

Klaudia Kowalska, Michał Klichowski

Wydział Studiów Edukacyjnych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

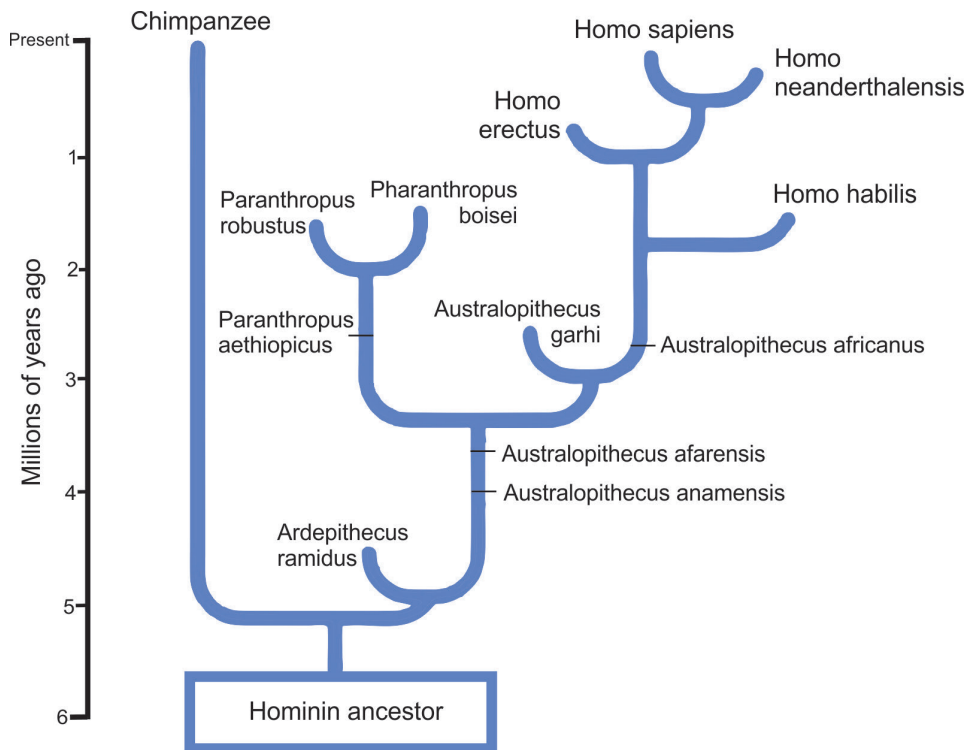
„Interferencje języka”: przeгляд doniesień dotyczących pochodzenia i dynamiki związków języka z prakcją i liczbami

Wprowadzenie: Gdzie szukać początków języka i jego interferencji?

Wczesny człowiek współczesny pojawił się w Afryce około 200 tysięcy lat temu. Po jakimś czasie znalazła się grupa śmiałków, która zdecydowała się na opuszczenie kontynentu. Rozpoczęła się wędrówka, w wyniku której ludzie pierwotni zasiedlili tereny Bliskiego Wschodu i Półwysep Arabski. Okazało się jednak, że nie są tam sami. Obszary te zamieszkiwane były przez neandertalczyków: gatunek z rodziny *homo*, najpóźniejszy reprezentant archaicznego człowieka, który w toku przeobrażeń odłączył się od ludzkiej gałęzi, pozostając w tyle na drabinie ewolucji (rycina 1) (Kaszycka 2009).

Niemniej jednak około 120–125 tysięcy lat temu neandertalczyki dzielili przestrzeń życia z wczesnymi przedstawicielami gatunku ludzkiego (Kuhlwin i in. 2016). O współistnieniu obu grup świadczą wykopaliska – elementy kultury materialnej i niematerialnej – odnalezione w swoim bliskim sąsiedztwie. Wnioskować można również, że wzajemne relacje były co najmniej bliskie. Dość powiedzieć, że w ich wyniku doszło do międzygatunkowej wymiany materiału genetycznego. I choć pierwsza grupa ludzi współczesnych z Bliskiego Wschodu i Półwyspu Arabskiego wyginęła, najprawdopodobniej z braku przystosowania, pozostał po niej ślad w neandertalskim zapisie genetycznym. Neandertalczyki ci dalej wiedli pełen trudów i znoju żywot, typowy w tamtych czasach. Część z nich pozostała w Eurazji, część natomiast ruszyła na wschód, aby ostatecznie osiedlić się na terenach dzisiejszej Syberii. Tymcza-

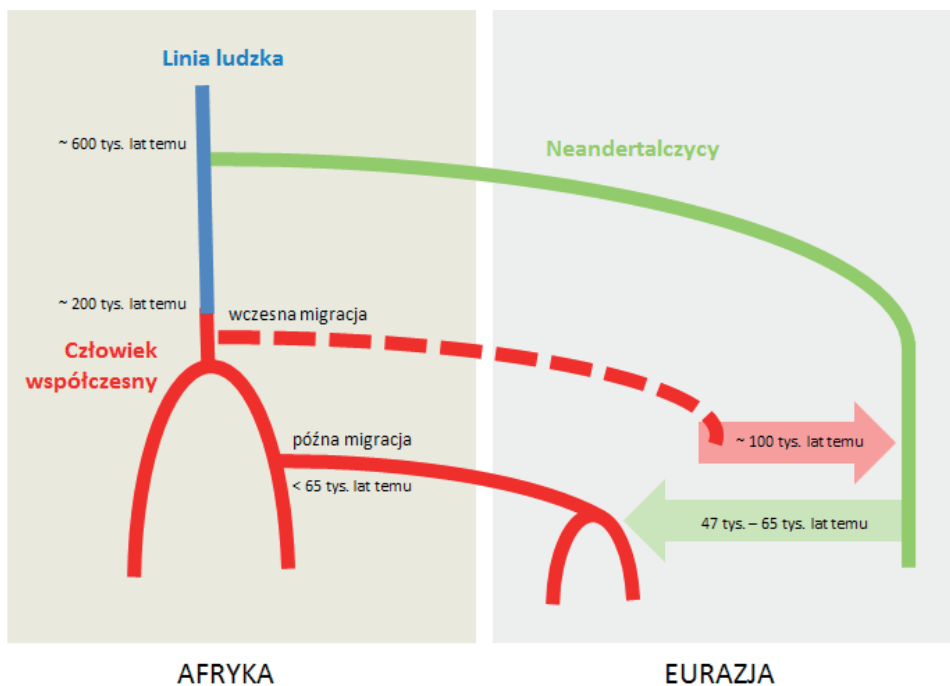
sem przedstawiciele *homo sapiens*, w miarę upływu tysiącleci, niestrudzenie kontynuowali swoją ekspansję. Podczas tzw. głównej migracji (około 50–60 tysięcy lat temu – rycina 2) kierowali się z Afryki, przez Europę, aż na Bliski Wschód (Gibbons 2016).



