

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：32651

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K19820

研究課題名(和文)MRI検査が刺青・アートメイクに及ぼす影響

研究課題名(英文)The effect of the MR imaging to tattoo or permanent makeup.

研究代表者

富田 祥一(Tomita, Shoichi)

東京慈恵会医科大学・医学部・講師

研究者番号：40529715

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：刺青に用いられる色素は金属(酸化鉄)を含むことがあるため、MRI検査時の熱傷が危惧されている。本研究では刺青に用いられる代表的な8種類の色素顔料の9.4T MRI検査における温度変化、色調変化そして組織学的変化を動物実験により検証した。いずれの検体も、水疱や発赤といった熱傷を来すことはなく、最大0.4度の温度上昇を認めた。色調変化はマンセル表色系で特徴的な変化はなく、色差 E00はいずれの検体も3.0以下であった組織学的検証でもMRI前後に著変を認めなかった。

研究成果の概要(英文)：There is concern that tattooed skin is at risk of being burned by MRI. However, a detailed evaluation of the impact of MRI on medically tattooed skin has not been performed. The study aimed to clarify the changes in common inorganic tattoo pigments during MRI in an animal model.

Tattooed hairless mice with eight typical pigments for tattoos were evaluated for changes in temperature, color tone, and histology of the tattoos during a 9.4-T MRI.

None of specimens had signs of burns. In terms of temperature changes, the black iron oxide and carbon black specimens had a maximum temperature increase of 0.4 degrees. In the Munsell color system, no specific color changes were observed before or after the MRI. Color changes evaluated as the E00 in the L*a*b* color space were all lower than 3.0 and thus regarded as being indistinguishable and within the color unevenness of the tattoo. Histologic analysis of the specimens showed no significant changes before and after the MRIs.

研究分野：形成外科

キーワード：刺青 アートメイク MRI検査 熱傷

1. 研究開始当初の背景

刺青とは針などで皮膚に傷を付け、色素を入れて着色することで文字や絵柄を描く手技、およびその手技を用いて描かれたものである。古代より人類とともに刺青は存在し、古くは紀元前 12000 年ころより、皮膚切開部へ灰をすり込んだことに始まり、最古の刺青は 5300 年前のミイラから発見されたものとされている¹⁾。現在刺青は、ファッションやアイデンティティの表現の手段として広く認知されている。また近年では、刺青の技術を美容へ応用し、眉毛、アイラインそして口唇へ着色して化粧の代用とするアートメイクや、刺青の技術を医療へ応用し、乳癌に対する乳輪乳頭再建、化学療法時の眉毛の脱毛、白斑、白色癬痕などへの着色を行う paramedical pigmentation が行われる様になった。刺青はアメリカ人の 18~50 歳の 24%²⁾、オーストラリア人の 19~23 歳 男性 26%、女性 20%³⁾が刺青を有すると報告されている。世界の多くの国がライセンスを有するアーティストによる施術が行われている。一方で日本では、法律上、刺青やアートメイクは医療行為とされている。さらにアメリカ食品医薬品局は体内へ注入するための色素を認可しておらず、あくまでも化粧品としての認可している⁴⁾。そのため、その安全性の確立が求められる。

これまで、MRI 検査による刺青やアートメイク部の熱傷が報告されている。1987 年 Jackson ら⁵⁾により、アイラインのアートメイク部の 1 度熱傷を来した 22 歳の女性が初めて報告された。以後、Siemens 社はアイラインへアートメイクを有する患者への MRI 検査を推奨していない。以後 5 例のアートメイク部の熱傷が報告されているが、いずれも灼熱感、発赤あるいは腫脹といった症状で早期に回復した⁶⁻⁹⁾。一方で刺青部の熱傷は 7 例報告されている¹⁰⁻¹⁶⁾。この中で唯一 Wagle らによって 2 度熱傷が報告されている¹²⁾。

