

# Skala ASPECTS w udarze niedokrwiennym

Anna Podlasek<sup>1, 2</sup>, Adam Kobayashi<sup>2</sup>, Iris Q. Grunwald<sup>2, 4, 5</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. WAM — Centralny Szpital Weteranów w Łodzi

<sup>2</sup>Southend University Hospital, Southend-on-Sea, Essex, Zjednoczone Królestwo

<sup>3</sup>Wydział Nauk o Zdrowiu i Kultury Fizycznej Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

<sup>4</sup>Neuroscience Unit, Anglia Ruskin University, School of Medicine, Chelmsford, Zjednoczone Królestwo

<sup>5</sup>Brainomix Limited, Oxford, Zjednoczone Królestwo

## STRESZCZENIE

Skala ASPECTS (*Alberta Stroke Program Early CT Score*) powstała na początku XXI wieku jako kwantyfikator wczesnych zmian niedokrwiennych na obrazach tomografii komputerowej u pacjentów podejrzanych o ostry udar niedokrwienny mózgu. Obejmuje zakres od 0 do 10 pkt., gdzie 10 pkt. oznacza stan prawidłowy. Jest ona skorelowana z rokowaniem. Obecnie jest jednym z kryteriów podczas kwalifikacji chorych do trombektomii mechanicznej. W artykule omówiono historię, rozwój i przyszłość skali ASPECTS oraz opisano praktyczny protokół oceny.

*Polski Przegląd Neurologiczny 2018; 14 (4): 222–229*

**Słowa kluczowe:** udar niedokrwienny, trombektomia mechaniczna, neuroobrazowanie, wczesne zmiany niedokrwienne, ASPECTS

## Wprowadzenie

Diagnostyka wczesnego okresu udaru niedokrwiennego jest wyzwaniem dla neurologów i radiologów w codziennej praktyce klinicznej. Badania obrazowe mózgu są niezbędnym elementem diagnostyki i podstawą kwalifikacji do leczenia — dożylnego trombolizy lub trombektomii mechanicznej. Mimo czulego i specyficznego wykrycia zmian niedokrwiennych (EIC, *early*

*ischaemic changes*) w sekwencjach rezonansu magnetycznego (MR, *magnetic resonance*), to tomograf komputerowy (CT, *computer tomograph*) jest narzędziem diagnostycznym najczęściej wykorzystywanym w praktyce.

W ostatnich latach rozwija i staje się „złotym standardem” postępowania na świecie wewnątrznaczyniowa terapia udarów niedokrwiennych [1]. Szacuje się, że w Polsce rocznie 3800 pacjentów z ostrymi objawami udaru może zostać zakwalifikowanych do zabiegu trombektomii mechanicznej [2]. W kwalifikacji do leczenia największe znaczenie mają czas od powstania objawów oraz objętość ogniska zawałowego.

## Krótką historią interpretacji udarów niedokrwiennych w CT

Unaczynienie mózgowia pochodzi z trzech głównych naczyń — tętnicy przedniej mózgu (ACA, *anterior cerebral artery*), tętnicy środkowej mózgu (MCA, *middle cerebral artery*) oraz tętnicy tylnej mózgu (PCA, *posterior cerebral artery*). Przez wiele lat „złotym standardem” oceny świeżych zmian niedokrwiennych na obrazach CT bez podania środka kontrastowego była tak zwana reguła 1/3 MCA, czyli objętościowa ocena zajęcia zmianami niedokrwiennymi obszaru mózgu unaczynionego przez MCA. Zaproponowano ją w badaniach klinicznych *European Cooperative Acute Stroke Study* (ECASS). Wielkość ogniska niedokrwienia większa niż 1/3 obszaru unaczynienia MCA wiązała się ze złym rokowaniem, częstszym wystąpieniem wtórnego krwawienia wewnątrzczaszkowego i mniejszą skutecznością leczenia trombolitycznego. Niestety, metoda ta

### Adres do korespondencji:

lek. Anna Podlasek

Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. WAM

— Centralny Szpital Weteranów

Uniwersytet Medyczny w Łodzi

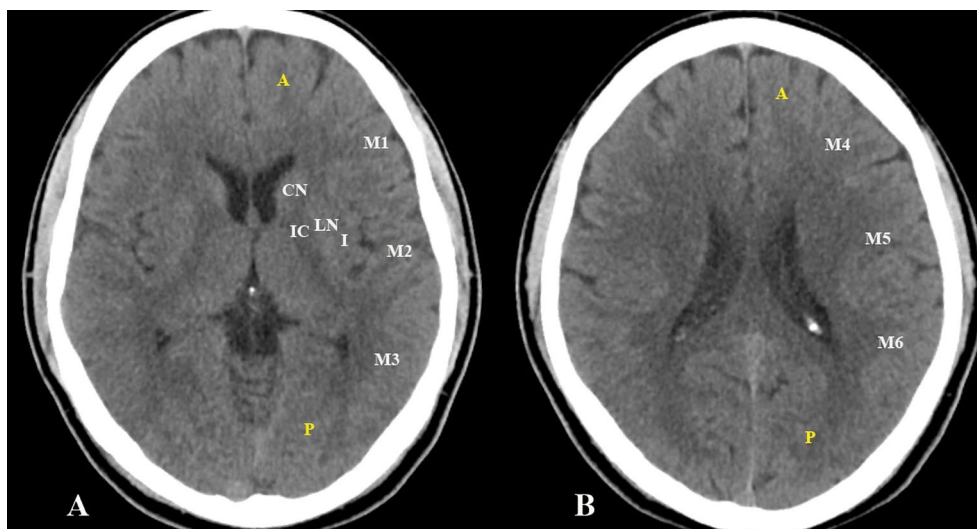
ul. Żeromskiego 113, 90-549 Łódź

e-mail: podlasek.a@gmail.com

*Polski Przegląd Neurologiczny 2018; 14 (4): 222–229*

Wydawca: VM Media sp. z o.o. VM Group sp.k.