Rycina 1. Drzewo genealogiczne *homo neanderthalensis* i *homo sapiens*. Drzewo to nie jest tak proste, jak mogłoby się wydawać. Na przestrzeni milionów lat nowe gatunki ewoluowały, mieszały się, wymierały. Do dzisiaj antropolodzy odkrywają nieznanne dotąd połączenia, a kształt drzewa genealogicznego człowieka podlega przeobrażeniom

Źródło: opracowanie własne na podstawie humanevolutionofficial.weebly.com.

Wzorem poprzedniej migracji, w czasie tej wędrówki nie zabrakło przygód wszelakiego rodzaju, również tych matrymonialnych. Droga naszych przodków krzyżowała się z neandertalczykami, co stwarzało okazję do międzygatunkowych bliskich spotkań. Część z naszych przodków pozostała w Europie, część w Azji. Kolejna z grup podążyła poprzez Eurazję, spotykając tam *denisowian* (przedstawiciele jeszcze jednej gałęzi ewolucyjnej) i spółkując z nimi, dokonywała kolejnych wymian materiału genetycznego. Gatunek *homo neanderthalensis* wyginął. *Denisowianie* również. Od tego czasu *homo sapiens*



Rycina 2. Kierunki migracji *homo sapiens*. Proces migracji ludów pierwotnych trwał miliony lat i nierzadko miał burzliwy przebieg. Neandertalczycy wyodrębnili się z linii ludzkiej około 600 tysięcy lat temu i powędrowali na tereny Europy i Azji. W wyniku wczesnej migracji (100 tysięcy lat temu) i późnej migracji (47–65 tysięcy lat temu) linia ludzka przecinała i krzyżowała się z linią neandertalską. Wynikiem tych spotkań są znikome, lecz istotne z naukowego punktu widzenia, zmiany w ludzkim materiale genetycznym

Źródło: opracowanie własne na podstawie Gibbons 2016.

wymieniał materiał genetyczny między przedstawicielami swojego gatunku, rozmazując w ten sposób pierwotne dziedzictwo (Kuhlwilim i in. 2016).

Jednak te burzliwe wędrówki ludów, rozciągnięte w czasie i przestrzeni, nie pozostały bez echa (Zilhão 2006). Odkrycia wykopaliskowe i postęp techniczny pozwalają z bliska i od strony naukowej przeanalizować skutki ekscesów naszych przodków. W 2010 roku odtworzono pełną sekwencję genomu tzw. syberyjskiej kobiety, przedstawicielki gatunku *homo neanderthalensis*, której szczątki znaleziono w górach Ałtaj w Jaskini Denisova (Prufer i in. 2014). Wyniki tych oraz innych analiz pozwalają określić stopień pokrewieństwa między współczesnymi ludźmi a neandertalczykami. Szacuje się, że od 1% do 2% genomów Europejczyków i Azjatów składa się z neandertalskiego DNA (Schich i in. 2014). Malezyjczycy, Australijczycy i Filipińczycy natomiast noszą w sobie dodatkowo genetyczne dziedzictwo *denisowian* (Prufer i in. 2014).

Jakie znaczenie ma ta historia (oprócz oczywistych walorów związanych z budowaniem świadomości gatunkowej) w kontekście aktywności językowej człowieka? Otóż wydaje się całkiem zasadne, aby rozważania nad językiem zacząć od początku – od pierwszego słowa, pierwszego zdania. Nie jest to łatwa perspektywa. W 1866 roku Paryskie Stowarzyszenie Językoznawcze odmówiło w swym statusie przyjmowania rozpraw poświęconych pochodzeniu języka, argumentując, że jest to „niepoważny problem”, który przyciąga „szaleńców i fantastów” (Żmudzki 2014). W niektórych kręgach badaczy stwierdzenie, że początków języka powinno doszukiwać się u neandertalskich przodków człowieka, do dzisiejszego dnia traktowane bywa z przymrużeniem oka. Obecny poziom rozwoju nauk pozwala jednak na wyprowadzanie argumentów potwierdzonych rzetelnymi wynikami badań. Pomimo licznych kontrowersji i sporów, „nic nie przemawia przeciwko założeniu, że często niedoceniany neandertalczyk dysponował już dość dobrze rozwiniętą umiejętnością mówienia” (Kuckenburt 2006, s. 93).

Wydaje się więc zasadne, aby w obliczu silniejszych – niż dotychczas sądzono – połączeń międzygatunkowych (Augenstein 2016), o początki języka pytać właśnie neandertalczyków. Ponadto, z rozwinięcia tak postawionego problemu wyłania się ciekawy wątek dotyczący tytułowych interferencji języka. Bardzo prawdopodobne jest bowiem, że są one efektem właśnie ewolucji języka.

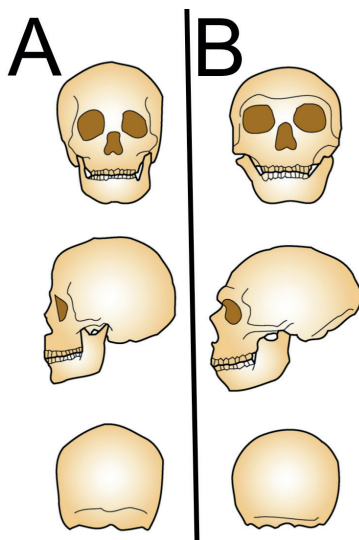
1. Ewolucja języka – nowa dyscyplina nauki

Pytania o początek języka stawiano już od dawna, chociażby na gruncie filozofii. Jednak dopiero przełom darwinowski zwrócił uwagę badaczy na kwestie ewolucyjne. W jego wyniku odpowiedzi na postawione wyżej pytania szuka się dziś w ramach badań nad ewolucją języka (Wacewicz 2008). Stanowią one niezwykle interdyscyplinarny obszar, łącząc między innymi lingwistykę, neurobiologię, antropologię, paleoantropologię (badania szczątków kopalnych), czy prymatologię (nauka o naczelnym) (Wacewicz 2008). Poszukiwania te dostarczają obecnie wielu ciekawych informacji, nierzadko zmuszając do zrewidowania powszechnie utartych poglądów. Długo czas traktowano język jako stosunkowo świeżą zdobycz ewolucyjną. Sądzono również, że epitet *język ludzki* traktować należy jako pleonazm (Wacewicz 2007), ponieważ nie ma i nie było wśród stworzenia takiego systemu komunikacji, który mógłby się równać z mową ludzką. Wydaje się, że neandertalczykowie reprezentowani w pełnym garniturze genetycznym przez syberyjską kobietę, zachwiali pewnością naukowców w tym względzie. Czy jest więc możliwe, aby język chlubnie traktowany jako jedna z głównych cech dystynktywnych człowieka, nie był jedynie jego domeną? Czy neandertalczykowie potrafili mówić? Gdzie szukać początków języka?