2. 研究の目的

刺青に用いられる色素は金属(酸化鉄)を含むことがあるため MRI 検査により発熱し、時に熱傷を起こす可能性が危惧されている。そのため MRI 製造業者は刺青・アートメイクがある症例への MRI 検査を推奨していない⁵⁾。しかし、検査を行うメリットが大きいと判断された際には十分なインフォームドコンセントの上で MRI 検査が行われる場合がある¹⁷⁾。これは病院あるいは主治医によって対応は様々であり、現在コンセンサスは得られていない。

本研究では刺青に用いられる色素顔料の MRI 検査により受ける影響を動物実験により調査し明らかにする。

3. 研究の方法

色素

色素成分を公表している Biotouch 社の (pure pigment, Biotouch, Inc. California, US) の 30 種類の pigment に用いられている、白い titanium dioxide、黄色い iron oxide yellow、赤褐色の iron oxide red、黒い iron oxide black と carbon black、青い ultramarine blue #29、緑色の chromium oxide green #7、赤い D&C red #7 という 8 種類の色素顔料を選択した。

刺青の方法

2.5% イソフルランによる全身麻酔下に、Hos:HR-1 というヘアレスマウス背部へ各色素を用いて 25mm 大の円形の刺青を施し、その後ワセリンを塗布した。また色素を用いず、針のみを刺した個体を control とした。

MRI 検査

刺青の翌日、MRI 検査を施行した。MRI 装置は Bruker 製 (BioSpec 94/20USR) 9.4T の超高磁場 MRI を用いた。MRI 検査のシーケンスは RF パルスの多い、spin echo 法の 1 つの

Turbo RARE T2 (TR 3500msec、TE 11.0msec、flip angle 180°) を用い、25 回連続検査を各色 2 回施行した (図 1)。

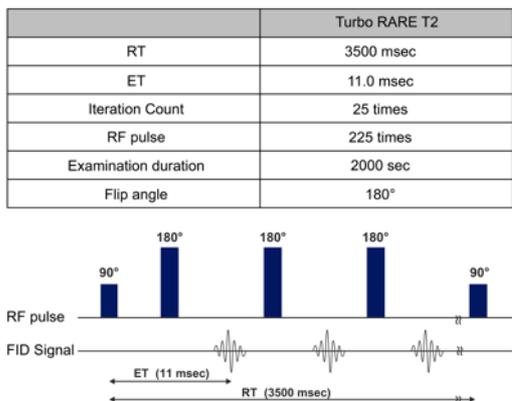


図 1

なお、RFパルスとは、MRI検査においてプロトンの情報を取り出すために用いる核磁気共鳴 (nuclear magnetic resonance) 現象を起こすため、外部から照射する電磁波のことである。

評価項目は以下①MRI検査中の刺青部表面温度の変化、②MRI検査後に熱傷の有無、③分光測色計を用いたMRI検査前後の色調変化、④MRI検査前後の刺青部組織学的変化の4つとした。

温度変化の評価

MRI検査時の温度変化は、刺青部へ体温プローブを当て、ポリウレタンフォームを用いて片側断熱した (図 2)。



図 2

MRI操作室の生体モニター上の温度変化を記録した。MRI検査室内は空調により一定温度に保たれているが、MRI装置内は冷却装置により、

やや気温が低下しているため、マウスを30分以上ガンドリ内へ入れ、測定温度がプラトーになったことを確認し、MRI検査を開始した。MRI検査前後に分光測色計による測色と、刺青部の皮膚生検を施行した。

色調の評価

色調変化は分光測色計 (CM 600d Konica Minolta Japan Co., Ltd.) を用いて MRI 検査前後の刺青部を各 10 回ずつ測色し、色彩管理ソフト (CM-S100w SpectroMagic NX Konica Minolta Japan Co., Ltd.) を用いてその平均値を比較した。