Copyright © 2018 Via Medica



**Rycina 1A, B.** Obszary mózgu oceniane w skali ASPECTS; **A.** Poziom jąder podstawy; **B.** Poziom nadjądrowy (dzięki uprzejmości dr. Subasha Thapy, Radiopaedia.org, rID: 40018)

była obarczona niską dokładnością i znaczną podatnością na subiektywną ocenę osoby interpretującej — zgodność dotycząca obecności wczesnych zmian niedokrwiennych wynosiła 39% [3, 4]. W badaniach klinicznych dzięki badaniu CT wykrywano 31–67% udarów niedokrwiennych w ciągu 3 godzin od wystąpienia objawów oraz 82% po upływie 6 godzin [5].

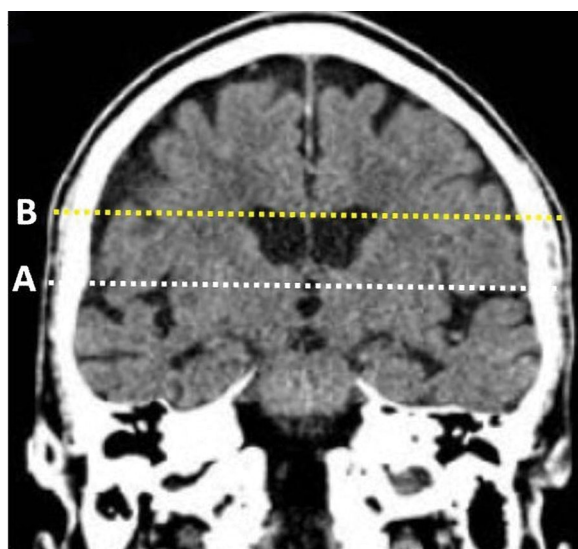
### Powstanie skali ASPECTS

Skala ASPECTS powstała w wyniku pracy *Calgary Stroke Program* w 2000 roku jako alternatywa do reguły 1/3 MCA [6, 7]. Pozwoliła na systematyzację i kwantyfikację obrazów CT. Jej pierwotnym celem było wskazanie pacjentów o największym potencjale osiągnięcia korzyści terapeutycznej 3 miesiące po dożylnym leczeniu trombolitycznym oraz określenia ryzyka wystąpienia działań niepożądanych pod postacią krwawienia wewnątrzczaszkowego [7].

Obszar unaczynienia MCA podzielono na dziesięć obszarów (ryc. 1):

- jądro ogoniaste (C, *caudate*);
- wyspę (I, *insula*);
- torebkę wewnętrzną (IC, *internal capsule*);
- jądro soczewkowate (L, *lentiform*);
- sześć obszarów kory mózgowej (M1–M6) [8].

Skala ASPECTS obejmuje zakres od 0 do 10 pkt., gdzie 10 pkt. oznacza stan prawidłowy mózgu z brakiem zmian niedokrwiennych. Za każdy region zajęty EIC odejmuje się 1 pkt. Początkowo oceniano



**Rycina 2.** Poziomy oceny skali ASPECTS; **A** — poziom jąder podstawy; **B** — poziom nadjądrowy (dzięki uprzejmości dr. Subasha Thapy, Radiopaedia.org, rID: 40018)

tylko dwa skany — przekrój poprzeczny na poziomie jąder podstawy oraz nadjądrowym. Obecnie do oceny używa się całego badania [9] (ryc. 2).

Skalę można podzielić na trzy przedziały:

- 0–4 — duży udar;
- 5–7 — umiarkowany udar;
- 8–10 — mały udar.

Dziś jest pewne, że pacjenci z co najmniej 5 pkt. w skali ASPECTS odnoszą korzyści terapeutyczne z leczenia endowaskularnego, niezależnie od

**Tabela 1. Przykładowe wartości w jednostkach Hounsfielda (HU, Hounsfield units) dla wybranych tkanek i substancji**

Tkanka	Typowa wartość w HU
Płyn mózgowo-rdzeniowy	8
Istota biała	30
Istota szara	45
Krew	70
Zwapnienia	100–300
Kość	500+

metody neuroobrazowania i zastosowanej techniki endowaskularnej [10–12].

### Praktyczny protokół oceny w skali ASPECTS

Badanie CT w pierwszej kolejności służy wykluczeniu innych przyczyn dolegliwości, z którymi zgłosił się pacjent: krwawienia wewnątrzczaszkowego, guza, ropnia, itd. Posługując się także pogłębionym wywiadem lekarskim, należy wykluczyć porażenie Todda oraz stwardnienie rozsiane.

Standardowo skany CT ogląda się w oknach o zmiennych jednostkach Hounsfielda (HU, Hounsfield units) (tab. 1). Dla obrazowania kości najkorzystniejsze jest okno 750/3500 HU, a dla tkanki mózgu — 40/80 HU. W celu zobrazowania subtelných zmian niedokrwiennych sugeruje się użycie okna 50/30, 35/35 lub 32/20 HU — zależnie od indywidualnych preferencji [13].

Objawy EIC w obrazach CT mogą występować jako:

- hipodensyjność;
- zatarcie granic istoty białej i szarej;
- zaciśnięcie zakrętów mózgu;
- zatarcie kory wyspy;
- zatarcie zarysu jąder podkorowych;
- hiperdensyjna tętnica mózgowa (45–50 HU) [4].

