

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (医 学) 氏名 藤 間 憲 幸

学 位 論 文 題 名

Evaluation of Change in Venous Oxygenation by Susceptibility-Weighted Imaging in Patients with Spinal AVM after treatment

(磁化率強調画像は脊髄動静脈瘻における治療効果判定に有用である)

【背景と目的】

磁化率強調像(Susceptibility weighted imaging: SWI)は局所の磁化率変動に非常に鋭敏な撮像法である。局所の磁化率変動を引き起こすものとして代表的なものに出血、鉄、石灰化、デオキシヘモグロビン(DeoxyHb)などがある。一般的に SWI は、静脈内の DeoxyHb の常磁性による位相シフトのため、静脈が良好に描出されるので、静脈の評価に有効とされる。また、Haacke らは、SWI を用いて、血管と周囲組織の位相差、および血管と静磁場間の角度を計測することにより、その血管内の酸素飽和度を算出することが可能であると報告している。

脊髄動静脈瘻は、脊髄の動静脈間に異常なシャントを有する稀な疾患である。脊髄動静脈瘻には、動静脈間のシャントに流入する流入動脈、および、シャントから流出する流出静脈がある。流出静脈に動脈血の直接流入があることから、流出静脈内血液は動脈血化されており、正常な静脈と比較して、酸素飽和度が高い。手術または血管内治療によってシャントの閉塞がなされると、流出静脈内の血液は正常化(静脈血化)し、酸素飽和度は低下する。現在のところ、脊髄動静脈瘻における流出静脈内の酸素飽和度の正常化を非侵襲的に評価した報告はなされていない。もし、治療前後の流出静脈内の酸素飽和度の変化を、SWI を用いて非侵襲的に評価することができれば、治療効果判定における判断材料として SWI が有用である可能性が示唆されると考えられる。

今回、我々は、脊髄動静脈瘻において、流出静脈内の血液が動脈血化された状態から治療によって静脈血化する変化を、SWI を用いて評価することを目的とした。

【対象と方法】

2006年5月から2008年2月の期間で、当院にて診断、加療された11名の脊髄動静脈瘻の患者を対象とした。治療前および治療後でそれぞれの患者にSWIが撮像された。さらに、コントロール群として、11名の健常ボランティアも参加し、SWIが撮像された。

撮像されたSWIの画像評価には視覚評価および酸素飽和度の定量評価を行った。視覚評価は、患者(治療前および後)、ボランティアの画像データをランダム化した後、2名の神経放射線専門医(読影医A、読影医B)が評価した。評価はスコアリングで行い、スコアは4段階評価(0,1,2,3)で行った。これらのスコアを、読影者ごとに患者治療前群、治療後群、ボランティア群でそれぞれ平均し、各群のスコアとした。定量評価は、それぞれの画像データから静脈の位相値を計測し、Haacke らが報告した手法を用いて脊髄静脈内の酸素飽和度を測定した。なお、評価静脈は前脊髄静脈とした。患者治療前群、治療後群、ボランティア群でそれぞれ算出した酸素飽和度を平均し、各群の酸素飽和度とした。

視覚評価では各群の視覚評価のスコアを多重比較(ANOVA: Kruskal-Wallis method)により検討した。また、神経放射線専門医2名の評価スコアの一致率を一致率検定(κ 検定)

で検討した。定量評価では、各群の酸素飽和度を多重比較(ANOVA; post-hoc test: Tukey's method)で検討した。いずれも $p < 0.05$ を統計学的に有意とした。

【結果】

患者群の 11 名全てにおいて、治療後にシャントの完全閉塞が得られたことが、血管造影検査にて確認された。患者群、ボランティア群含めて、MRI 検査は安全に施行された。

読影医 A は治療前群ではいずれもスコアが 0 であった。読影医 B は治療前群の平均スコアは 0.14 ± 0.25 (平均 \pm SD) であった。治療後群においては、読影医 A のスコアは 0.69 ± 0.50 、読影医 B のスコアは 0.81 ± 0.46 であった。ボランティア群のスコアは読影医 A で 0.70 ± 0.75 、読影医 B で 0.85 ± 0.62 であった。多重比較では、治療前群と治療後群で、読影医 A および読影医 B とも治療前のスコアより治療後のスコアの方が有意に高かった ($p < 0.01$)。また、治療前群とボランティア群で、読影医 A、読影医 B ともボランティア群のスコアが有意に高かった ($p < 0.01$)。治療後群とボランティア群に関しては、読影医 A、読影医 B とも有意差を認めなかった。(読影医 A、B でそれぞれ: $p = 0.73$ と 0.98)。一致率検定において、読影医 A および読影医 B の間で良好な一致率を示した (Kappa-score=0.63)。

定量評価では、全ての患者において、治療前の酸素飽和度より治療後の酸素飽和度の方が低かった。酸素飽和度の平均値はそれぞれ、治療前群、治療後群、ボランティア群で 0.91 ± 0.02 、 0.82 ± 0.06 、 0.81 ± 0.05 であった。多重比較にて、治療前群より治療後群の酸素飽和度が有意に低かった ($p < 0.01$)。また、治療前群よりボランティア群の酸素飽和度が有意に低かった ($p < 0.01$)。治療後群とボランティア群の酸素飽和度には有意な差を認めなかった。

【考察】

今回の検討結果として、脊髄動静脈瘻の患者において、治療前と治療後の脊髄静脈の酸素飽和度の変化を、SWI を用いることにより描出することが可能であった。静脈内の酸素飽和度は、治療前群より治療後群のほうが有意に低下しており、また、治療前群とボランティア群では治療前群のほうが有意に酸素飽和度は高かったのに対し、治療後群とボランティア群では有意差を認めなかった。これらの結果から、静脈内の酸素飽和度が治療によるシャント閉塞で、いわゆる「正常化した」ことを、SWI にて描出することが可能であったと考えられる。脊髄動静脈瘻において流出静脈はシャントを介して流入する動脈血により酸素飽和度が高くなっている。酸素飽和度が高い状況下においては、DeoxyHb の割合が減少している。DeoxyHb は常磁性体であるため、この割合の増加は局所の位相を変化させる。結果として、DeoxyHb を内因性の造影剤として使用することにより、SWI を用いて、静脈内の酸素飽和度を算出し、治療前後での静脈内酸素飽和度の変化を描出することが可能であることが示された。

脊髄動静脈瘻における診断、治療効果判定の Gold standard は血管造影検査であるとされているが、SWI は血管造影検査に比べ、いくつかのアドバンテージがある。SWI にて得られる情報は、血管造影の様に解剖学的情報ではなく、静脈内の酸素飽和度といった生理学的な情報が得られる。さらに、SWI は造影剤の注入の必要が無く、完全に無侵襲な検査として施行することが出来る。

【結論】

SWI は脊髄動静脈瘻患者における治療効果判定において、有用な可能性があることが示された。