TE1 - TE2) / \{\ln(S1) - \ln(S2)\}$$

ただし、 T_2 は代用 T_2 値、TE1及びTE2はeffective echo time 1及び2、S1及びS2はそのときの信号強度、lnは自然対数を意味する。このようなSE法と同様の T_2 値算出式をFSE法に適用することは厳密な意味では正しくない。しかし、久保等¹⁷⁾によれば、SE法とFSE法の T_2 値には高い相関が認められることを報告している。従って、前述の手法で求めた代用 T_2 値はSE法で求まる T_2 値を十分高い精度で反映しており、FSE法で求めた代用 T_2 値からSE法で算出した場合の T_2 値に換算が可能であると考えた。本研究では、FSE法か

ら算出された代用 T_2 値をSE法による T_2 値に換算した。

MTRは自由水と結合水の間におけるプロトン磁化の移動量を示すものであり、結合水あるいは構造水内のmacromoleculeの種類によっては必ずしも結合水内のプロトンが自由水側のプロトン間に磁化交換が生じない場合もあるが、一般的にMTRは、自由水及び結合水の和に対する結合水の割合を示す指標であると考えられ、本研究では、MTRは自由水と結合水の和に対する結合水の割合を示すものとした。さらに、 T_2 値は水分子のmobilityを反映するパラメータであり、自由水が多い場合には T_2 値は高く、一方、結合水が多い場合には T_2 値が短縮すると考えられる。したがって、本研究ではMTRの影響を受けた組織内における複合的な T_2 緩和の状況を示す指標として、新しいパラメータ、 $T_2 \times (1 - MTR/100)$ と $T_2 \times MTR/100$ を考案し、前者は自由水、後者は結合水の状況を反映するものとして加齢および病的変性に伴う腰椎椎間板内のこれらの値の変化を求めた。

結 果

撮像された腰椎椎間板をLewin¹⁸⁾, Yuら¹⁹⁾の分類を参考にして次の3型に分類した(Fig. 1, 2). Grade 1の例は画像上形態に異常を認めない椎間板であり、この例は正常の加齢変化を示すものであると考えた。Grade 2は、髄核に線維化などの変性により信号強度の低下している椎間板、または髄核の線維化が進行し線維輪に亀裂を認め、椎間板腔の軽度または中等度の狭小化を認める椎間板である。Grade 3は、髄核、線維輪の両方に変性を認め、椎間板腔の狭小化が著明なものとした。Grade 1に分類された椎間板は167件、grade 2は79件、grade 3は28件であった(Table 1).

Fig. 3はgrade 1に分類された症例のMTR画像(MTRが高いほど、信号が高くなる)例

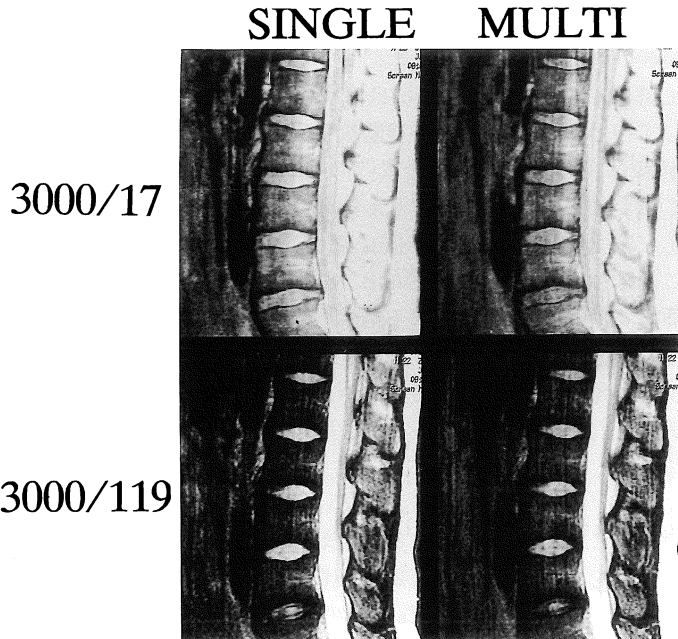


Fig. 1. Two-contrast FSE, 3000 m/17, 119 m/2 (repetition time/effective echo time /excitation), 5 mm/2 mm (slice thickness/inter-slice gap), 8 echo train length (ETL), band width ± 16 KHz, field of view 20 cm, matrix 256×192 .
The images of a 22 y. o. male. L5/S disk is grade 2. Other disks are grade 1.