Wszystkie zmiany ocenia się, w miarę możliwości porównując ze strukturami przeciwnej półkuli. Zmiany, które pojawiają się najwcześniej, to zatarcie granic istoty szarej i białej — istota szara jest bardziej aktywna metabolicznie, ulega obrzękowi i obniża się jej densyjność do poziomu typowego dla istoty białej. Najczęściej pierwsze zmiany obejmują korę wyspy oraz jądro soczewkowane [6]. Zmiany hipodensyjne muszą znajdować się co najmniej na dwóch sąsiadujących ze sobą skanach w odległości 5 mm, by wykluczyć artefakty [8].

Kiedy odjąć punkty?

- kora wyspy — zatarcie granic między istotą szarą i białą;

- jądro soczewkowane — zatarcie granic między istotą szarą i białą i/lub hipodensyjność w części/całości struktury;
- torebka wewnętrzna — hipodensyjność i/lub w częściach przedniej i tylnej;
- jądro ogoniaste — hipodensyjność, nawet częściowa. Struktura ma często podwójne unaczynienie (t. środkowa mózgu i t. przednia mózgu) [6].

W ocenie obszarów korowych M1–M6 na decyzję o obecności EIC składa się wystąpienie:

- hipodensyjności;
- zatarcia granicy między istotą szarą i białą;
- obrzęku.

Zazwyczaj do decyzji o odjęciu punktów wystarczy jedna patologia [6, 8, 9, 14]. W przypadku symetrycznego zatarcia granic jądra soczewkowanego należy wykluczyć artefakty oraz stare zmiany niedokrwienne, które charakteryzują się hipodensyjnością i/lub lokalnym zanikiem [6]. Aby ułatwić podjęcie decyzji o odjęciu punktów w skali ASPECTS można zastosować prosty algorytm porównujący wartości HU strony zajętej EIC z stroną przeciwną: 1) różnica wynosi 2 j. HU, 2) stosunek  $[HU \text{ z EIC}] / [HU \text{ bez EIC}]$  mieści się w zakresie 0,94–0,96 [15].

### Właściwości predykcyjne i użyteczność kliniczna skali ASPECTS

Pierwotnie skala ASPECTS powstała jako predyktor 1) wystąpienia krwawienia wewnątrzczaszkowego po leczeniu trombolitycznym oraz 2) stanu klinicznego w zmodyfikowanej skali Rankina (mRS, *modified Rankin Scale*) w 90 dni po udarze niedokrwiennym [6].

Wysokie wyniki w skali ASPECTS ( $\geq 8$ ) są silnie skorelowane z lepszym stanem klinicznym (0–2 pkt. w mRS) oraz mniejszą częstotliwością krwawień jako powikłania leczenia trombolitycznego [8]. Niska punktacja w skali ASPECTS ( $\leq 4$ ) jest możliwa tylko wtedy, gdy do zatrzymania przepływu krwi doszło na odcinku tętnicy szyjnej wewnętrznej (ICA, *internal carotid artery*) lub segmentu M1 MCA. Rokowanie jest niepomyślne; ryzyko zgonu lub pozostania w stanie wegetatywnym jest wyższe, jeżeli jądra podstawy i kora są jednocześnie zajęte zmianami niedokrwiennymi [8, 16]. Grupa osób z wynikiem 5 w skali ASPECTS nie różni się znacząco od grupy z wynikiem 6 pod względem śmiertelności i występowania krwawienia wewnątrzczaszkowego. Jednakowoż zdecydowanie rzadziej jest uzyskiwany dobry wynik kliniczny 90 dni po leczeniu wśród pacjentów z niższym wynikiem [17].

Skala stała się rutynowo wykorzystywanym narzędziem do selekcji pacjentów w badaniach klinicznych dotyczących skuteczności terapii trombolitycznej (ECASS II), a także w przeprowadzonych ostatnio badaniach technik endowaskularnych (MR CLEAN [*Multicenter Randomized Clinical Trial of Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke in the Netherlands*], EXTEND-IA [*Extending the Time for Thrombolysis in Emergency Neurological Deficits — Intra-Arterial*], ESCAPE [*Endovascular treatment for Small Core and Anterior circulation Proximal occlusion with Emphasis on minimizing CT to recanalization times*], SWIFT PRIME [*Solitaire™ With the Intention For Thrombectomy as PRIMARY Endovascular Treatment*], REVASCAT [*Endovascular Revascularization With Solitaire Device Versus Best Medical Therapy in Anterior Circulation Stroke Within 8 Hours*]) [8, 18–22].

Obecnie wynik punktowy w skali ASPECTS nie jest przeciwwskazaniem do dożylnego podania rekombinowanego tkankowego aktywatora plazminogenu (rt-PA, *recombinant tissue plasminogen activator*). Należy jednak pamiętać o zwiększonym ryzyku wystąpienia krwawienia [8]. W aktualnych wytycznych *American Heart Association/American Stroke Association (AHA/ASA)* wymaga się oceny z użyciem ASPECTS u każdego pacjenta, u którego jest planowana interwencja wewnątrznaczyniowa (tab. 2) [23]. Trwają badania nad określeniem punktu odcięcia do dyskwalifikacji pacjenta z leczenia endowaskularnego [24]. W dużych badaniach klinicznych ustalono go jako poniżej 6 (ESCAPE, SWIFT-PRIME) lub 7 (REVASCAT) [8].

Todo i wsp. [25] udowodnili, że wynik w skali ASPECTS skorygowany o czas między początkiem objawów a reperfuzyą naczynia {wg wzoru:  $\text{czas-ASPECTS} = (11 - \text{ASPECTS}) \times (\text{czas objawy-reperfuzya [h]}$ } jest silnym predyktorem obrazu klinicznego ocenianego w skali mRS 3 miesiące po zdarzeniu. Najlepsze rokowania i możliwość osiągnięcia funkcjonalnej niezależności ( $\leq 2$  pkt. w mRS) cechują pacjentów z wynikiem  $\text{czas-ASPECTS}$  poniżej 5,67, a najmniej korzystne — z wynikiem  $\text{czas-ASPECTS}$  ponad 10,4 [25].

