



Краткое сообщение

ИНСУЛЬТ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ОБЩЕМИРОВАЯ ПРОБЛЕМА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**М. Гироу¹, Ж. Рейс²**¹Больница университета Дижона, Франция, 21000, г. Дижон, Бульвар Маршал де Латтре де Тассиньи, 2²Университет Страсбурга, Франция, 67205, г. Страсбург, Оберхаусберген, ул. Рю де Луар, 3

Как и инфаркт миокарда, инсульт теперь ассоциируется с загрязнением воздуха. На основании собранных данных и литературных источников сделан вывод о наличии взаимосвязи между инсультом и загрязнением воздуха. Осуществлена попытка понять природу биологических механизмов, объясняющих связь между экспозицией загрязнителями воздуха и риском инсульта.

Между загрязнением воздуха и инсультом существует сильная взаимосвязь, подтвержденная доказательствами. Наиболее токсичными из загрязняющих веществ являются взвешенные частицы. Пациенты, у которых присутствуют классические нейрососудистые факторы риска, а также пациенты, уже пережившие инсульт или кратковременный ишемический удар, подвергаются риску инсульта, вызванного загрязнением воздуха.

Загрязнение воздуха является серьезным модифицируемым фактором риска инсульта, безмолвным убийцей, вызывающим инсульт. Необходимо учитывать этот новый нейрососудистый фактор риска при разработке политики в области здравоохранения.

Ключевые слова: ишемический инсульт, геморрагический инсульт, инсульт, загрязнение воздуха, загрязняющие вещества, взвешенные частицы.

Взаимосвязь между загрязнением воздуха и инсультом является в данное время общепризнанной и должна быть учтена при разработке политики в сфере здравоохранения [1]. Мы предлагаем изучить данные литературы и конкретных пациентов.

Материалы и методы. Загрязнение воздуха – это комплексное явление, вызываемое присутствием в воздухе загрязняющих веществ из различных источников [2].

Загрязнение воздуха возникает вследствие присутствия в нем взвешенных веществ (PM) и газообразных загрязнителей, таких как диоксид серы (SO₂), озон (O₃), диоксид азота (NO₂) и оксид углерода (CO). Частицы PM_{2,5} составляют до 70 % всех частиц PM размером менее 10 мкм (PM₁₀) [3].

Сжигание топлива, транспортные потоки, отопление промышленных и жилых зданий углем, нефтью или дровами являются основными источниками частиц PM и SO₂. Дизельные двигатели выбрасывают большие объемы наночастиц, NO₂ и CO, в то время как O₃ выделяется в результате фотохимических реакций [4].

Результаты и их обсуждение. Благодаря когортным, экологическим исследованиям, метаанализу, перекрестным исследованиям «случай – контроль» и изучению больших массивов данных мы можем суммировать, что в сфере научного значения имеются следующие доказательно подтвержденные данные [5–15]:

– NO₂ и PM связаны с госпитализацией по причине инсульта, вызванного длительной экспозицией загрязнением воздуха [5, 6];

– риск инсульта связан с увеличением уровней PM_{2,5} в воздухе [7];

– близость жилья к крупнейшим транспортным магистралям связана с повышенным риском ишемического инсульта [5];

– повышение концентрации PM_{2,5} в воздухе связано с ростом смертности как от ишемического, так и от геморрагического инсульта [9].

В данном исследовании показана связь между ишемическим инсультом и некоторыми сосудистыми факторами риска (гипертонией, курением, гиперхолестеринемией и диабетом) [13], также раскрыта роль

© Гироу М., Рейс Ж., 2020

Гироу Мариус – профессор, руководитель отделения неврологии (e-mail: maurice.giroud@chu-dijon.fr; тел.: +333-80-29-30-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0718-8523>).

Рейс Жак – доцент, доктор наук (e-mail: jacques.reis@wanadoo.fr; тел.: +333-68-85-00-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-4662>).

SO₂, Co, NO₂ [12] и PM₁₀ [11] в повышении риска инсульта. Вклад загрязнения воздуха в развитие инсульта является значительным: 33,7 % в странах с низким и средним уровнем дохода, 30,0 % в странах с высоким уровнем дохода [15].

Механизмы воздействия загрязнения воздуха. Хорошо известны несколько механизмов:

- транслокация наночастиц, способных проникать в альвеолы [16];
- капиллярные барьеры на пути циркуляции [16];
- воспаление в клеточном эндотелии [17];
- повышение проницаемости клеток эндотелия [18];
- автономные расстройства [1];
- артериальная фибрилляция [19];
- эпигенетические механизмы, влияющие на функции эндотелия или функции клеток-предшественников и способствующие метилированию ДНК [20].