2. Argumenty na poparcie hipotezy o językowych umiejętnościach neandertalczyków – perspektywa biologiczna

2.1. Neuroanatomia mowy neandertalczyków

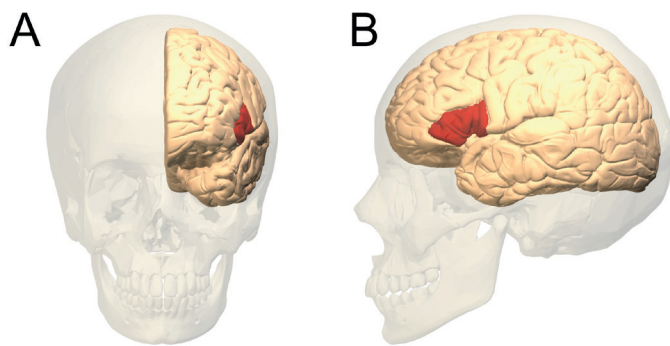
Proces encefalizacji (wzrostu rozmiarów mózgu) w toku ewolucji został dość dobrze zbadany. Na podstawie objętości czaszek wnioskować można o rozmiarach organu, który często uważany jest za „iskrę zapalną procesu stawania się człowiekiem” (Kuckenburger 2006, s. 58). Pojemność czaszki australopiteków wynosiła 400–500 centymetrów sześciennych i u początków procesu ewolucji zmieniała się powoli. Jednak nawet przy uwzględnieniu równoczesnych zmian masy ciała, krzywa wzrostu objętości mózgu bezdyskusyjnie pokazuje tendencję rosnącą. *Homo habilis*, który wytwarzał już kamienne narzędzia, charakteryzował się mózgiem o pojemności 500–750 centymetrów sześciennych, kolejny – *homo erectus* – miał już 800–1200 centymetrów sześciennych. Mózg neandertalczyka osiągał wielkość 1350–1750 centymetrów sześciennych, podczas gdy rozmiary mózgu współczesnego człowieka wahają się między 1200 a 1800 centymetrów sześciennych (rycina 3) (Kuckenburger 2006, s. 59).



Rycina 3. Porównanie wielkości czaszek człowieka współczesnego i neandertalczyka. Szczątki kopalne pierwotnych dostarczają badaczom wielu informacji. Pozwalają na dokładne zrekonstruowanie kształtu czaszki neandertalczyków – B i porównanie jej parametrów z czaszką ludzką – A

Źródło: DAO Vincent Mourre 2006 comparison of *Homo sapiens* (left) and *Homo neanderthalensis* (right) skulls; 120; licencja Creative Commons i GNU Free Documentation.

Jednak jak dobrze wiadomo, w przypadku mózgu nie liczy się wielkość, a jakość (dla przykładu: mózg dorosłego człowieka waży średnio 1375 gramów, a dorosłego słonia – 4783 gramów, Shoshani i in. 2006). Mózgi ludzkich przodków pod kątem jakościowym bada się w ramach paleoneurologii (Falk 1987). Porównania morfologiczne mózgów gatunku *homo neanderthalensis* i *homo sapiens* wykazują wiele podobieństw, na przykład stopień asymetrii czy rozszerzanie się płatów czołowych (Pearce i in. 2013). Na podstawie odlewów puszek mózgowych większość badaczy przyznaje, że neandertalczyk miał również pole Broki (rycina 4) – jeden z kluczowych ośrodków mózgu związanych z mową (Fadiga i in. 2009).



Rycina 4. Pole Broki. Ośrodek Broki to pole w lewej półkuli mózgu odpowiedzialne za procesy związane z mową, odkryte i opisane przez Brokę. **A** – widok z przodu. **B** – widok z boku. Na podstawie odlewów puszek mózgowych paleoneurologdy stwierdzają, że *homo neanderthalensis* miał pole Broki. Uważa się, że sam fakt istnienia tego obszaru nie przesądza jeszcze o jego funkcjonalności, niemniej – stwarza neurobiologiczną podstawę pozwalającą zakładać, że neandertalczyk posługiwał się mową

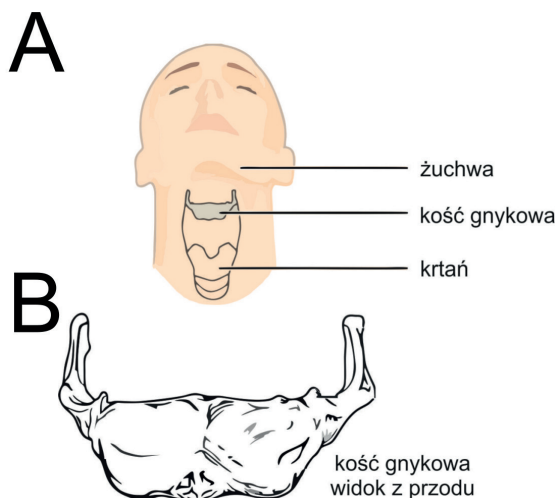
Źródło: Polygon data were generated by Database Center for Life Science (DBCLS); BodyParts3D, © The Database Center for Life Science licensed under CC Attribution-Share Alike 2.1 Japan (licencja Creative Commons).

I choć sam fakt istnienia takiego obszaru nie przesądza o apriorycznym istnieniu mowy u neandertalczyków, jednakże stanowi neuroanatomiczną podstawę stawianych w tym temacie hipotez.

2.2. Anatomia mowy neandertalczyków

W kontekście mowy obok odpowiedniej organizacji mózgu równie ważna jest budowa aparatu mowy. Nic więc dziwnego, że w debacie mającej „przyznać głos neandertalczykom” odwołano się również do anatomii narządów mowy.