Skala ASPECTS jest jednym z elementów MR PREDICTS — kalkulatora klinicznego, który powstał w oparciu o badania MR CLEAN oraz IMS-III (*Interventional Management of Stroke III*) (ryc. 3). Służy on ocenie spersonalizowanego prawdopodobieństwa osiągnięcia samodzielności ( $\leq 2$  pkt. w mRS) z wdrożeniem leczenia endowaskularnego lub bez niego. Pod uwagę, obok wyniku w skali

**Tabela 2. Kwalifikacja do zabiegu endowaskularnego według skali ASPECTS (*Alberta Stroke Program Early CT Score*) w dużych badaniach klinicznych (na podstawie [23])**

Badanie kliniczne	Wynik w ASPECTS oznaczający kwalifikację pacjentów do zabiegu endowaskularnego (pkt.)
SYNTHESIS Expansion	Brak
IMS III	< 4
MR RESCUE	Brak
MR CLEAN	Brak
ESCAPE	$\geq 6$
SWIFT PRIME	$\geq 6$
EXTEND-IA	Brak
REVASCAT	$\geq 7$ CT bez kontrastu $\geq 6$ MR-DWI $\geq 8$ wiek 81–85 lat

SYNTHESIS Expansion — *A Randomized Controlled Trial on Intra-Arterial Versus Intravenous Thrombolysis in Acute Ischemic Stroke*; IMS-III — *Interventional Management of Stroke III*; MR RESCUE — *A Trial of Imaging Selection and Endovascular Treatment for Ischemic Stroke*; MR CLEAN — *Multicenter Randomized Clinical Trial of Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke in the Netherlands*; ESCAPE — *Endovascular treatment for Small Core and Anterior circulation Proximal occlusion with Emphasis on minimizing CT to recanalization times*; SWIFT PRIME — *Solitaire™ With the Intention For Thrombectomy as PRIMARY Endovascular Treatment*; EXTEND-IA — *Extending the Time for Thrombolysis in Emergency Neurological Deficits — Intra-Arterial*; REVASCAT — *Endovascular Revascularization With Solitaire Device Versus Best Medical Therapy in Anterior Circulation Stroke Within 8 Hours*; CT (computed tomography) — tomografia komputerowa; MR DWI (magnetic resonance diffusion-weighted imaging) — obrazowanie dyfuzji w rezonansie magnetycznym

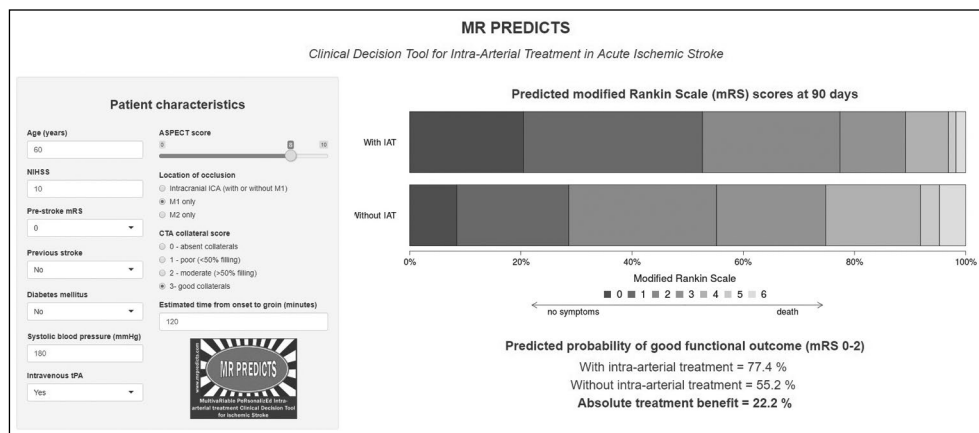
ASPECTS, brane są takie czynniki, jak: wiek, punktacja w NIHSS (*National Institute Of Health Stroke Scale*), punktacja w mRS przed udarem, udar w wywiadzie, cukrzyca, skurczowe ciśnienie tętnicze, podaż dożylna alteplazy, lokalizacja okluzji, stan kolaterali oraz czas od pojawienia się objawów do nakłucia tętnicy (tzn. początku zabiegu endowaskularnego, podany w min) [26].

Ponadto skala ASPECTS jest czynnikiem prognostycznym transformacji krwotocznej ogniska zawałowego [27], wystąpienia drgawek poudarowych [28] oraz obrzęku mózgu wymagającego zastosowania hemikraniektomii odbarczającej [29].

### Czynniki wpływające na zmienność oceny i ograniczenia skali ASPECTS

Skala ASPECTS nie jest idealna — służy do oceny wyłącznie zmian w zakresie unaczynienia przedniego mózgu. Cechuje się zmiennością w ocenie między interpretującymi, a także niecałkowitą spójnością ocen jednego obserwatora [30]. Co wpływa na wynik? Pierwsza grupa czynników wpływających na ocenę w tej skali to czynniki techniczne. Na powstanie i odtworzenie obrazów





**Rycina 3.** MR PREDICTS — kalkulator kliniczny do oceny korzyści klinicznej wynikającej z wdrożenia leczenia świeżego udaru niedokrwinnego za pomocą trombektomii mechanicznej (za: <https://mrpredicts.shinyapps.io/RRRR/>)

wpływają typ urządzenia i oprogramowania, parametry powstania i obróbki obrazu, a także wartość maksymalna promieniowania rentgenowskiego (keV/meV) [9, 31]. Następnie zmienność może być spowodowana przez cechy indywidualne pacjentów. Część skanów może zawierać artefakty ruchowe. Inne mogą przedstawiać leukoarajozę oraz atrofię mózgu, a także obecność starych zmian niedokrwiniowych. Ponadto na zgodność wyniku ASPECTS opartej na skanach CT wpływa czas, który upłynął od pojawienia się objawów do wykonania badania obrazowego (< 90-min. zmiany w CT są subtelne i trudniejsze do oceny). Należy także pamiętać, że ostry udar niedokrwiniowy to stan dynamiczny; może się zdarzyć, że podczas transportu do ośrodka referencyjnego wynik pierwotnego i wtórnego wyniku ASPECTS będzie się różnił [3, 31, 32].