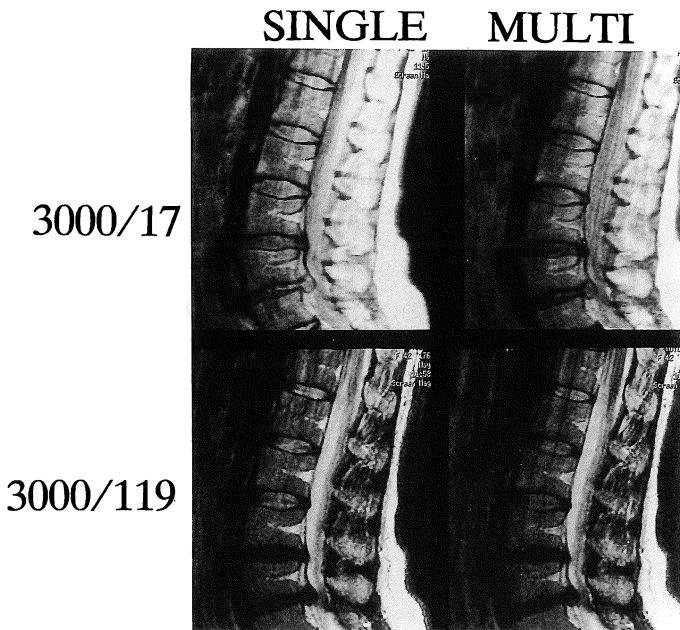


Fig. 2. The images in a 42 y. o. male. L4/5 and L5/S disks are grade 3. Other disks are grade 1.

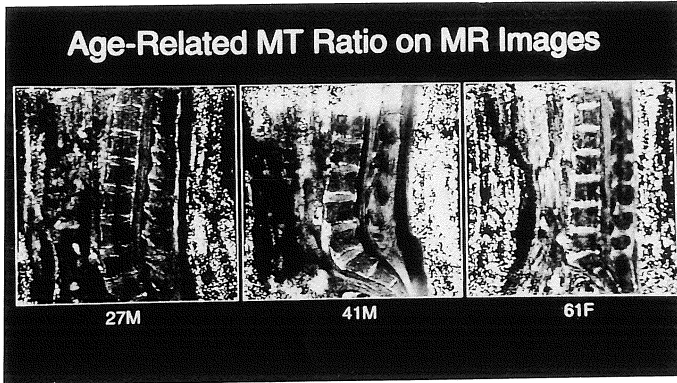


Fig. 3. Age-related MT ratio maps in the group of grade 1. A 27 y. o. male (left), 41 y. o. male (middle), 61 y. o. female (right). Stepwise elevations of MTR according to the age were clearly visualized.