Pionierami paleolaryngologii byli lingwista Lieberman i anatomicznymi współczesnych neandertalczyka znalezionego w jaskini La Chapelle-aux-Saints, naukowcy określili możliwy zakres emitowanych głosek. Według nich neandertalczyk miał możliwość artykułowania wielu spółgłosek i samogłosek, jednak nie był zdolny do artykulacji chociażby samogłosek „a”, „i” oraz „u”, a także spółgłosek „g” i „k” (Lieberman, Crelin 1971). Taki język byłby więc dość prymitywny i znacznie ograniczony. Obecnie wyniki te są dyskutowane, ponieważ badacze podają je w wątpliwość. W 1983 roku w jaskini Kebara w Izraelu odnaleziono niemal kompletny szkielet dorosłego mężczyzny neandertalskiego (D’Anastasio i in. 2013). Cennym źródłem informacji okazała się kość gnykowa – niewielka kość w kształcie podkowy, która jest podporą dla krtani oraz łączy się z żuchwą (rycina 5) (Bochenek, Reicher 1999).



Rycina 5. Kość gnykowa człowieka. A – położenie. **B** – niewielka kość gnykowa w kształcie podkowy. Odgrywa rolę w procesach artykulacyjnych, zapewniając prawidłową pozycję krtani i łącząc się z żuchwą. Neandertalska kość gnykowa znaleziona w jaskini Kebara w Izraelu, w porównaniu z kością ludzką, ma niemal identyczny kształt i rozmiar. Paleolaryngolodzy orzekają, że świadczyć to może o szerokich zdolnościach artykulacyjnych neandertalczyków

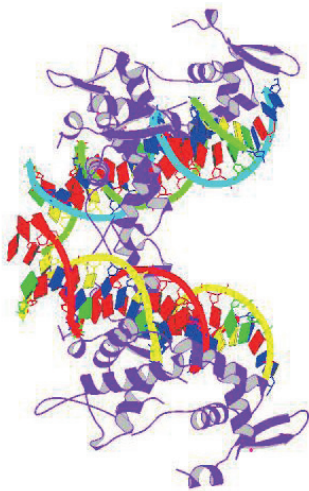
Źródło: własna modyfikacja pliku z OpenStax College. Licencja Creative Commons.

Kość gnykowa z jaskini Kebara ma niemal identyczny kształt i rozmiar, jak kości gnykowe ludzi współczesnych (Arensburg i in. 1989). Można zatem przypuszczać, że w ciągu ostatnich 60 tysięcy lat ewolucji człowieka nie nastąpiły żadne, lub jedynie niewielkie, zmiany w budowie i ułożeniu

krtani. Ta możliwość jest co najmniej interesująca. U małych i innych ssaków krtani jest położona wysoko, języczek znajduje się powyżej podniebienia miękkiego. W ten sposób drogi oddechowe i pokarmowe nie krzyżują się. Fakt ten stanowi cenne przystosowanie – pozwala to bez obaw jednocześnie oddychać i jeść. W toku ewolucji człowieka krtani opadała, zwiększając jego zdolności fonetyczne, ograniczając jednak komfort związany z oddychaniem i odżywianiem, nawet za cenę śmierci powodowanej zakrzuszeniem. Niewątpliwie, zgodnie z doбором naturalnym, język i mowa musiały stanowić już wówczas cenną zdobycz ewolucyjną (Kuckenburger 2006), na rzecz której warto było „poświęcić” inne przystosowania.

2.3. Gen FOXP2 w neandertalskim DNA

Nie można sądzić, że za funkcje językowe odpowiada jeden konkretny gen. Niemniej badacze zgodnie oceniają, że czynniki dziedziczne mają wpływ na kompetencje językowe człowieka, a liczbę „genów języka” szacuje się nawet na 30 tysięcy (Kuckenburger 2006). Nauka dysponuje jednak tylko jednym opisanym i zbadanym genem ściśle związanym z mową. Jest to gen FOXP2 (rycina 6), znajdujący się na chromosomie 7 (Krysiak 2010).



Rycina 6. Gen FOXP2. Gen FOXP2 zlokalizowany jest na chromosomie 7. Choć pojedynczy gen nie przesądza o możliwościach językowych (badacze szacują, że nawet 30 tysięcy czynników dziedzicznych może być związanych z procesami językowymi), gen FOXP2 niewątpliwie jest związany z mową. W identycznej, ludzkiej postaci, został odkryty w neandertalskim DNA

Źródło: ProteinBoxBot; domena publiczna.

W istocie gen ten mają również zwierzęta, na przykład myszy lub szympany, różni się on jednak od ludzkiego genu jednym bądź dwoma aminokwasami. To właśnie ta drobna, wydawałoby się, zmiana odgrywa niebagatelną rolę w procesach językowych.

Gen FOXP2 został opisany w efekcie badań prowadzonych nad jedną z angielskich rodzin, określanej mianem *KE family* (Nudel, Newbury 2013). W trzech generacjach *KE family* u 16 osób zdiagnozowano zaburzenia mowy przy prawidłowym słuchu i poziomie inteligencji (Hurst i in. 1990). U wszystkich tych osób badania genetyczne wykazały zmianę aminokwasu w genie FOXP2. Uszkodzenia tego typu powodują problemy z językiem i mową, dyspraksję werbalną, obniżoną wydajność intelektualną i innego rodzaju nieprawidłowości układu nerwowego (Nudel, Newbury 2013), co potwierdziły późniejsze badania prowadzone w ramach innych studiów.

Odkrycie genu FOXP2 wywołało poruszenie w naukowych ośrodkach zajmujących się językiem. Jeszcze więcej sensacji przyniosły doniesienia z Instytutu Antropologii Ewolucyjnej Maxa Plancka w Lipsku. Krause ze swoim zespołem (2007) zlokalizował gen FOXP2 w neandertalskim DNA. Co więcej, był to gen z identyczną jak u człowieka sekwencją aminokwasów. Fakt ten pozwala postawić wniosek, że presja ewolucyjna, pod wpływem której zaszły i ustaliły się różnice aminokwasów genu FOXP2, a które wyróżniają gatunek ludzki na tle stworzenia, wywierana była już na przodkach neandertalczyków, czyli znacznie wcześniej niż sądzono.

3. Argumenty na poparcie hipotezy o językowych umiejętnościach u gatunków wcześniejszych niż *homo neanderthalensis* – perspektywa kulturalno-społeczna

Kolejny raz trzeba przesunąć w czasie rozważania na temat początków języka. W kontekstach neuroanatomicznym, anatomicznym i genetycznym pewne informacje są pozyskiwane ze szczątków kopalnych neandertalczyków. Nauka nie dysponuje jednak wcześniejszymi szczątkami, zachowanymi na tyle dobrze, aby móc prowadzić nad nimi tego typu badania. Czy istnieje zatem możliwość, aby to przodkowie *homo neanderthalensis* pierwsi odkryli dobrodziejstwa języka?