Клинические эффекты. Благодаря этим данным можно определить, какие пациенты подвергаются повышенному риску в первую очередь (паци-

енты с гипертонией, диабетом, курильщики, дети и пожилые пациенты [1, 13]).

Повышенная экспозиция загрязнением воздуха пациентов с имеющимися нейрососудистыми факторами риска имеет сильную взаимосвязь с повышенным риском инсульта, а также инфаркта миокарда [1, 14].

Поэтому предлагаем инструменты, призванные помочь внедрению определенной политики в области здравоохранения с учетом обозначенной проблемы.

Выводы. В настоящее время, благодаря анализу эпидемиологических исследований, в окружающей среде обнаружен еще один модифицируемый фактор риска развития инсульта – загрязнение воздуха. Новые базовые механизмы должны необходимо включать эффективные стратегии, внедряемые в сфере здравоохранения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Air pollution and stroke. A new modifiable risk factor is in the air / M. Graber, S. Mohr, L. Baptiste, G. Duloquin, C. Blanc-Labarre, A.S. Mariet, M. Giroud, Y. Béjot // *Revue Neurologique*. – 2019. – Vol. 175, № 10. – P. 619–624. DOI: 10.1016/j.neuro.2019.03.003
2. Lee K.K., Miller M.R., Shah A.D. Air pollution and stroke // *Journal of Stroke*. – 2018. – Vol. 20, № 1. – P. 2–11. DOI: 10.5853/jos.2017.02894
3. Maheswaran R. Air pollution and stroke. An overview of the evidence base // *Spatiotemporal Epidemiol.* – 2016. – № 18. – P. 74–81. DOI: 10.1016/j.sste.2016.04.004
4. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituent and sources of emission / F.R. Cassee, M.E. Heroux, M.E. Gerlofs-Nijland, F.J. Kelly // *Inhal Toxicol.* – 2013. – № 25. – P. 802–812. DOI: 10.3109/08958378.2013.850127
5. Residential proximity to major roadways and risk of incident ischemic stroke in NOMAS (The Northern Manhattan Study) / E.R. Kulick, G.A. Wellenius, A.K. Boehme, R.L. Sacco, M.S. Elkind // *Stroke*. – 2018. – № 49. – P. 835–841. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019580
6. Ljungman P.L., Mittleman M.A. Ambient air pollution and stroke // *Stroke*. – 2014. – № 45. – P. 3734–3741. DOI: 10.1161/STROKEAHA.114.003130
7. Long-term exposure to particulate matter air pollution is a risk factor for stroke: meta-analytical evidence / H. Scheers, L. Jacobs, I. Casas, B. Nemery, T.S. Nawrot // *Stroke*. – 2015. – № 46. – P. 3058–3066. DOI: 10.1161/STROKEAHA.115.009913
8. Impact of outdoor air pollution on survival after stroke: population-based cohort study / R. Maheswaran, T. Pearson, N.C. Smeeton, S.D. Beevers, M.J. Campbell, C.D. Wolfe // *Stroke*. – 2010. – № 41. – P. 869–877. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.567743
9. Acute effects of particulate air pollution on ischemic stroke and hemorrhagic stroke mortality / R. Zhang, G. Liu, Y. Jiang, G. Li, Y. Pan, Y. Wang, Z. Wei, J. Wang, Y. Wang // *Frontiers in Neurology*. – 2018. – № 9. – P. 827. DOI: 10.3389/fneur.2018.00827
10. Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis / A.S. Shah, K.K. Lee, D.A. McAllister, A. Hunter, H. Nair, W. Whiteley, J.P. Langrish, D.E. Newby, N.L. Mills // *BMJ*. – 2015. – № 350. – P. h1295. DOI: 10.1136/bmj.h1295
11. Wang Y., Eliot N., Wellenius G.A. Short-term changes in ambient particulate matter and risk of stroke: a systematic review and meta-analyses // *J. Am. Heart Assoc.* – 2014. – № 3. – P. e00093.
12. An evidence-based appraisal of global association between air pollution and risk of stroke / W.S. Yang, X. Wang, Q. Deng, W.Y. Fan, W.Y. Wang // *Int J. Cardiol.* – 2014. – Vol. 175. – P. 307–313. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.05.044
13. Short-term effects of ozone air pollution on ischemic stroke occurrence: a case-crossover analysis from a 10-year population-based study in Dijon, France / J.B. Henrotin, J.P. Besancenot, Y. Bejot, M. Giroud // *Occup. Environ. Med.* – 2007. – № 64. – P. 439–445. DOI: 10.1136/oem.2006.029306
14. Air pollution and subtypes, severity and vulnerability to ischemic stroke. A population-based case-crossover study / K. Maheswaran, T. Pearson, S.D. Beevers, M.J. Campbell, C.D. Wolfe // *PLoS One*. – 2016. – № 11. – P. e0158556. DOI: 10.1371/journal.pone.0158556
15. Global Burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 / V.L. Feigin, G.A. Roth, M. Nathavi, P. Parmar, R. Krishnamurthi, S. Chugh, G.A. Mensah, B. Norrving [et al.] // *Lancet Neurol.* – 2016. – № 15. – P. 913–924. DOI: 10.1016/S1474-4422(16)30073-4
16. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats / G. Oberdörster, Z. Sharp, V. Atudorei, A. Elder, R. Gelein, A. Lunts, W. Kreyling, C. Cox // *J. Toxicol. Environ. Health.* – 2002. – № 65. – P. 1531–1543. DOI: 10.1080/00984100290071658