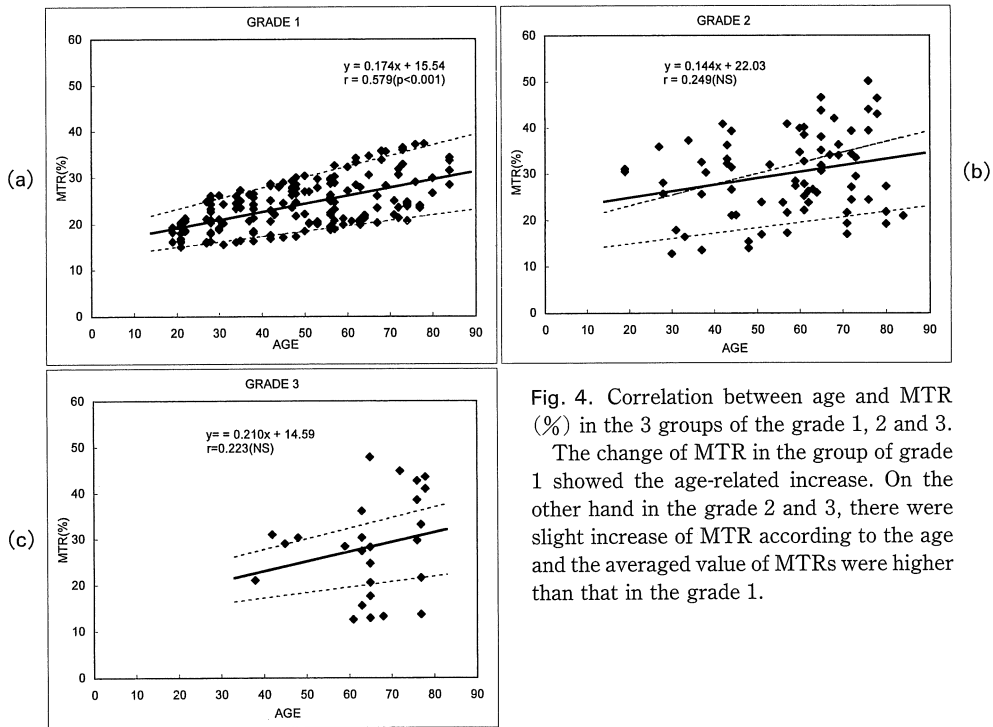


Fig. 4. Correlation between age and MTR (%) in the 3 groups of the grade 1, 2 and 3.

The change of MTR in the group of grade 1 showed the age-related increase. On the other hand in the grade 2 and 3, there were slight increase of MTR according to the age and the averaged value of MTRs were higher than that in the grade 1.

を示す。図は 27 歳男性（同図左）、41 歳男性（同図中）、61 歳女性（同図右）の場合であり、年齢が進むにつれて椎間板の MTR 値が上昇している状態が読みとれる。

Fig. 4 には各 grade 毎に年齢に応じた椎間板の MTR の変化を示す。grade 1 (Fig. 4(a)) では、両者間には相関係数 $r=0.579$ の著しく

有意 ($p<0.001$) な相関関係が認められた。年齢を x 、MTR を y としたときにその回帰直線（図中の実線） $y=0.174x+15.54$ が得られ、MTR は年齢とともに増加する傾向が示された。また、同図中には回帰直線に対する $\pm 3SE$ （ただし、SE は標準誤差を意味する）の信頼限界を破細線で示すが、その信頼限界は年齢と

ともに広がり、MTR のばらつきが大きくなる傾向が示された。Grade 2 (Fig. 4(b)) の椎間板では、MTR と年齢との間には $r=0.249$ で有意の相関関係は認められなかった。回帰直線 $y=0.144x+22.03$ から、MTR は加齢とともにわずかに増加する傾向が推察されたが、その程度は grade 1 に比して低かった。また、同図内には (Fig. 4(a)) と同一の grade 1 群に対する回帰直線の信頼限界を破細線で同時に示すが、grade 2 に属する椎間板の大半の MTR 値がその信頼限界からはずれており、特に上方にはずれた例が 54% を占めた。Grade 3 (Fig. 4.(c)) の椎間板は 38 歳以上の被験者群に認められ、対象例の年齢域が狭く、変動も大きく、例数も少なく、有意の相関は得られなかった。

Fig. 5 には各 grade 毎に年齢層における椎間板の T_2 値の変化を示す。Grade 1 (Fig. 5(a)) では両者間に $r=-0.694$ と有意 ($p<0.05$) の相関関係が認められた。年齢を x 、 T_2 値を y と

すると、回帰直線 (図中の実線) $y=-1.358x+177.05$ が得られ、これから T_2 値は年齢とともに低下する傾向が示された。なお、同図内および Fig. 5(b), Fig. 5(c) には grade 1 群に対して求められた回帰直線に対する $\pm 3SE$ の信頼限界を破細線で示す。一方、grade 2 (Fig. 5(b)) の場合は、 $r=-0.323$ であり、有意 ($p<0.05$) の相関関係を認めた。その回帰直線は $y=-0.331x+90.88$ であり、加齢に伴って T_2 値がわずかに低下する傾向が推察されたが、その勾配は grade 1 の場合に比して低かった。破細線で示した grade 1 の信頼限界と比較すると若年層で T_2 値低下例が多いことが示されている。Grade 3 においては有意の相関は認められず、破細線の範囲との比較から低値に分布する傾向が推察された。

