

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625953>

Бесконтрастное количественное исследование перфузионных изменений головного мозга при рассеянном склерозе

В.В. Попов, Ю.А. Станкевич, Л.М. Василькив, А.А. Тулупов

Институт «Международный томографический центр», Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Бесконтрастная магнитно-резонансная перфузия позволяет выявить участки изменения перфузии головного мозга у пациентов с рассеянным склерозом даже при отсутствии очаговых поражений [1], имея преимущества в виде неинвазивности [2] и малого времени сбора данных, что даёт возможность повторных обследований и динамического наблюдения без контрастной нагрузки на пациента. Применение бесконтрастной магнитно-резонансной перфузии у пациентов с рассеянным склерозом может иметь важное значение в постановке диагноза, тактике ведения и оценке течения заболевания. Однако получение количественных значений перфузии при рассеянном склерозе в клинической практике изучено ещё недостаточно [3]. Применение разработанного алгоритма постпроцессинга данных бесконтрастной магнитно-резонансной перфузии позволяет не только проводить оценку в интересующих областях, но и получать абсолютные значения перфузии, оценённые в мл/(100 г×мин).

Цель — разработать алгоритм и изучить перфузионные изменения головного мозга методом бесконтрастной магнитно-резонансной перфузии у пациентов с рассеянным склерозом по сравнению с контрольной группой.

Материалы и методы. Объект исследования — пациенты с рассеянным склерозом ($n=15$) и контрольная группа ($n=15$). Методом исследования является магнитно-резонансная томография на аппарате 3.0T Philips Ingenia с базовым протоколом исследования (T1- и T2-взвешенные изображения, FLAIR, DIR, CE_T1), дополненный псевдо-непрерывным маркированием артериальных спинов (pCASL). Статистический анализ — непараметрические методы.

Результаты. В связи со сложностями количественной обработки данных бесконтрастной перфузии, был разработан алгоритм, включающий применение следующих программных обеспечений: Radiant, MatLAB, FSL (BASIL), MriCROGL, PyCharm. Было установлено, что у группы условно-здоровых добровольцев перфузия без учёта ликворосодержащих пространств и сосудов головного мозга, выделенная и корегистрированная с атласом T1-взвешенных изображений, составила в среднем $52,8 \pm 1,32$ мл/(100 г×мин), что подтверждается ведущими мировыми исследованиями и отражает эффективность и качество алгоритма [4, 5]. Кроме этого, в рамках исследования, у группы пациентов с рассеянным склерозом были получены значения в очаге демиелинизации [$9,7 \pm 5,4$ мл/(100 г×мин)] и в визуально интактном белом веществе больших полушарий головного мозга [$46,1 \pm 1,7$ мл/(100 г×мин)]. При этом было выявлено, что в визуально интактных областях полушарий головного мозга происходит диффузное снижение показателей перфузии относительно контрольной группы, что также широко освещено в научной литературе [6].

Заключение. Применение разработанного алгоритма для анализа псевдо-непрерывного маркирования артериальных спинов у пациентов с рассеянным склерозом позволяет оценивать перфузию как в очаге демиелинизации, так и в визуально интактном белом веществе больших полушарий головного мозга. При этом было выявлено, что в визуально-интактных областях полушарий головного мозга происходит диффузное снижение показателей перфузии (в среднем на 13%) относительно результатов контрольной группы. Данное наблюдение отражает, что применение метода псевдо-непрерывного маркирования артериальных спинов позволяет заподозрить появление очагов до их клинико-морфологической верификации на других рутинных последовательностях.

Ключевые слова: рассеянный склероз; бесконтрастная перфузия; артериальное спиновое маркирование; псевдо-непрерывное маркирование артериальных спинов.