17. Comparative gene responses to collected ambient particles *in vitro*: endothelial responses / H.H. Aung, M.W. Lame, K. Gohil, G. He, M.S. Denison, J.C. Rutledge, D.W. Wilson // *Physiol Genomics*. – 2011. – № 43. – P. 917–929. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00051.2011

18. Diesel exhaust particle exposure causes redistribution of endothelial tube VE-cadherin / M.W. Chao, J. Kozlosky, I.P. Po, P.O. Strickland, K.K.H. Svoboda, K. Cooper, R.J. Laumbach, M.K. Gordon // *Toxicology*. – 2011. – № 279. – P. 73–84. DOI: 10.1016/j.tox.2010.09.011

19. Air pollution is associated with ischemic stroke via cardiogenic embolism / J.W. Chung, O.Y. Bang, K. Ahn, S.-S. Park, T.H. Park, J.G. Kim, Y. Ko, S.J. Lee [et al.] // *Stroke*. – 2017. – № 48. – P. 17–23. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.015428

20. Epigenetic regulation of endothelial-cell-mediated vascular repair / S. Fraineau, C.G. Palii, D.S. Allan, M. Brand // *FEBS J*. – 2015. – № 282. – P. 1605–1629. DOI: 10.1111/febs.13183

Гироу М., Рейс Ж. Инсульт и загрязнение воздуха как общемировая проблема здравоохранения // *Анализ риска здоровью*. – 2020. – № 3. – С. 19–22. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.02

UDC 614.72:616.8

DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.02.eng

Read
online



Short essay

STROKE AND AIR POLLUTION. A WORLDWIDE PUBLIC HEALTH PROBLEM

M. Giroud¹, J. Reis²

¹University Hospital of Dijon, 2 Boulevard du Maréchal de Lattre de Tassigny, 21000, Dijon, France

²University of Strasbourg, 3 rue du loir, Oberhausbergen, Strasbourg, 67205, France

After myocardial infarction, stroke is now associated with air pollution.

From local data and literature, we report the strength of the association between air pollution and stroke. We try to understand the biological mechanisms between exposure to air pollutants and stroke risk.

The association between air pollution and stroke is strong, confirmed and real. Air pollution and small particulate matter are the most toxic. Patients with classical neuro-vascular risk factors or a history of stroke or transient ischemic attack are at risk of stroke induced by air pollution.

Air pollution is a serious modifiable risk factor for stroke and a silent killer inducing stroke. This new neuro-vascular risk factor is useful for public health policies.

Key words: *ischaemic stroke, hemorrhagic stroke, stroke, air pollution, air pollutants.*

References

1. Graber M., Mohr S., Baptiste L., Duloquin G., Blanc-Labarre C., Mariet A.S., Giroud M., Béjot Y. Air pollution and stroke. A new modifiable risk factor is in the air. *Revue Neurologique*, 2019, vol. 175, no. 10, pp. 619–624. DOI: 10.1016/j.neurol.2019.03.003

2. Lee K.K., Miller M.R., Shah A.D. Air pollution and stroke. *Journal of Stroke*, 2018, vol. 20, no. 1, pp. 2–11. DOI: 10.5853/jos.2017.02894

3. Maheswaran R. Air pollution and stroke. An overview of the evidence base. *Spatiotemporal Epidemiol*, 2016, no. 18, pp. 74–81. DOI: 10.1016/j.sste.2016.04.004

4. Cassee F.R., Heroux M.E., Gerlofs-Nijland M.E., Kelly F.J. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituent and sources of emission. *Inhal Toxicol*, 2013, no. 25, pp. 802–812. DOI: 10.3109/08958378.2013.850127

© Giroud M., Reis J., 2020

Maurice Giroud – Chief of Neurology Department, Professor of Medicine (e-mail: maurice.giroud@chu-dijon.fr; tel.: +333-80-29-30-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0718-8523>).

Jacques Reis – Associate Professor (jacques.reis@wanadoo.fr; tel.: +333-68-85-00-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-46627205>).