Fig. 6 に $T_2 \times (1-MTR/100)$ に基づいて算出された MTR の影響を受けた組織内自由水における複合的な T_2 緩和の状況を示す指標と

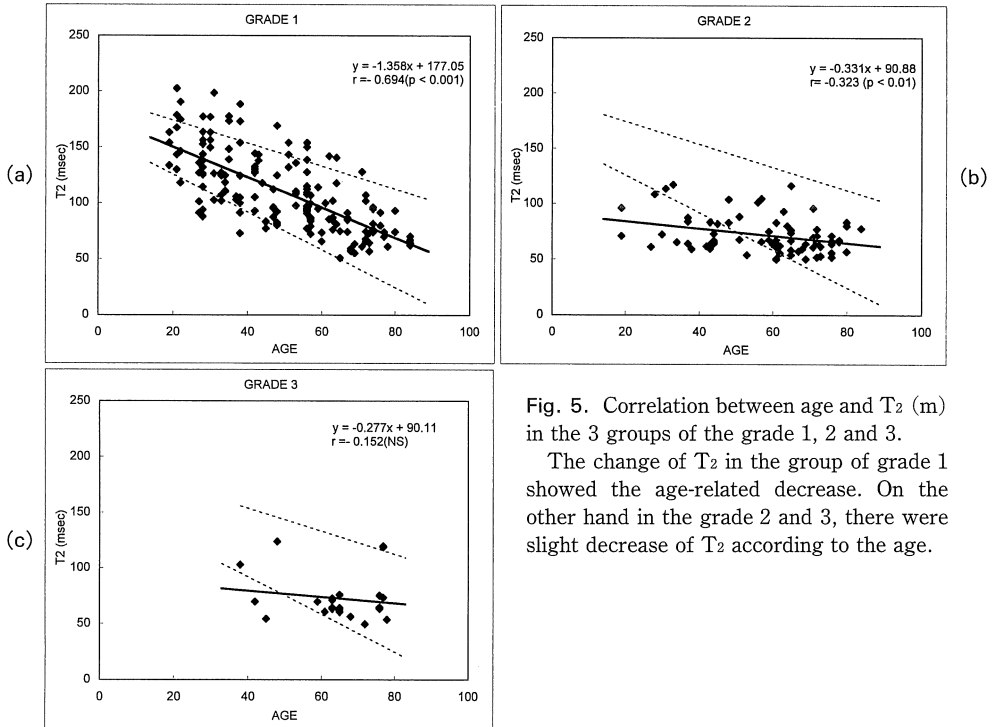


Fig. 5. Correlation between age and T_2 (m) in the 3 groups of the grade 1, 2 and 3.

The change of T_2 in the group of grade 1 showed the age-related decrease. On the other hand in the grade 2 and 3, there were slight decrease of T_2 according to the age.