Do takich wniosków skłaniają wyjaśnienia związane z życiem kulturalno-społecznym pierwotnych. O ile procesy ewolucyjne, zachodzące na prawach dziedziczenia, determinowane są przez biologię, o tyle procesy kulturalno-społeczne są przekazywane z pokolenia na pokolenie w ramach tradycji. Tradycja z kolei może zaistnieć i przetrwać tylko dzięki pamięci społecznej.

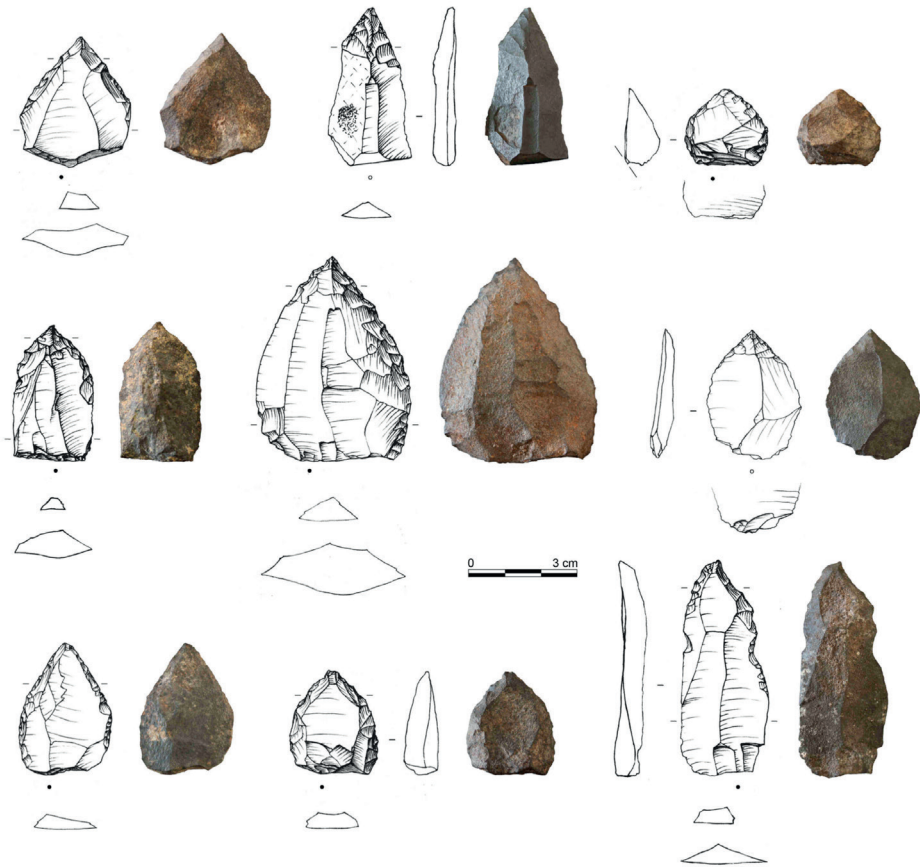
Niemąla liczba dowodów świadczy o podejmowanych praktykach kulturalnych, prowadzonym życiu społecznym czy duchowym przez gatunki dużo wcześniejsze niż *homo neanderthalensis*. Wydaje się możliwe, jeśli nie konieczne, aby tym procesom towarzyszył język.

Kolejnym argumentem na poparcie hipotezy o dużo wcześniejszym rozwoju języka jest argument użyteczności (użyteczności). Ewolucja kieruje się prawami doboru naturalnego. Promuje te cechy, które są istotne z punktu widzenia przetrwania. Prawo to jest doskonale znane w trawestacji: „przetrwa najsilniejszy”, czyli ten z lepszymi cechami. Jest więc mało prawdopodobne, aby język – złożony, abstrakcyjny system komunikacyjny – wykształcił się bez konkretnych powodów, tak samo jak mało prawdopodobne jest, by przedstawiciele gatunku *homo erectus* radośnie snuli historie przy ognisku dla przyjemności, a dzieciom opowiadali bajki ku pocieszeniu. Przypuszczalnie rozwój języka był zbyt energochłonnym procesem, aby odbywał się bez ważnych, konkretnych celów. Owych związków języka z innymi dziedzinami życia szuka się w kilku – omówionych poniżej – kategoriach.

3.1. Posługiwanie się narzędziami

Można poznawać tajniki rozwoju ludzkiej inteligencji poprzez archeologię. Musi ona jednakże posługiwać się dobrze ugruntowaną teorią inteligencji. W kontekście analizy wytworów kultury materialnej ludów pierwotnych, a zwłaszcza – używanych przez nich narzędzi, niektórzy naukowcy stosują wyjaśnienia na podstawie teorii rozwoju poznawczego Piageta (Wynn 1985). W myśl tej koncepcji „rozwój opiera się na tworzeniu [...] coraz to nowych struktur (schematów) pozwalających coraz lepiej organizować własne doświadczenie” (Kielin 2013, s. 110). Pierwszy, sensoryczno-motoryczny okres polega na uczeniu się operacji niezbędnych do logicznego myślenia. Oparty na działaniu praktycznym etap poprzedza umiejętność mówienia, która – pojawiając się z czasem – umożliwia internalizację zdobywanej wiedzy.

Badacze podkreślają, że wytwarzanie przez pierwotnych narzędzi, nawet w czasie epoki kamienia łupanego, nie sprowadzało się jedynie do „bezmyślnego łupania kamieni” (Kuckenburger 2006, s. 80). Już chociażby fakt, że narzędzia były wykonywane celowo, miały do czegoś służyć, świadczy o uprzednim zamiśle użytkownika. W toku realizacji zamierzeń człekokształtni uczyli się nowych technik obróbki kamienia. Coraz bardziej skomplikowane formy wymagały myślenia technicznego (rycina 7). Uważa się, że w myśl naturalnego prawa rozwoju postępowi technicznemu towarzyszyły zmiany struktur mózgowych (Ambrose 2001).



Rycina 7. Narzędzia kamienne pierwotnych. Narzędzia wykonywane przez ludy pierwotne nie powstały w wyniku prymitywnego „łupania kamieni”. Poziom ich wykonania wskazuje na celową obróbkę materiału, poprzedzoną namysłem i planowaniem. Czy mogło ono odbywać się bez zapośredniczenia przez język?

Źródło: Will 2014. Licencja Creative Commons.