5. Ljungman P.L., Mittleman M.A. Ambient air pollution and stroke. *Stroke*, 2014, no. 45, pp. 3734–3441. DOI: 10.1161/STROKEAHA.114.003130
6. Scheers H., Jacobs L., Casas I., Nemery B., Nawrot T.S. Long-term exposure to particulate matter air pollution is a risk factor for stroke: meta-analytical evidence. *Stroke*, 2015, vol. 46, pp. 3058–2066. DOI: 10.1161/STROKEAHA.115.009913
7. Kulick E.R., Wellenius G.A., Boehme A.K., Sacco R.L., Elkind M.S. Residential proximity to major roadways and risk of incident ischemic stroke in NOMAS (The Northern Manhattan Study). *Stroke*, 2018, vol. 49, pp. 835–841. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019580
8. Maheswaran R., Pearson T., Smeeton N.C., Beevers S.D., Campbell M.J., Wolfe C.D. Impact of outdoor air pollution on survival after stroke: population-based cohort study. *Stroke*, 2010, vol. 41, pp. 869–877. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.567743
9. Zhang R., Liu G., Jiang Y., Li G., Pan Y., Wang Y., Wei Z., Wang J., Wang Y. Acute effects of particulate air pollution on ischemic stroke and hemorrhagic stroke mortality. *Frontiers in Neurology*, 2018, no. 9, pp. 827. DOI: 10.3389/fneur.2018.00827
10. Yang W.S., Wang X., Deng Q., Fan W.-Y., Wang W.-Y. An evidence-based appraisal of global association between air pollution and risk of stroke. *Int. J. Cardiol*, 2014, vol. 175, no. 2, pp. 307–313. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.05.044
11. Shah A.S., Lee K.K., McAllister D.A., Hunter A., Nair H., Whiteley W., Langrish J.P., Newby D.E. [et al.]. Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 2015, vol. 350, pp. h1295. DOI: 10.1136/bmj.h1295
12. Wang Y., Eliot N., Wellenius G.A. Short-term changes in ambient particulate matter and risk of stroke: a systematic review and meta-analyses. *J. Am. Heart. Assoc.*, 2014, no. 3, pp. e00093. DOI: 10.1161/JAHA.114.000983
13. Henrotin J.B., Besancenot J.P., Bejot Y., Giroud M. Short-term effects of ozone air pollution on ischemic stroke occurrence: a case-crossover analysis from a 10-year population-based study in Dijon, France. *Occup. Environ. Med.*, 2007, no. 64, pp. 439–445. DOI: 10.1136/oem.2006.029306
14. Maheswaran K., Pearson T., Beevers S.D., Campbell M.J., Wolfe C.D. Air pollution and subtypes, severity and vulnerability to ischemic stroke. A population-based case-crossover study. *PLoS One*, 2016, no. 11, pp. e0158556. DOI: 10.1371/journal.pone.0158556
15. Feigin V.L., Roth G.A., Nathavi M., Parmar P., Krishnamurthi R., Chugh S., Mensah G.A., N. Bo [et al.]. Global Burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet Neurol.*, 2016, vol. 15, pp. 913–924. DOI: 10.1016/S1474-4422(16)30073-4
16. Oberdörster G., Sharp Z., Atudorei V., Elder A., Gelein R., Lunts A., Kreyling W., Cox C. [et al.]. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. *J. Toxicol. Environ. Health A.*, 2002, no. 65, pp. 1531–1543. DOI: 10.1080/00984100290071658
17. Aung H.H., Lame M.W., Gohil K., He G., Denison M.S., Rutledge J.C., Wilson D.V. Comparative gene responses to collected ambient particles in vitro: endothelial responses. *Physiol. Genomics*, 2011, vol. 43, no. 15, pp. 917–929. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00051.2011
18. Chao M.W., Kozlosky J., Po I.P., Strickland P.O., Svoboda K.K., Cooper K., Laumbach R.J., Gordon M.K. Diesel exhaust particle exposure causes redistribution of endothelial tube VE-cadherin. *Toxicology*, 2011, vol. 279, pp. 73–84. DOI: 10.1016/j.tox.2010.09.011
19. Chung J.W., Bang O.Y., Ahn K., Park S.S., Park T.H., Kim J.G., Ko Y., Lee S. [et al.]. Air pollution is associated with ischemic stroke via cardiogenic embolism. *Stroke*, 2017, vol. 48, no. 1, pp. 17–23. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.015428
20. Fraineau S., Pali C.G., Allan D.S., Brand M. Epigenetic regulation of endothelial-cell-mediated vascular repair. *FEBS Journal*, 2015, vol. 282, no. 9, pp. 1605–1629. DOI: 10.1111/febs.13183

Giroud M., Reis J. Stroke and air pollution. a worldwide public health problem. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 19–22. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.02.eng

Получена: 16.04.2020

Принята: 18.08.2020

Опубликована: 30.09.2020