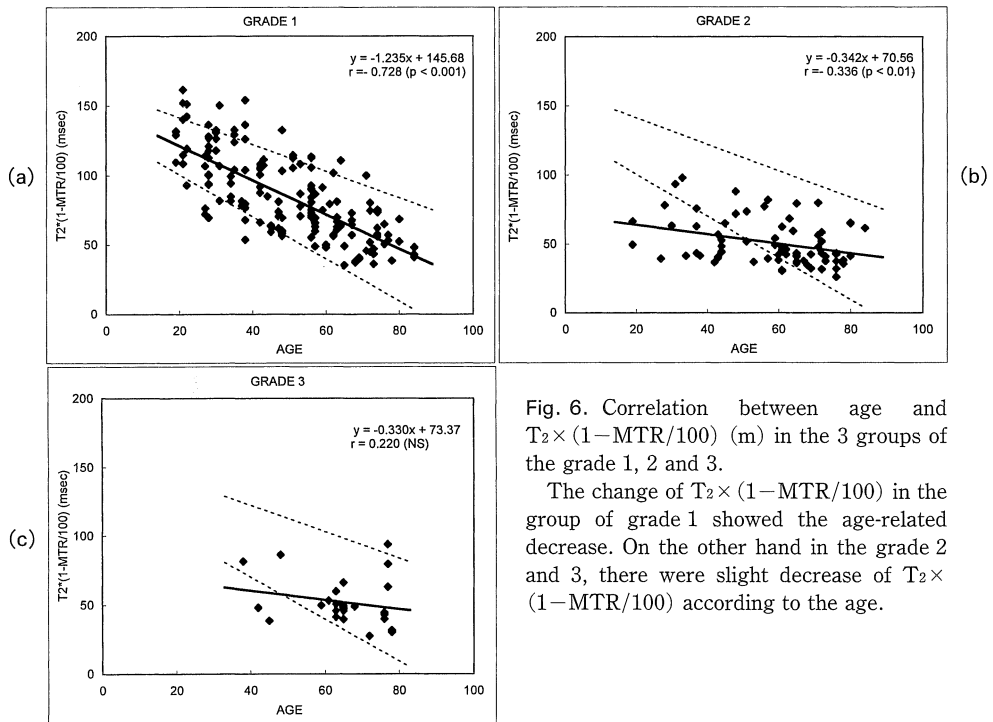


Fig. 6. Correlation between age and $T_2 \times (1-MTR/100)$ (m) in the 3 groups of the grade 1, 2 and 3.

The change of $T_2 \times (1-MTR/100)$ in the group of grade 1 showed the age-related decrease. On the other hand in the grade 2 and 3, there were slight decrease of $T_2 \times (1-MTR/100)$ according to the age.

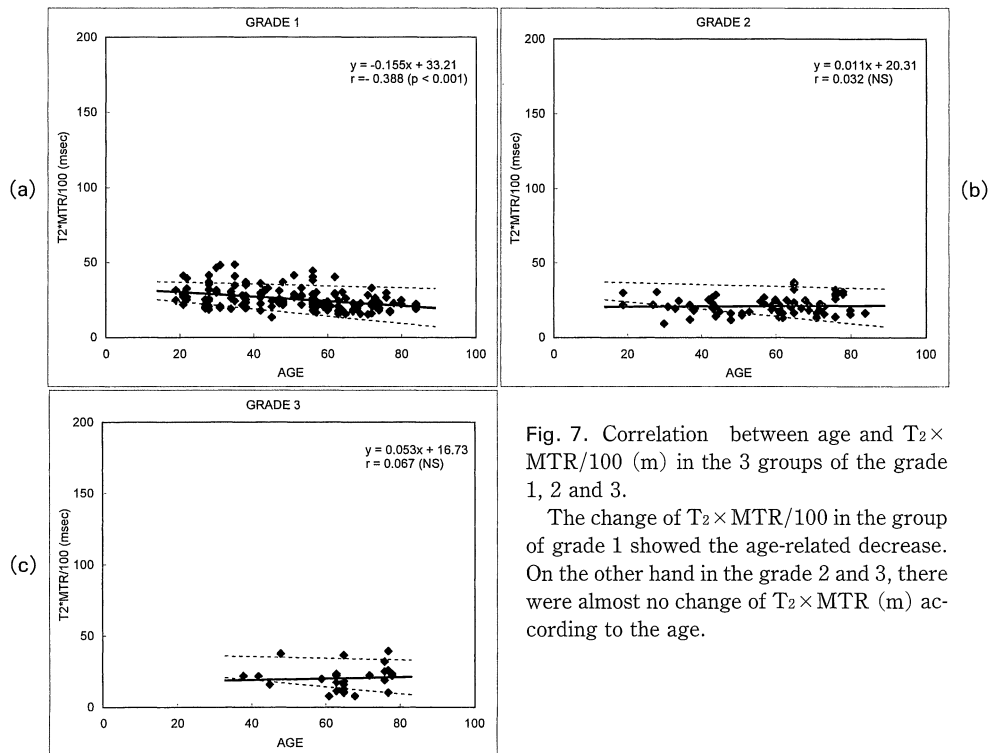


Fig. 7. Correlation between age and $T_2 \times MTR/100$ (m) in the 3 groups of the grade 1, 2 and 3.