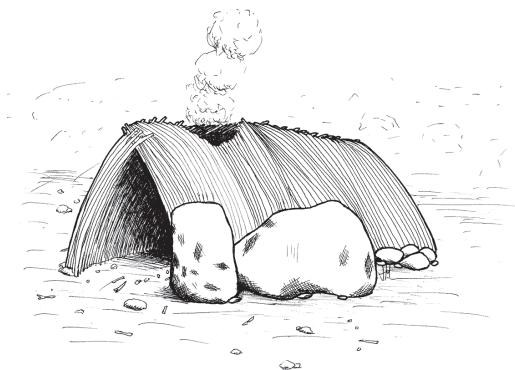
Założenie to wydaje się w pełni zasadne w świetle koncepcji Piageta. Wraz ze wzrostem doświadczenia pojawiała się potrzeba organizowania go, uporządkowywania w strukturach myślowych. Czy odbywało się ono jedynie przy pomocy obrazowych reprezentacji umysłowych? W tych rozważaniach podejmuje się również zaistniałą konieczność przekazywania wiedzy kolejnym pokoleniom. Niektórzy sceptycznie nastawieni naukowcy sądzą, że proces ten mógł odbywać się na zasadzie naśladownictwa (Kuckenbarg 2006). Inni zauważają, że przy znacznym stopniu specjalizacji konieczne było odpo-

wiednie przeszkolenie nowych adeptów sztuki, narzędzia musiały powstawać w „wyuczonym kontekście społecznym”, a więc procesie, w którym mowa jest niezbędna (Kuckenbug 2006, s. 83).

3.2. Ogień i ognisko domowe

Umiejętność regularnego i kontrolowanego wzniesienia ognia była fundamentalną dla ludzkości zdobyczą ewolucyjną (Clark, Harris 1985). Szacuje się, że ogień stał się znaczącą częścią technicznego repertuaru człowieka od 300 tysięcy do 400 tysięcy lat temu (Roebroeks, Villa 2011). Stanowił nie tylko narzędzie obrony przed drapieżnikami czy schronienie przed zimnem. Niektórzy badacze postulują metaboliczną teorię, w myśl której przygotowywane na ogniu potrawy wpłynęły korzystnie na dietę pierwotnych, przez co również na ich rozwój intelektualny. Poddany obróbce cieplej pokarm łatwiej się trawi, w związku z tym energia wykorzystywana uprzednio do procesów trawiennych, mogła być spożytkowana – zgodnie z hierarchią potrzeb – przez niezwykle energochłonny mózg (Wrangham, Conklin-Brittain 2003).

Żadna z powyższych kwestii nie musi oznaczać apriorycznego faktu istnienia mowy u pierwotnych. Trudno jednak polemizować z przypuszczeniem, że tworzące się wokół ognia kolonie i osady funkcjonowały ze sobą bez względu na rozbudowanych form komunikacyjnych. Pierwsze proste domostwa zakładał już *homo erectus*. Datowane na 500–300 tysięcy lat stanowiska odnaleziono w Czechach (Prezeltice), południowej Francji (Terra Amata – rycina 8) oraz



Rycina 8. Rekonstrukcja schronień w obozowisku Terra Amata. We Francji odkryto obozowisko *homo erectus* – Terra Amata – datowane na 500–300 tysięcy lat. Prace wykopaliskowe dostarczyły informacji na temat osad zakładanych przez przedstawicieli tego gatunku. Czy społeczność prowadząca zorganizowany tryb życia mogła porozumiewać się bez wykorzystywania języka?

Źródło: Locutus Borg; domena publiczna.

Niemczech (Bilzingsleben) (Kuckenburtg 2006). Potrzeby związane z życiem społecznym, organizowaniem wspólnoty oraz podejmowane w nich praktyki warunkują niemalże konieczność posługiwania się mową.

3.3. Życie duchowe

Zagadnienia związane z życiem duchowym pierwotnych, a więc kulturą, sztuką, a także systemami wierzeń, dostarczają wiele informacji w debacie nad kondycją intelektualną ludzi pierwotnych. Używali oni barwników z ochry lub innych barwników mineralnych, wykonując za ich pomocą rysunki, ozdabiając ciała i broń (Corbyn 2011). *Homo erectus* nadawał wytwarzanym przez siebie narzędziom określony kształt – charakteryzowała je symetria. Pięściaki znalezione na stanowiskach kopalnych Swanscombe i West Tofts w Anglii, zostały oprowione w taki sposób, aby na ich trzonach widniały skamieniałości jeżowca i muszli (Dissanayake 2002). Późniejsze wykopaliska obfitowały w muszle, zęby i kości z wywierconymi zawieszkami, które prawdopodobnie stanowiły pierwsze próby jubilerskie. Wszystkie te znaleziska świadczą o kształtowaniu się zmysłu estetycznego u pierwotnych. Przedmioty nie miały być tylko przydatne – liczyło się także to, by były po prostu ładne. Odchodzenie od reżimu użyciowości wskazuje na początki myślenia abstrakcyjnego, a to – jak uważa wielu lingwistów – nie może być zapośredniczane bez udziału języka (Kuckenburtg 2006).

4. Interferencje – język w układzie współzależności

Trudno odpowiedzieć na pytanie o początki języka, zwłaszcza jeśli odpowiedź ma spełniać kryteria naukowości. Trzeba w tej kwestii pozostać w sferze pewnych przesłanek. Pozwalają one jednak stwierdzić, że początków języka należy szukać dużo wcześniej, niż dotychczas sądzono. Wiele wskazuje też na to (zarówno aspekty biologiczne, jak i kulturalno-społeczne), że neandertalczycy mogli posługiwać się dość rozbudowanym systemem komunikacyjnym, a gatunek ich poprzedzający – *homo erectus* – mógł wykształcić jakiegoś rodzaju protojęzyk.

Jedno wydaje się jednak jasne: język jest zdobyczą ewolucyjną. Nie mamy w tym przypadku do czynienia z „Wielkim Wybuchem” czy „skokiem rozwojowym”. Możliwości i umiejętności językowe narastały powoli, i jak przystało na wszystkie zdobycze ewolucji – z całkiem konkretnych powodów. Język nie wykształcił się jako niezależny byt. Wydaje się jasne, że umiejętności techniczne, zachowania społeczne i język pierwotnych ewoluowały współzależnie (Gibson 1993, s. 251). Jeśli więc język powstawał w relacjach z innymi sferami

aktywności człowieka, czy jakiegoś typu interferencje mają prawo istnieć po dziś dzień? W dalszej części skupimy się na dwóch – w naszej ocenie – najciekawszych interferencjach języka.