Największy wpływ na wynik w punktacji ASPECTS mają osoby interpretujące — ich specjalizacja, doświadczenie, ilość czasu poświęconego na szkolenie w zakresie oceny CT w skali ASPECTS, znajomość charakterystyki i czasu wystąpienia objawów, a także cechy osobowości (np. perfekcjonizm, poczucie odpowiedzialności, awersja do podejmowania ryzyka) czy warunki chwilowe (stopień zmęczenia, pora dnia, oświetlenie, presja czasu). Kluczowymi wydają się wydatek energetyczny, który jest potrzebny w umyśle radiologa do przeniesienia obrazów dwuwymiarowych w przestrzeń trójwymiarową, oraz zlokalizowanie i interpretacja zmiany. Jak w każdej radiologicznej ocenie obrazów występuje zjawisko „satisfakcji znaleziska”, które polega na odnalezieniu głównej zmiany i przeoczeniu patologii występujących gdzie indziej. Zjawisko

róznicowania między oceną w skali ASPECTS u jednego interpretującego pozostaje tematem badań, których do dziś ukazało się około 30 [8, 9, 31].

### Skala ASPECTS w innych metodach obrazowania

W praktyce klinicznej skala ASPECTS jest często stosowana poza jej pierwotnym założeniem oceny na obrazach CT bez kontrastu w innych modalnościach neuroobrazowania — perfuzji CT, angio-CT oraz obrazach MR (tensora dyfuzji [DWI, *diffusion-weighted imaging*], znakowania spinów krwi tętniczej ASL [*arterial spin labeling*]). Trwają liczne badania związane ze swoistością i czułością wyników poszczególnych metod, a także zgodnością między obserwatorami. Cały czas poszukuje się optymalnego programu obrazowania [33–35].

Na szczególną uwagę zasługuje badanie z Gootingen opublikowane w 2018 roku, które obejmowało ocenę w skali ASPECTS obrazów uzyskanych za pomocą *flat-panel* CT, czyli CT na ramieniu C znajdującego się bezpośrednio w pracowni endowaskularnej. Oceny obrazów nie różniły się istotnie od tradycyjnych CT. Zastosowanie sprzętu znajdującego się w miejscu docelowego zabiegu w szpitalu pomoże znacząco skrócić czas drzwi–pachwina i zwiększyć prawdopodobieństwo korzystnego wyniku terapeutycznego dla pacjenta [36].

Na podstawie punktacji w skali ASPECTS, ocenianej na sekwencjach DWI rezonansu magnetycznego, można szacować wielkość ogniska zawałowego: wynosi ono mniej niż 70 ml dla co najmniej 7 pkt. w ASPECTS lub ponad 100 ml dla nie więcej niż 4 pkt. w ASPECTS, co jest skorelo-

wane z wyższym ryzykiem krwawienia i gorszym wynikiem leczenia [37, 38].

Wyniki w skali ASPECTS na podstawie obrazów CT i DWI nie różnią się oceną i decyzjami terapeutycznymi w przedziałach od 8 i więcej oraz 5 i mniej pkt. Pacjenci z wynikiem 6 lub 7 pkt. w skali ASPECTS (umiarkowany udar radiologiczny) oraz punktacją w ponad 16 w NIHSS (ciężki udar kliniczny) mogą odnieść korzyści z dodatkowego obrazowania DWI — uwidocznili oni obszar penumbry i faktycznego ogniska zawałowego mózgu. W praktyce klinicznej może się to przełożyć na zmianę decyzji dotyczącej wyboru terapii [39].