色彩はマンセル表色系¹⁸⁾とL*a*b*表色系¹⁹⁾を用いた。マンセル表式系はマンセルカラーツリーという三次元に表現された色空間に基づく。Hue は色相、Value は明度、Chroma は彩度を示す。色相は赤、黄、緑、青、紫の5つの基準色があり、さらに黄赤、黄緑、青緑、紫青、赤紫の中間色が設定され、その間を10段階に分け表される。明度は明るさを表し、0に近いほど暗く、10に近いほど明るい。彩度は色の鮮やかさを示し、0に近いと無彩色となり、大きいと鮮やかになるが、その最大値は色相によって異なる。なお、無彩色はN Vと表される¹⁸⁾。

一方L*a*b*表色系は知覚的にほぼ均等な歩度をもつ色空間 (均等色空間) の一つで、色差を表すのに最も多く用いられている表色系である。L*は明るさを0から100で示す。0が暗く、値が大きいほど明るい。a*は正の値は赤、負の値は緑 (赤の補色) を示し、b*は正の値では黄、負の値では青 (黄の補色) を表す¹⁹⁾。L*a*b*表では2つの色の差を色差 ΔE_{00} として表す。 ΔE_{00} が0.8-1.6であればAA級許容差とされ、色の隣接比較でわずかに違いが分かり、 ΔE_{00} が1.6-3.2では、A級許容差とされ、離間比較ではほとんど気づかれず、一般的には同じ色と認識されるレベルである²⁰⁾。

組織学的評価

MRI検査前後に、刺青部より3mmパンチ生検を行った。生検部位は5-0ナイロン糸にて閉創した。生検組織は10%ホルマリンによって固定され、パラフィンで切片を作製した。HE染色の上、病理専門医による評価を受けた。

4. 研究成果

① 温度変化

青い ultramarine blue #29 は温度変化なし、Control、titanium dioxide、黄色い iron oxide yellow、緑色の chromium oxide green #7、赤い D&C red #7 は最大 0.1 度の温度上昇、赤褐色の iron oxide red は最大 0.2 度の温度上昇を認め、黒い iron oxide black と carbon black は最大 0.4 度の温度上昇を認めた (図 3)。

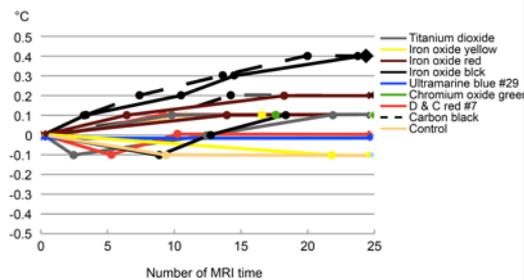


図 3

② 熱傷の有無

いずれのマウスも、視診上、発赤や水疱といった熱傷の所見を認めなかった。

③ 色調変化

詳細の結果は表 1 にまとめた。Titanium dioxide の彩度が低くなかった (MRI 検査前 1.30 ± 0.11 、MRI 検査後 1.25 ± 0.02) であったため、有彩色として扱った。一方、iron oxide black と carbon black は彩度が著しく低かったため、無彩色として表記した。MRI 検査前後で最も色差が大きかったのは iron oxide yellow で