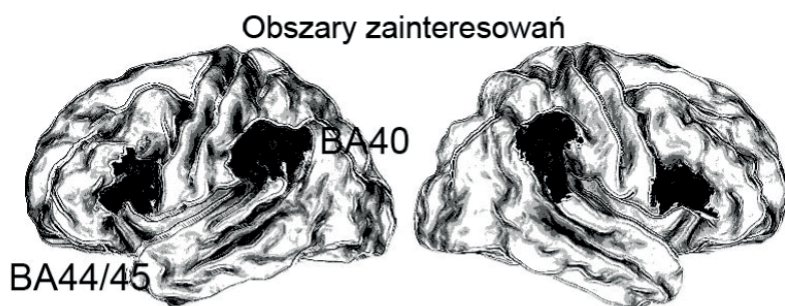
4.1. Interferencje języka i prakcji

Jak zauważają Króliczak i Biduła (2012), dopiero w XIX wieku badacze zajmujący się teoriami funkcjonalnej lokalizacji korowej, a zatem zagadnieniem dotyczącym podziału mózgu na wyspecjalizowane części, zaczęli dostrzegać, że wiele z funkcji podlega lateralizacji. Lateralizacja to nic innego, jak przesunięcie danej funkcji poznawczej do lewej lub prawej półkuli. Jak wiadomo, to właśnie funkcje językowe, a zwłaszcza te związane z procesem generowania mowy oraz rozumienia języka, były jednymi z pierwszych odkrytych „zateralizowanych” zdolności. Lateralizację funkcji generowania mowy ukazały słynne badania Broki. Odkrył on, że za tę zdolność odpowiada dolny obszar czołowy lewej półkuli. Lateralizację funkcji rozumienia języka wykazano natomiast w klasycznych studiach Wernickego. Ich rezultaty jednoznacznie potwierdziły, że funkcja ta jest związana z tylnym, grzbietowym obszarem płata skroniowego lewej półkuli.

Dalsze badania lateralizacji funkcji doprowadziły do spostrzeżenia, że chociaż proste czynności ruchowe palców i dłoni zależą od kontralateralnej pierwszorzędowej kory ruchowej i czuciowej (Króliczak i in. 2008), to już te złożone, a zatem prakcja, reprezentowane są głównie w tylnym obszarze ciemieniowym lewej półkuli, w tym w dolnym płaciku ciemieniowym, oraz w ściśle z nimi powiązanych obszarach czołowych, włączając w to korę przedruchową, a także korę przedczołową (Króliczak, Frey 2009; Króliczak, Biduła 2013; Kubiak, Króliczak 2016).

Koncepcję lewostronnej lateralizacji prakcji testowano w licznych badaniach realizowanych na przełomie XIX i XX wieku, dotyczących dysocjacji i asocjacji, a zatem rozdzielności i współlistnienia różnego typu zaburzeń poznawczych i lewostronnych urazów mózgu (Króliczak 2013; Króliczak, Biduła 2013). Jednym z kontekstów tych studiów było, i jest do dzisiaj, testowanie współwystępowania apraksji (problemy z realizacją i rozpoznawaniem czynności ruchowych wyższego rzędu, w tym gestów) i afazji (zaburzenia generowania i/albo odbierania języka) (Króliczak, Biduła 2012). Udokumentowane asocjacje apraksji i afazji, przy jednoczesnym braku jednoznacznych dowodów na dysocjację tych zaburzeń, skłoniły wielu badaczy do postawienia hipotezy dotyczącej istnienia w ludzkim mózgu wspólnej specjalizacji półkulowej języka i prakcji (Króliczak i in. 2011), a zatem pewnego typu strukturalno-funkcjonalnej interferencji ich reprezentacji.

Jednym z najciekawszych eksperymentów testujących tę hipotezę było badanie przeprowadzone przez Króliczaka, Pipera i Freya (Króliczak i in. 2011). Badacze wykorzystali metodę funkcjonalnego obrazowania mózgu przy użyciu rezonansu magnetycznego (fMRI) do określenia lateralizacji języka i prakcji. Skoncentrowano się na dwóch obszarach zainteresowania (w skrócie ROI, od *Regions of Interest*): polach Brodmanna (w skrócie BA, od *Brodmann area*) 44 i 45 (czyli wspomnianym wcześniej ośrodku Broki, związanym z biegłością werbalną) oraz polu Brodmanna 40 (czyli zakrętem nadbrzeżnym, odpowiadającym za reprezentowanie gestów niezależnie od wykorzystywanej ręki) (rycina 9).

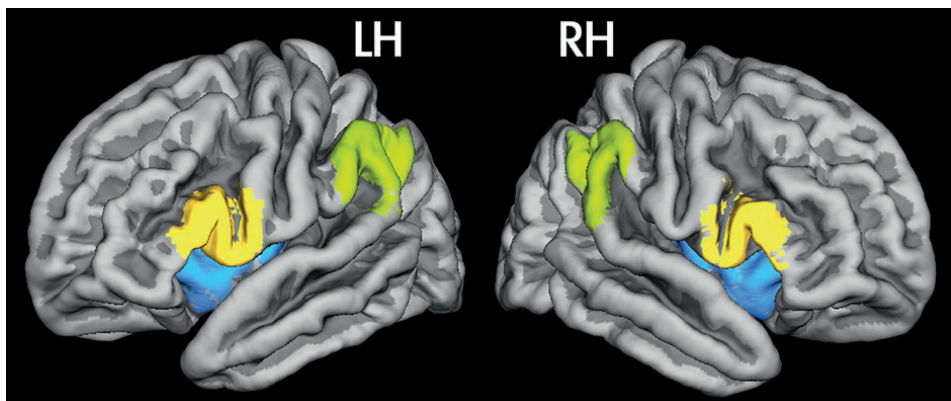


Rycina 9. ROI eksperymentu Króliczaka, Pipera i Freya. Po lewej stronie obszary zainteresowania w lewej półkuli: pola Brodmanna 44 i 45, a zatem ośrodek Broki, związany z biegłością werbalną, oraz pole Brodmanna 40, czyli zakręt nadbrzeżny, odpowiadający za reprezentowanie gestów niezależnie od wykorzystywanej ręki. Po prawej stronie obszary zainteresowania w prawej półkuli – analogiczne do obszarów z półkuli lewej

Źródło: Króliczak, Biduła 2012 (za zgodą Autorów).