Как цитировать:

Попов В.В., Станкевич Ю.А., Василькив Л.М., Тулупов А.А. Бесконтрастное количественное исследование перфузионных изменений головного мозга при рассеянном склерозе // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 86–88. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625953>

Received: 25.01.2024

Accepted: 01.03.2024

Published online: 30.06.2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. de la Peña M.J., Peña I.C., García P.G., et al. Early perfusion changes in multiple sclerosis patients as assessed by MRI using arterial spin labeling // *Acta Radiol Open*. 2019. Vol. 8, N 12. P. 2058460119894214. doi: 10.1177/2058460119894214
2. Clement P., Petr J., Dijkstra M.B.J., et al. A Beginner's Guide to Arterial Spin Labeling (ASL) Image Processing // *Front Radiol*. 2022. Vol. 2. P. 929533. doi: 10.3389/fradi.2022.929533
3. Zhou Q., Zhang T., Meng H., et al. Characteristics of cerebral blood flow in an Eastern sample of multiple sclerosis patients: A potential quantitative imaging marker associated with disease severity // *Front Immunol*. 2022. Vol. 13. P. 1025908. doi: 10.3389/fimmu.2022.1025908
4. Chappell M.A., McConnell F.A.K., Golay X., et al. Partial volume correction in arterial spin labeling perfusion MRI: A method to disentangle anatomy from physiology or an analysis step too far? // *Neuroimage*. 2021. Vol. 238. P. 118236. doi: 10.1016/j.neuroimage.2021.118236
5. Dickie D.A., Shenkin S.D., Anlagan D., et al. Whole Brain Magnetic Resonance Image Atlases: A Systematic Review of Existing Atlases and Caveats for Use in Population Imaging // *Front Neuroinform*. 2017. Vol. 11. P. 1. doi: 10.3389/fninf.2017.00001
6. Sowa P., Bjørnerud A., Nygaard G.O., et al. Reduced perfusion in white matter lesions in multiple sclerosis // *Eur J Radiol*. 2015. Vol. 84, N 12. P. 2605–2612. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.09.007

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625953>

Non-contrast quantitative study of brain perfusion changes in multiple sclerosis

Vladimir V. Popov, Yuliya A. Stankevich, Liubov M. Vasilkiv, Andrey A. Tulupov

International Tomography Institute, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Non-contrast magnetic resonance perfusion can identify areas of cerebral perfusion changes in patients with multiple sclerosis, even in the absence of focal lesions [1]. This technique offers several advantages, including non-invasiveness [2] and a short data collection time, which allows for repeated examinations and dynamic monitoring without contrast loading on the patient. The use of contrast-free magnetic resonance perfusion in patients with multiple sclerosis may prove to be a valuable diagnostic, management, and evaluation tool for the disease course. Nevertheless, the quantitative assessment of perfusion in multiple sclerosis remains a relatively understudied area in clinical practice [3]. The application of the developed algorithm for postprocessing of non-contrast MR perfusion data allows for the assessment of specific areas of interest and the estimation of absolute perfusion values in milliliters per 100 grams per minute.

AIM: The study aims to develop an algorithm and investigate cerebral perfusion changes by non-contrast magnetic resonance perfusion in patients with multiple sclerosis compared with controls.

MATERIALS AND METHODS: The study population comprises patients with multiple sclerosis ($n=15$) and a control group ($n=15$). The methodology employed in this study is magnetic resonance imaging on a 3.0T Philips Ingenia machine, using the basic study protocol (T1- and T2-weighted images, FLAIR, DIR, and CE_T1) and supplemented with pseudo-continuous arterial spin labeling (pCASL). The statistical analysis employed nonparametric methods.

RESULTS: The quantitative processing of non-contrast perfusion data presents significant challenges. To address this, an algorithm was developed, which incorporates the use of the following software: Radiant, MatLAB, FSL (BASIL), MriCROGL, PyCharm. The perfusion in a group of conditionally healthy volunteers, without consideration of liquor-containing spaces and cerebral vessels, was isolated and co-registered with the atlas of T1-weighted images. The average perfusion was found to be 52.8 ± 1.32 mL/(100 g $\times$ min), which is consistent with the findings of leading studies worldwide and reflects the efficacy and quality of the algorithm [4, 5]. Furthermore, within the context of the study, values for the demyelination focus [9.7 ± 5.4 mL/(100 g $\times$ min)] and for the visually intact white matter of the cerebral hemispheres [46.1 ± 1.7 mL/(100 g $\times$ min)] were obtained in the group of patients with multiple sclerosis. Moreover, a diffuse decrease in perfusion indices in visually intact regions of the cerebral hemispheres relative to the control group was revealed. This finding is also widely reported in the scientific literature [6].