あった。またマンセル表式系において、MRI 検査前後に特徴的な変化を認めなかった。

		L*	a*	b*	H	V	C	ΔE_{90}
titanium dioxide	Before MRI	62.51 ± 2.50	0.82 ± 0.40	9.41 ± 0.93	1.2 ± 0.9 Y	6.10 ± 0.25	1.30 ± 0.11	0.86
	After MRI	61.57 ± 0.11	0.85 ± 0.09	8.98 ± 0.05	1.2 ± 0.2 Y	6.01 ± 0.01	1.25 ± 0.02	
iron oxide yellow	Before MRI	56.51 ± 0.11	12.84 ± 0.01	32.90 ± 0.02	9.3 ± 0.0 YR	5.60 ± 0.01	5.51 ± 0.00	3.00
	After MRI	59.77 ± 0.06	12.18 ± 0.06	31.64 ± 0.37	9.4 ± 0.1 YR	5.93 ± 0.06	5.52 ± 0.04	
iron oxide red	Before MRI	31.37 ± 0.14	16.83 ± 0.11	9.51 ± 0.09	7.7 ± 0.1 R	3.10 ± 0.01	3.51 ± 0.02	0.38
	After MRI	31.69 ± 0.18	16.42 ± 0.03	9.09 ± 0.03	7.3 ± 0.1 R	3.12 ± 0.02	3.46 ± 0.01	
iron oxide black	Before MRI	25.22 ± 0.04	0.45 ± 0.06	0.19 ± 0.14		3.32 ± 0.10		1.11
	After MRI	26.34 ± 1.11	0.31 ± 0.25	-0.37 ± 0.40		3.10 ± 0.09		
ultramarine blue #29	Before MRI	35.96 ± 1.04	-0.70 ± 0.06	-5.81 ± 0.37	6.1 ± 0.1 PB	2.49 ± 0.13	1.30 ± 0.09	2.63
	After MRI	27.57 ± 0.12	-1.08 ± 0.03	-8.88 ± 0.07	5.7 ± 0.1 PB	2.64 ± 0.01	2.01 ± 0.02	
chromium oxide green #7	Before MRI	43.42 ± 1.43	-8.46 ± 1.18	11.88 ± 0.88	7.0 ± 0.5 GY	4.14 ± 0.13	2.53 ± 0.29	1.35
	After MRI	43.37 ± 0.33	-9.42 ± 0.37	12.14 ± 0.27	7.7 ± 0.2 GY	4.24 ± 0.03	2.74 ± 0.09	
D&C red #7	Before MRI	42.45 ± 0.97	33.32 ± 1.11	17.81 ± 0.37	6.4 ± 0.1 R	4.18 ± 0.09	8.11 ± 0.25	0.87
	After MRI	41.75 ± 0.53	34.78 ± 0.28	18.20 ± 0.59	6.3 ± 0.3 R	4.11 ± 0.05	8.45 ± 0.08	
carbon black	Before MRI	34.12 ± 1.00	0.38 ± 0.03	0.34 ± 0.12		3.32 ± 0.10		1.91
	After MRI	31.78 ± 0.57	0.33 ± 0.04	0.67 ± 0.09		3.10 ± 0.05		
control	Before MRI	60.29 ± 0.48	5.59 ± 0.13	9.56 ± 0.08	2.4 ± 0.1 YR	5.87 ± 0.05	2.13 ± 0.03	0.90
	After MRI	59.69 ± 0.76	5.19 ± 0.44	10.14 ± 0.78	3.3 ± 0.6 YR	5.79 ± 0.09	2.03 ± 0.11	

表 1

④ 組織学的変化

いずれの検体も真皮のみならず、表皮により多くの色素を認めた。表皮には刺青の施術の影響と考えられるびらんを認めた。真皮層では好中球浸潤と膠原線維の変性を認めた。しかし MRI 検査前後に著変を認めなかった。(図 4)

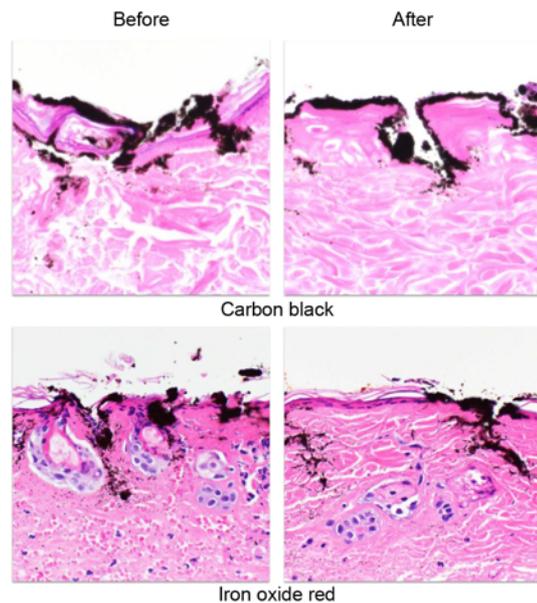


図 4

MRI 検査時に熱傷のリスクがあるとされる刺青・アートメイクであるが、本研究では MRI 検査前後で有意な変化を認めなかった。日本では刺青、アートメイクが医療と位置づけられ、またパラメディカルピグメンテーションという刺青の医療分野への応用も近年進み、