The change of $T_2 \times MTR/100$ in the group of grade 1 showed the age-related decrease. On the other hand in the grade 2 and 3, there were almost no change of $T_2 \times MTR$ (m) according to the age.

年齢に応じた変化を示す。Grade 1 (Fig. 6(a)) では、両者間には $r = -0.728$ と著しく有意の相関係数 ($p < 0.05$) が認められた。年齢を x 、 $T_2 \times (1 - MTR/100)$ 値を y とした回帰直線 (図中の実線) は $y = -1.235x + 145.68$ から、 $T_2 \times (1 - MTR/100)$ は加齢とともに低下する傾向を示した。なお、同図内および Fig. 6(b), Fig. 6(c) には grade 1 における回帰直線に対する $\pm 3SE$ の信頼限界を破細線で示す。一方、grade 2 (Fig. 6(b)) では、 $r = -0.336$ で軽度ながら有意 ($p < 0.05$) の相関が認められ、回帰直線 $y = -0.342x + 70.568$ から年齢とともに軽度低下傾向が推察されたが、grade 3 (Fig. 6(c)) では有意の相関は認めなかった。また、grade 2, 3 では、grade 1 の信頼限界の下限ないしは下方にはずれて分布する例が多かった。

Fig. 7 に $T_2 \times MTR/100$ で示される MTR の影響を受けた組織内結合水における複合的な T_2 緩和の状況を示す指標と年齢に伴う変動を示す。Fig. 7(a) に示す grade 1 では両者間には $r = -0.388$ の有意 ($p < 0.05$) な相関関係が認められた。年齢を x 、 $T_2 \times MTR/100$ を y とした回帰直線は $y = -0.155x + 33.212$ であり、年齢とともにわずかながら低下する傾向が示された。Grade 2 (Fig. 7(b)) および grade 3 (Fig. 7(c)) では有意の相関は認められず、回帰直線の勾配も著しく低値であり、年齢による変動は認められなかった。また、grade 2 および grade 3 群の椎間板は、grade 1 群に対する $\pm 3SE$ の信頼限界の低値領域に分布する例が多かった。

考 察

椎間板は加齢あるいは変性によって含水率^{9),10),16)}や組織構成成分^{2),12),13)}に変化を来す事が知られているが、この両者の変動を定量的にしかも非侵襲的な臨床的検査として測定した報告は見られない。最近開発され注目を集めている MT 法は高分子と水の相互作用を利用し

た新しい MR 撮像技術であり、これによって求められる MTR から組織内の水分子を高分子結合状態のものと自由水状態のものとの割合として把握する事が可能である¹⁵⁾。一方、久保ら¹⁷⁾はファントム実験で 50 ms–400 ms の間では、FSE で測定した代用 T_2 値と SE で測定した T_2 値とはほぼ比例し、両者間でお互いに換算が可能であるとの結果を得ている。本研究では FSE 法で算出された代用 T_2 値を久保等の式に基づいて SE 法で算出した場合の T_2 値に換算して使用し、また実験結果を検討した。

Grade 1 で検討した正常椎間板例では総含水量を反映する T_2 値は加齢とともに減少し (Fig. 5(a))、相対的な結合水の割合を示す MTR は加齢とともに上昇した (Fig. 4(a))。これは自由水 (Fig. 6(a)) と結合水 (Fig. 7(a)) とが共に加齢とともに低下するが、自由水の減少が結合水の減少に比してより著しく、椎間板内の結合水の割合が相対的に増加したことを反映していると考えられる。これは自由水の年齢に対する回帰直線の傾きが下降方向に大きい事から説明される。