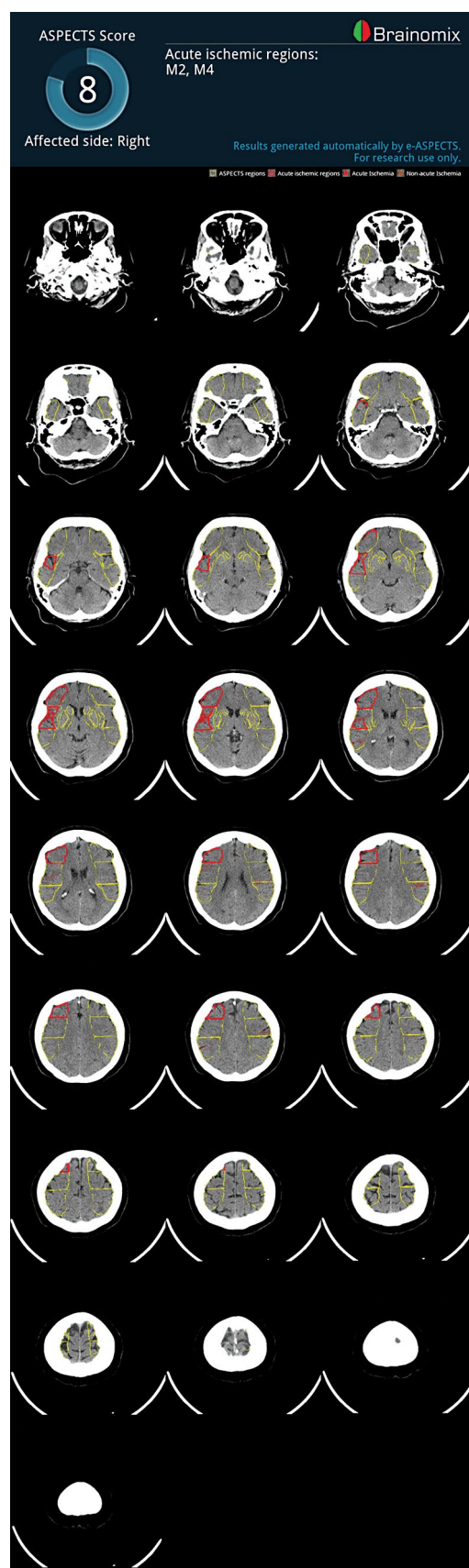
### Automatyzacja skali ASPECTS

Mając na uwadze fakt, że skala ASPECTS jest jednym z podstawowych parametrów, które służą do klasyfikacji pacjentów do odpowiedniej metody leczenia udarów niedokrwiennych mózgu, niezwykle istotna jest pełna standaryzacja wyników [10]. Istnieje mające certyfikat zgodności (CE) oprogramowanie e-ASPECTS (*Electronic Alberta Stroke Program Early CT score*), które jest przeznaczone do oceny obrazów CT bez kontrastu w skali ASPECTS. W niedawno przeprowadzonym badaniu typu *non-inferiority* udowodniono, że oprogramowanie nie jest gorsze od doświadczonych neuroradiologów w ocenie CT i może stanowić istotną pomoc w procesie diagnostycznym [40]. Jego wyniki są silnie skorelowane z efektem terapeutycznym uzyskanym 3 miesiące po mechanicznej trombektomii [41]. Oprogramowanie to zaimplementowano także w ambulansach przeznaczonych do diagnostyki i wstępnego leczenia udarów mózgu (MSU, *mobile stroke unit*) [42] (ryc. 4).

Skala ASPECTS była punktem odniesienia w badaniu Song i wsp. [43], w którym oceniano jakość nowego narzędzia do oceny skanów CT bez kontrastu w kontekście wykrywania wczesnych zmian niedokrwiennych — GRAVES (*gray-matter volume estimate score*).

### Podsumowanie

Skala ASPECTS jest podstawowym elementem kwalifikacji pacjenta ze świeżym udarem niedokrwiennym mózgu do zastosowania nowoczesnych technik leczenia, tj. trombektomii mechanicznej. Jej znajomość powinna być powszechna. Kanadyjski Uniwersytet *Calgary*, który na początku XXI wieku współtworzył skalę ASPECTS, przygotował program *on-line* pozwalający na darmową naukę praktycznego korzystania z tej skali (<http://www.aspectsinstroke.com/>).