その安全性の確立が求められている。
本研究はその一旦を担う結果となったと考えられる。

参考文献

- 1) Grumet GW. Psychodynamic implications of tattoos. *Am J Orthopsychiatry* 1983;53:482-492.
- 2) Bergstrom KG. *J Drugs Dermatol.* 2013.
- 3) Makkai T, McAllister I. Prevalence of tattooing and body piercing in the Australian community. *Commun Dis Intell Q Rep* 2001; 25: 67-72.
- 4) FDA Code of Federal Regulations. Title 21, volume 1. Cite 21CFR73.2250
- 5) Jackson JG, Acker JD. Permanent eyeliner and MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1987; 149: 1080.
- 6) Tope WD, Shellock FG. Magnetic resonance imaging and permanent cosmetics (tattoos): survey of complications and adverse events. *J Magn Reson Imaging* 2002; 15: 180-4.
- 7) Wagner M, Lanfermann H, Zanella F. MR-induced combustion reaction in a patient with "permanent make-up". [Article in German]. *Rofo* 2006; 178: 728-30.
- 8) Franiel T, Schmidt S, Klingebiel R. First-degree burns on MRI due to nonferrous tattoos. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 187: W556.
- 9) Offret H, Offret M, Labetoulle M, Offret O. Permanent cosmetics and magnetic resonance imaging. [Article in Fench]. *J Fr Ophtalmol* 2009; 32: 131.e1-3.
- 10) Kreidstein ML, Giguere D, Freiberg A. MRI interaction with tattoo pigments: case reports, pathophysiology, and management. *Plast Reconstr Surg* 1997; 99: 1717-20.
- 11) Vahlensieck M. Tattoo-related cutaneous inflammation (burn grade I) in a mid-field MR scanner. *Eur Radiol* 2000; 10: 197.
- 12) Wagle WA, Smith M. Tattoo-induced skin burn during MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 145: 1795.
- 13) Ratnapalan S, Greenberg M, Armstrong D. Tattoos and MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 541.
- 14) Klitscher D, Blum J, Kreitner KF, Rommens PM. MRT-induced burns in tattooed patients. Case report of a traumatic surgery patient. [Article in German]. *Unfallchirurg* 2005; 108: 410-4.
- 15) Ross JR, Matava MJ. Tattoo-induced skin "burn" during magnetic resonance imaging in a professional football player: a case report. *Sports Health* 2011; 3: 431-4.
- 16) Kolnes K. Tattoo and MRI examination. [Article in Norwegian]. *Tidsskr Nor Lægeforen* 2012; 132: 1873.
- 17) Think before you ink. Are tattoos safe? FDA Consumer Updates page. <http://www.fda.gov/Cosmetics/ProductandIngredientSafety/ProductInformation/ucm108530.htm>
- 18) Munsell Color: <http://www.munsell.com>. Munsell color, 4300 44th Street SE, Grand Rapids, MI 49512, USA.
- 19) International Commission on Illumination (1978) Supplement No. 2 to CIE Publ. No. 15, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms. Bureau Central de la CIE, Paris.

20) Japanese Industrial Standards (1993)
JIS Z 8721:1993 Color specification-
according to their three attributes.
Japanese Standards Association, Japan.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に
は下線)

[雑誌論文] (計 0件) 現在査読中

[学会発表] (計 2件)

①富田祥一. MRI 検査が刺青・アートメイクに及ぼす影
響. 第60回日本形成外科学会学術総会. 2017年 於大阪

②富田祥一. アートメイクの MRI における安全性の検
討. 第40回日本美容外科学会総会. 2017年 於札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

富田 祥一 (TOMITA, Shoichi)

東京慈恵会医科大学・医学部・講師

研究者番号：40529715