Jenkins ら⁹⁾や Sether ら¹⁰⁾は、若年から高年齢にわたる広範囲な年齢層の椎間板観察から、年齢が進むほどその T_2 値は低下するが、これは髄核の脱水現象を示唆する所見であるとしている。また、有馬¹⁶⁾はヒト屍体の腰椎椎間板を材料として、椎間板の水分に関して椎間板を直接乾燥させて重量測定し、椎間板の含水度に関する研究を行った。その結果、髄核の含水度については生後 1 ヶ月未満で 90.6%、1 ヶ月以後 1 年未満で 88.0%、10 代で 85.6%、20 代で 83.0%、30 代で 80.4%、40 代で 78.8%、50 代で 77.0%、60 代で 75.7%、70 代で 73.0%、80 代で 70.5% と低下したと報告している。Grade 1 に対する本研究の結果はこれらの報告結果と合致するものである。

本研究では病的変性例を grade 2 及び grade 3 として別に検討した。病的変性例の grade 2 では T_2 値や自由水と年齢との間に軽度の相関

が見られたが、その他のいずれの計測値にも年齢との間に有意の相関が認められず、また回帰直線の勾配も grade 1 の場合に比して低く、年齢による変動は少ないと考えられた。この原因として T₂ 値、自由水、結合水のいずれにおいても、若年層、高年齢層ともに grade 1 群の回帰直線に対して示された信頼限界の下限ないしは下方に外れて分布していることから、病的変性では年齢にかかわらずこれらの水分量が減少している事を示すものであると考えられた。これら含水量の低下を認めた症例群には生理的な加齢化病変も含まれていると考えられるが、MTR 値が grade 1 の下限 16% と上限 37% を超えてはずれている症例も多く、これらの例では自由水と結合水の減少の程度が正常の加齢的な変動と異なった不均衡状態を有し、多くは自由水の低下がより著しいために、結合水対自由水の比率が相対的に高くなっている事を示すものであると推測される。試みに結合水/自由水の比率の平均値を grade 1 の例と grade 2, grade 3 の合計と比較してみると、前者では 0.301 ± 0.142 (標準偏差)、後者では 0.451 ± 0.1832 となり、後者の病変例では有意に ($p < 0.001$) 高値を示した。これらの例は椎間板の形態学的変化からは検出不能な結合水、自由水の状態に関する情報を提供するものであり、通常に加齢的な変動と異なった現象を理解する一助になると考えられた。

なお、本研究でプロトン密度は全含水量の指標として求めたが、測定値にばらつきが多かったので検討には用いなかった。これは測定に脊椎用のフェイズドアレイコイルを用いたため、場所により感度、ノイズなどの条件が異なった事が推察される¹⁰⁾。一方、T₂ 値は信号強度のエコー時間に対する変化率として算出されるパラメータであり、プロトン密度ほど場所による感度ムラの影響を受け難いと思われる。さらに、李ら²⁰⁾は、MTR 計測精度をゼラチンフェントムを用いて検討し、サーフェイスコイル表面から MTR 計測面までの距離による MTR

の変動は少なく、サーフェイスコイルを用いた MTR の測定精度は十分に信頼できると報告している。

本研究で示した MTR, T₂ 値で示した含水の状況、自由水、結合水の状態は椎間板の組織構造の変化を反映する新しいパラメータになり、各年齢層における正常域と比較する事により変性疾患病巣の程度診断、病態生理把握に有用な情報を提供すると思われる。

稿を終えるに臨み、本研究の機会を与えて下さり懇篤な御指導、御校閲を賜った放射線医学教室中川毅教授に深甚なる謝意を表します。また、本研究の直接の御指導をいただきました教室の紀ノ定保臣講師に深謝いたします。

文 献

- 1) Parke WW, Schiff DCM : The applied anatomy of intervertebral disc. Orthop Clin North Am, 2 : 309-324, 1971.
- 2) Olczyk K : Age-related changes in collagen of human intervertebral disks. Gerontology, 38 : 196-204, 1992.
- 3) Modic MT, Pavlicek W, Weinstein MA, et al. : Magnetic resonance imaging of intervertebral disk disease. Clinical and pulse sequence considerations. Radiology, 152 : 103-111, 1984.
- 4) Brickley-Parsons D, Glimcher MJ : Is the chemistry of collagen in intervertebral discs an expression of Wolff's law? A study of the human lumbar spine. Spine, 9 : 148-163, 1984.
- 5) Naylor A, Horton WG : The Hydrophilic properties of the nucleus pulposus of intervertebral disc. Rheumatism, 11 : 32-35, 1955.
- 6) Gower WE, Pedrini V : Age-related variations in proteinopolysaccharides from human nucleus pulposus, annulus fibrosus and costal cartilage. Journal of Bone Joint Surgery, 51-A : 1154-1162, 1969.
- 7) Hendry NGC : The hydration of the nucleus pulposus and its relation to intervertebral derangement. Journal of Bone Joint Surgery, 40-B : 132-144, 1958.