CONCLUSIONS: The application of the developed algorithm for the analysis of pseudo-continuous arterial spin labeling in patients with multiple sclerosis allows for the assessment of perfusion in both the focus of demyelination and in the visually intact white matter of the cerebral hemispheres. It was demonstrated that in visually intact areas of the cerebral hemispheres, there is a diffuse decrease in perfusion indices (on average by 13%) relative to the results of the control group. This observation indicates that the use of the pseudo-continuous arterial spin labeling method allows for the suspicion of the appearance of foci before their clinical and morphological verification on other routine sequences.

Рукопись получена: 25.01.2024

Рукопись одобрена: 01.03.2024

Опубликована online: 30.06.2024

Keywords: multiple sclerosis; non-contrast perfusion; arterial spin labeling; pseudo-continuous arterial spin labeling.

To cite this article:

Popov VV, Stankevich YuA, Vasilkiv LM, Tulupov AA. Non-contrast quantitative study of brain perfusion changes in multiple sclerosis. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):86–88. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625953>

REFERENCES

1. de la Peña MJ, Peña IC, García PG, et al. Early perfusion changes in multiple sclerosis patients as assessed by MRI using arterial spin labeling. *Acta Radiol Open*. 2019;8(12):2058460119894214. doi: 10.1177/2058460119894214
2. Clement P, Petr J, Dijsselhof MJB, et al. A Beginner's Guide to Arterial Spin Labeling (ASL) Image Processing. *Front Radiol*. 2022;2:929533. doi: 10.3389/fradi.2022.929533
3. Zhou Q, Zhang T, Meng H, et al. Characteristics of cerebral blood flow in an Eastern sample of multiple sclerosis patients: A potential quantitative imaging marker associated with disease severity. *Front Immunol*. 2022;13:1025908. doi: 10.3389/fimmu.2022.1025908
4. Chappell MA, McConnell FAK, Golay X, et al. Partial volume correction in arterial spin labeling perfusion MRI: A method to disentangle anatomy from physiology or an analysis step too far? *Neuroimage*. 2021;238:118236. doi: 10.1016/j.neuroimage.2021.118236
5. Dickie DA, Shenkin SD, Anblagan D, et al. Whole Brain Magnetic Resonance Image Atlases: A Systematic Review of Existing Atlases and Caveats for Use in Population Imaging. *Front Neuroinform*. 2017;11:1. doi: 10.3389/fninf.2017.00001
6. Sowa P, Bjørnerud A, Nygaard GO, et al. Reduced perfusion in white matter lesions in multiple sclerosis. *Eur J Radiol*. 2015;84(12):2605–2612. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.09.007

ОБ АВТОРАХ

*** Попов Владимир Владимирович;**

ORCID: 0000-0003-3082-2315;

e-mail: popov.v@tomo.nsc.ru

Станкевич Юлия Александровна;

ORCID: 0000-0002-7959-5160;

eLibrary SPIN: 6668-5010;

e-mail: stankevich@tomo.nsc.ru

Василькив Любовь Михайловна;

ORCID: 0000-0003-1838-8130;

e-mail: vasilkiv@tomo.nsc.ru

Тулупов Андрей Александрович;

ORCID: 0000-0002-1277-4113;

eLibrary SPIN: 6630-8720;

e-mail: taa@tomo.nsc.ru

AUTHORS' INFO

*** Vladimir V. Popov;**

ORCID: 0000-0003-3082-2315;

e-mail: popov.v@tomo.nsc.ru

Yuliya A. Stankevich;

ORCID: 0000-0002-7959-5160;

eLibrary SPIN: 6668-5010;

e-mail: stankevich@tomo.nsc.ru

Liubov M. Vasilkiv;

ORCID: 0000-0003-1838-8130;

e-mail: vasilkiv@tomo.nsc.ru

Andrey A. Tulupov;

ORCID: 0000-0002-1277-4113;

eLibrary SPIN: 6630-8720;

e-mail: taa@tomo.nsc.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author