Rycina 4. Wyniki uzyskane dzięki oprogramowaniu e-ASPECTS

## PIŚMIENNICTWO

1. Palaniswami M, Yan B. Mechanical thrombectomy is now the gold standard for acute ischemic stroke: implications for routine clinical practice. *Interv Neurol*. 2015; 4(1-2): 18–29, doi: [10.1159/000438774](https://doi.org/10.1159/000438774), indexed in Pubmed: [26600793](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26600793/).
2. Slowik A, Wnuk M, Brzegowy P, et al. Polish Thrombectomy Initiative. Mechanical thrombectomy in acute stroke — five years of experience in Poland. *Neurol Neurochir Pol*. 2017; 51(5): 339–346, doi: [10.1016/j.pjnns.2017.05.004](https://doi.org/10.1016/j.pjnns.2017.05.004), indexed in Pubmed: [28756015](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28756015/).
3. Wilson AT, Dey S, Evans JW, et al. Minds treating brains: understanding the interpretation of non-contrast CT ASPECTS in acute ischemic stroke. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2018; 16(2): 143–153, doi: [10.1080/14779072.2018.1421069](https://doi.org/10.1080/14779072.2018.1421069), indexed in Pubmed: [29265903](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29265903/).
4. de Lucas EM, Sánchez E, Gutiérrez A, et al. CT protocol for acute stroke: tips and tricks for general radiologists. *Radiographics*. 2008; 28(6): 1673–1687, doi: [10.1148/rq.286085502](https://doi.org/10.1148/rq.286085502), indexed in Pubmed: [18936029](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18936029/).
5. Hampton-Till J, Harrison M, Kühn AL, et al. Automated quantification of stroke damage on brain computed tomography scans: e-ASPECTS. *EMJ Neurol*. 2015; 3(1): 69–74.
6. Pexman JH, Barber PA, Hill MD, et al. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001; 22(8): 1534–1542, indexed in Pubmed: [11559501](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11559501/).
7. Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, et al. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASPECTS Study Group. *Alberta Stroke Programme Early CT Score*. *Lancet*. 2000; 355(9216): 1670–1674, indexed in Pubmed: [10905241](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10905241/).
8. Prakkamakul S, Yoo AJ. ASPECTS CT in acute ischemia: review of current data. *Top Magn Reson Imaging*. 2017; 26(3): 103–112, doi: [10.1097/RMR.000000000000122](https://doi.org/10.1097/RMR.000000000000122), indexed in Pubmed: [28277460](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28277460/).
9. Schaefer PW, Copen WA, Lev MH, et al. Diffusion-weighted imaging in acute stroke. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2006; 14(2): 141–168, doi: [10.1016/j.mric.2006.06.005](https://doi.org/10.1016/j.mric.2006.06.005), indexed in Pubmed: [16873008](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16873008/).
10. Ryu CW, Shin HS, Park S, et al. Alberta Stroke Program Early CT Score in the prognostication after endovascular treatment for ischemic stroke: a meta-analysis. *Neurointervention*. 2017; 12(1): 20–30, doi: [10.5469/neuroint.2017.12.1.20](https://doi.org/10.5469/neuroint.2017.12.1.20), indexed in Pubmed: [28316866](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28316866/).
11. Yoo AJ, Berkhemer OA, Fransen PSS, et al. MR CLEAN investigators. Effect of baseline Alberta Stroke Program Early CT Score on safety and efficacy of intra-arterial treatment: a subgroup analysis of a randomised phase 3 trial (MR CLEAN). *Lancet Neurol*. 2016; 15(7): 685–694, doi: [10.1016/S1474-4422\(16\)00124-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00124-1), indexed in Pubmed: [27302238](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27302238/).
12. Wasser K, Papanagiotou P, Brunner F, et al. Impact of ASPECTS on computed tomography angiography source images on outcome after thrombolysis or endovascular therapy in large vessel occlusions. *Eur J Neurol*. 2016; 23(11): 1599–1605, doi: [10.1111/ene.13068](https://doi.org/10.1111/ene.13068), indexed in Pubmed: [27414987](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27414987/).
13. Arsava EM, Saarinen JT, Unal A, et al. Impact of window setting optimization on accuracy of computed tomography and computed tomography angiography source image-based Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014; 23(1): 12–16, doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2012.05.012](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2012.05.012), indexed in Pubmed: [22748712](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22748712/).
14. Butcher KS, Lee SB, Parsons MW, et al. EPITHET Investigators. Differential prognosis of isolated cortical swelling and hypoattenuation on CT in acute stroke. *Stroke*. 2007; 38(3): 941–947, doi: [10.1161/01.STR.0000258099.69995.b6](https://doi.org/10.1161/01.STR.0000258099.69995.b6), indexed in Pubmed: [17272776](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17272776/).
15. Mokin M, Primiani CT, Siddiqui AH, et al. ASPECTS (Alberta Stroke Program Early CT Score) measurement using Hounsfield unit values when selecting patients for stroke thrombectomy. *Stroke*. 2017; 48(6): 1574–1579, doi: [10.1161/STROKEAHA.117.016745](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.016745), indexed in Pubmed: [28487329](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28487329/).
16. Spiotta AM, Vargas J, Hawk H, et al. Impact of the ASPECT scores and distribution on outcome among patients undergoing thrombectomy for acute ischemic stroke. *J Neurointerv Surg*. 2015; 7(8): 551–558, doi: [10.1136/neurintsurg-2014-011195](https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2014-011195), indexed in Pubmed: [24916415](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24916415/).
17. Li W, Li S, Dai M, et al. Comparisons of ASPECTS 5 and 6 for endovascular treatment in anterior circulation occlusive stroke. *Interv Neuroradiol*. 2017; 23(5): 516–520, doi: [10.1177/1591019917720920](https://doi.org/10.1177/1591019917720920), indexed in Pubmed: [28728534](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28728534/).
18. Fransen PSS, Beumer D, Berkhemer OA, et al. MR CLEAN Investigators. MR CLEAN, a multicenter randomized clinical trial of endovascular treatment for acute ischemic stroke in the Netherlands: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2014; 15: 343, doi: [10.1186/1745-6215-15-343](https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-343), indexed in Pubmed: [25179366](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25179366/).
19. Campbell BCV, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. EXTEND-IA Investigators. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection. *N Engl J Med*. 2015; 372(11): 1009–1018, doi: [10.1056/NEJMoa1414792](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414792), indexed in Pubmed: [25671797](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25671797/).
20. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. ESCAPE Trial Investigators. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2015; 372(11): 1019–1030, doi: [10.1056/NEJMoa1414905](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414905), indexed in Pubmed: [25671798](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25671798/).
21. Saver JL, Goyal M, Bonafe A, et al. SWIFT PRIME Investigators. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. *N Engl J Med*. 2015; 372(24): 2285–2295, doi: [10.1056/NEJMoa1415061](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415061), indexed in Pubmed: [25882376](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25882376/).
22. Jovin TG, Chamorro A, Cobo E, et al. REVASCAT Trial Investigators. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2015; 372(24): 2296–2306, doi: [10.1056/NEJMoa1503780](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503780), indexed in Pubmed: [25882510](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25882510/).
23. Powers WJ, Derdeyn CP, Biller J, et al. American Heart Association Stroke Council. 2015 American Heart Association/American Stroke Association Focused Update of the 2013 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke Regarding Endovascular Treatment: a Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2015; 46(10): 3020–3035, doi: [10.1161/STR.0000000000000074](https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000074), indexed in Pubmed: [26123479](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26123479/).
24. Mancau PF, Soize S, Gawlitza M, et al. Is there a benefit of mechanical thrombectomy in patients with large stroke (DWI-ASPECTS ≤ 5)? *Eur J Neurol*. 2018; 25(1): 105–110, doi: [10.1111/ene.13460](https://doi.org/10.1111/ene.13460), indexed in Pubmed: [28906581](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28906581/).
25. Todo K, Sakai N, Kono T, et al. Alberta Stroke Program Early CT Score-Time Score predicts outcome after endovascular therapy in patients with acute ischemic stroke: a retrospective single-center study. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2018; 27(4): 1041–1046, doi: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.11.007](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.11.007), indexed in Pubmed: [29217365](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29217365/).
26. Mulder MJ, Venema E, Roozenbeek B, et al. Towards personalised intra-arterial treatment of patients with acute ischaemic stroke: a study protocol for development and validation of a clinical decision aid. *BMJ Open*. 2017; 7(3): e013699, doi: [10.1136/bmjopen-2016-013699](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013699), indexed in Pubmed: [28336740](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28336740/).
27. Kalinin MN, Khasanova DR, Ibatullin MM. The hemorrhagic transformation index score: a prediction tool in middle cerebral artery ischemic stroke. *BMC Neurol*. 2017; 17(1): 177, doi: [10.1186/s12883-017-0958-3](https://doi.org/10.1186/s12883-017-0958-3), indexed in Pubmed: [28882130](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28882130/).
28. Chen Z, Churilov L, Koome M, et al. Post-stroke seizures is associated with low Alberta Stroke Program Early CT Score. *Cerebrovasc Dis*. 2017; 43(5-6): 259–265, doi: [10.1159/000458449](https://doi.org/10.1159/000458449), indexed in Pubmed: [28259886](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28259886/).
29. Maier L, Behme D, Schnieder M, et al. Early computed tomography-based scores to predict decompressive hemicraniectomy after endovascular therapy in acute ischemic stroke. *PLoS One*. 2017; 12(3): e0173737, doi: [10.1371/journal.pone.0173737](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173737), indexed in Pubmed: [28282456](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28282456/).
30. Gupta AC, Schaefer PW, Chaudhry ZA, et al. Interobserver reliability of baseline noncontrast CT Alberta Stroke Program Early CT Score for intra-arterial stroke treatment selection. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012; 33(6): 1046–1049, doi: [10.3174/ajnr.A2942](https://doi.org/10.3174/ajnr.A2942), indexed in Pubmed: [22322602](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22322602/).
31. Wilson AT, Dey S, Evans JW, et al. Minds treating brains: understanding the interpretation of non-contrast CT ASPECTS in acute ischemic stroke. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2018; 16(2): 143–153, doi: [10.1080/14779072.2018.1421069](https://doi.org/10.1080/14779072.2018.1421069), indexed in Pubmed: [29265903](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29265903/).
32. Mokin M, Gupta R, Guerrero WR, et al. ASPECTS decay during inter-facility transfer in patients with large vessel occlusion strokes. *J Neurointerv Surg*. 2017; 9(5): 442–444, doi: [10.1136/neurintsurg-2016-012331](https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2016-012331), indexed in Pubmed: [27106593](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27106593/).
33. Psychogios MN, Schramm P, Frölich AM, et al. Alberta Stroke Program Early CT Scale evaluation of multimodal computed tomography in predicting clinical outcomes of stroke patients treated with aspiration thrombectomy. *Stroke*. 2013; 44(8): 2188–2193, doi: [10.1161/STROKEAHA.113.001068](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.113.001068), indexed in Pubmed: [23715960](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23715960/).
34. Lin K, Rapalino O, Law M, et al. Accuracy of the Alberta Stroke Program Early CT Score during the first 3 hours of middle cerebral artery stroke: comparison of noncontrast CT, CT angiography source images, and CT perfusion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008; 29(5): 931–936, doi: [10.3174/ajnr.A0975](https://doi.org/10.3174/ajnr.A0975), indexed in Pubmed: [18272553](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18272553/).
35. Leng X, Fang H, Leung TWH, et al. Impact of collateral status on successful revascularization in endovascular treatment: a systematic review and meta-analysis. *Cerebrovasc Dis*. 2016; 41(1-2): 27–34, doi: [10.1159/000441803](https://doi.org/10.1159/000441803), indexed in Pubmed: [26579719](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26579719/).