- 8) Lipson SJ, Muir H : Proteoglycans in experimental intervertebral disc degeneration. *Spine*, 6 : 194-210, 1981.
- 9) Jenkins JPR, Hickey DS, Zhu XP, et al.: MR Imaging of the intervertebral disc : a quantitative study. *The British Journal of Radiology*, 177 : 385-388, 1990.
- 10) Sether LA, Yu S, Haughton, Fischer ME : Intervertebral Disk : Normal age-related changes in MR signal intensity. *Radiology*, 177 : 385-388, 1990.
- 11) Modic MT, Herfkens RJ : Intervertebral disk; Normal age-related changes in MR signal intensity. *Radiology*, 177 : 324-332, 1990.
- 12) Pearce RH, Thompson JP, Bebault GM, et al.: Magnetic resonance imaging reflects the chemical changes of aging degeneration in human intervertebral disk. *J Rheumatol (suppl.)*, 18 : 42-43, 1991.
- 13) Lundbom N.: Determination of magnetization transfer contrast in tissue An MR imaging study of brain tumor. *AJR*, 159 : 1279-1285, 1992.
- 14) Listerud J, Einstein S, Outwater E. et al.: First principles of fast spin echo. *Magn Reson Quart*, 8 : 199-244, 1992.
- 15) Melki PS, Mulken RV : Magnetization Transfer effect in multi slice RARE sequences. *Magn Reson Med*, 24 : 189-195, 1992.
- 16) 有馬亨 : 椎間板の水分に関する研究. *日整会誌*, 44 : 571-587, 1970.
- 17) 久保 均, 荒木昭信, 紀ノ定保臣, 他 : SE・FSE・SE-EPIを用いた横緩和時間の定量的検討. *日磁医誌*, 投稿中.
- 18) Lewin T. Osteoarthritis in lumbar synovial joints. *Acta Orthop Scand (suppl.)* : 73 1964.
- 19) Yu S : Criteria for classifying normal and degenerated lumbar intervertebral disks. *Radiology*, 170 : 523-526, 1989.
- 20) 李 松柏, 紀ノ定保臣, 奥田康之他 : ラット脳の発達に伴う Magnetization Transfer Ratio の変化, *日本医学放射線学会誌*, 56 : 955-960, 1996.

Quantitative Analysis of Age-related Changes of Physiological Condition and Degeneration in Human Lumbar Intervertebral Disks Using Magnetization Transfer Ratio

Naohiro TERADA

*Department of Radiology, Mie University School of Medicine
1-154 Edobashi, Tsu, Mie 514*

We assessed the age-related changes of magnetization transfer ratio (MTR) in intervertebral disks. The MTR was calculated by using the equation $MTR = 100 \times (S_s - S_m) / S_s$, where S_s and S_m were the measured signal intensities on the fast spin echo (FSE) images obtained with single slice and multi slice imaging technique, respectively.

The intervertebral disks were divided into three groups (grade 1, grade 2 and grade 3) according to their appearance on MR images. Grade 1 was normal. Grade 2 was the one which showed the low signal intensity on the MR image because of the mild and moderate degeneration. Grade 3 was the one which presented the marked degeneration. The intervertebral disks of 60 subjects ranging from 19 to 83 years old were examined. The number of disks were 167 in grade 1, 79 in the grade 2 and 28 in the grade 3.

The change of MTR in the group of grade 1 showed the age-related increase. On the other hand in the grade 2 and 3, there were slight increase of MTR according to the age and the averaged value of MTRs were higher than that in the grade 1.

The MTR could be a new parameter to assess the intervertebral disks.