36. Maier IL, Leyhe JR, Tsogkas I, et al. Diagnosing early ischemic changes with the latest-generation flat detector CT: a comparative study with multi-detector CT. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2018; 39(5): 881–886, doi: [10.3174/ajnr.A5595](https://doi.org/10.3174/ajnr.A5595), indexed in Pubmed: 29567653.
37. de Margerie-Mellon C, Turc G, Tisserand M, et al. Can DWI-ASPECTS substitute for lesion volume in acute stroke? *Stroke*. 2013; 44(12): 3565–3567, doi: [10.1161/STROKEAHA.113.003047](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.113.003047), indexed in Pubmed: 24092549.
38. Lin Ke, Lee SA, Zink WE. What ASPECTS value best predicts the 100-mL threshold on diffusion weighted imaging? Study of 150 patients with middle cerebral artery stroke. *J Neuroimaging*. 2011; 21(3): 229–231, doi: [10.1111/j.1552-6569.2010.00487.x](https://doi.org/10.1111/j.1552-6569.2010.00487.x), indexed in Pubmed: 20609038.
39. Hui FK, Obuchowski NA, John S, et al. ASPECTS discrepancies between CT and MR imaging: analysis and implications for triage protocols in acute ischemic stroke. *J Neurointerv Surg*. 2017; 9(3): 240–243, doi: [10.1136/neurintsurg-2015-012188](https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2015-012188), indexed in Pubmed: 26888953.
40. Nagel S, Sinha D, Day D, et al. e-ASPECTS software is non-inferior to neuroradiologists in applying the ASPECT score to computed tomography scans of acute ischemic stroke patients. *Int J Stroke*. 2017; 12(6): 615–622, doi: [10.1177/1747493016681020](https://doi.org/10.1177/1747493016681020), indexed in Pubmed: 27899743.
41. Pfaff J, Herweh C, Schieber S, et al. e-ASPECTS correlates with and is predictive of outcome after mechanical thrombectomy. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2017; 38(8): 1594–1599, doi: [10.3174/ajnr.A5236](https://doi.org/10.3174/ajnr.A5236), indexed in Pubmed: 28596195.
42. Grunwald IQ, Ragoschke-Schumm A, Kettner M, et al. First automated stroke imaging evaluation via electronic Alberta Stroke Program Early CT Score in a mobile stroke unit. *Cerebrovasc Dis*. 2016; 42(5-6): 332–338, doi: [10.1159/000446861](https://doi.org/10.1159/000446861), indexed in Pubmed: 27304197.
43. Song D, Lee K, Kim EH, et al. Gray-matter volume estimate score: a novel semi-automatic method measuring early ischemic change on CT. *J Stroke*. 2016; 18(1): 80–86, doi: [10.5853/jos.2015.01298](https://doi.org/10.5853/jos.2015.01298), indexed in Pubmed: 26467197.