Króliczak, Piper i Frey (2011) zastosowali jednak niezwykle nowatorskie podejście do tego badania, polegające na przetestowaniu osób o nietypowej lateralizacji języka. Były to osoby leworęczne, wykazujące naturalną zmienność reprezentacji języka. Założono, że skoro osoby z typową lateralizacją generowania mowy (BA44/45 lewej półkuli), mają także typową lateralizację prakcji (BA40 lewej półkuli), to osoby z nietypową lateralizacją języka (BA44/45 półkuli prawej lub zbalansowanie półkulowe BA44/45) – w myśl hipotezy dotyczącej interferencji języka i prakcji – powinny mieć także nietypową lateralizację prakcji (BA40 półkuli prawej lub zbalansowanie półkulowe BA40). Okazało się, że u tych badanych, u których podczas testu na biegłość werbalną obserwowano dominację lewostronnych BA44/45, podczas testu planowania gestów manualnych występowała dominacja lewostronnego BA40. Ponadto, i co najważniejsze, u osób o nietypowej lateralizacji języka, zaobserwowano analogiczną nietypowość w lateralizacji prakcji. Podobne

zależności uzyskano w późniejszym badaniu przeprowadzonym przez Bidułę i Króliczaka (2015), w którym wśród obszarów zainteresowania (ROI), oprócz ośrodka Broki i zakrętu nadbrzeżnego, była także kora wyspy (rycina 10).



Rycina 10. ROI eksperymentu Biduły i Króliczaka. Po lewej stronie obszary zainteresowania w lewej półkuli: na żółto ośrodek Broki, na zielono zakręt nadbrzeżny, na niebiesko kora wyspy. Po prawej stronie obszary zainteresowania w prawej półkuli – analogiczne do obszarów z lewej półkuli. LH (od *left hemisphere*) – lewa półkula; RH (od *right hemisphere*) – prawa półkula

Źródło: Biduła, Króliczak 2015. Licencja Creative Commons.

Badania te udowadniają, że w mózgu człowieka występują interferencje reprezentacji języka i prakcji. Ponadto studia te wskazują, że być może obie te zdolności wykorzystują wspólną specjalizację korową.

Rezultaty innego badania, przeprowadzonego przez Rizzolattiego i współpracowników (1996), należące do jednych z najczęściej cytowanych wyników badań neuronauki na świecie – pomimo że dotyczyły studiów nad innym problemem, tj. ideą neuronów lustrzanych – także ukazują istnienie pewnej interferencji języka i prakcji. Zespół ten, wykorzystując metodę pozytronowej tomografii emisyjnej (PET), wykazał, że obserwowanie gestów aktywuje neurony w obszarze Broki. Na bazie tej obserwacji badacze sformułowali konkluzję, że w ludzkim mózgu występuje wspólny ewolucyjny mechanizm prakcji i języka.

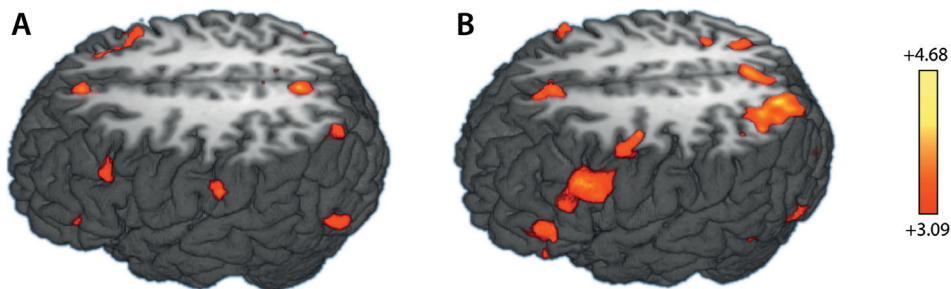
Asocjacje prakcji i języka zaobserwowano także w licznych badaniach lezji, a zatem uszkodzeń pewnych obszarów mózgu. W studiach tych wykryto na przykład, że wielu pacjentów, którzy doznali lezji w okolicach ośrodka Broki, oprócz afazji, przejawia także apraksję lub deficyty w rozpoznawaniu lub inicjowaniu gestów pantomimy (tzw. „mowy ciała”) (Hickok 2014).

Choć na podstawie omówionych wyników nie można przyjąć, że prakcja i język mają wspólną specjalizację korową, to wskazują one jednak jednoznacznie na istnienie silnego – i jak się zdaje ewolucyjnego – zinterferowania reprezentacji prakcji i języka.

4.2. Interferencje języka i liczb

Zdolność do określania liczebności mają zarówno zwierzęta, jak i ludzie – już nawet noworodki potrafią przeliczać małe zbiory. Zdolność ta u zwierząt (np. u makaków rebus) i noworodków (a także u bardzo małych niemowląt) odnosi się do procesu szacowania ilości, a zatem do przetwarzania liczb niesymbolicznych. Starsze dzieci i osoby dorosłe potrafią ponadto przeliczać (liczyć w sposób dokładny), a więc przetwarzać liczby symboliczne (Nieder 2005). Zdolność ta jest bazą dla wszelkich kompetencji logicznych, charakterystycznych wyłącznie dla dojrzałych ludzi (Houde, Tzourio-Mazoyer 2003).

Istnieje wiele koncepcji dotyczących tego, jakie obszary kory mózgu odpowiadają za przetwarzanie liczb. Rycina 11 ukazuje wyniki przykładowego eksperymentu fMRI, w którym badano aktywację mózgu wywołaną bodźcami matematycznymi. Aktywacja była testowana 4 i 8 sekund po danym bodźcu. Wyraźnie widać, że proces ten jest funkcjonalnie niejednoznaczny.



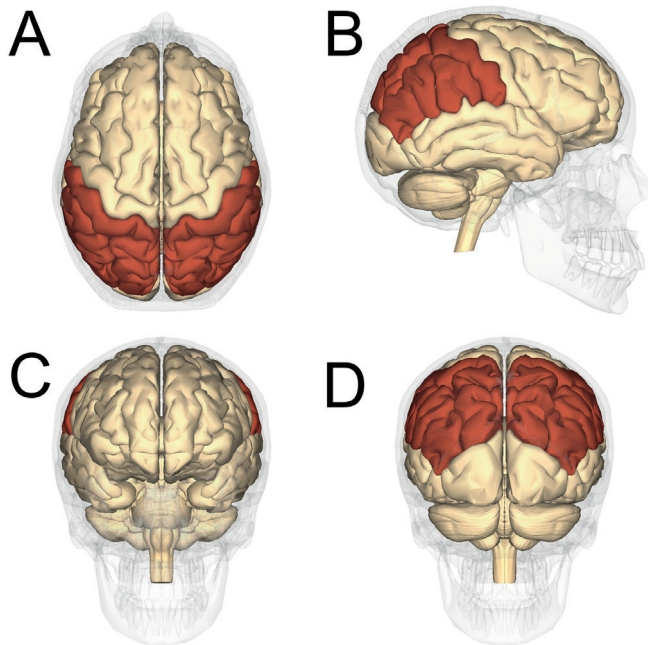
Rycina 11. Aktywacja mózgu w sytuacji przetwarzania bodźców liczbowych. A – funkcjonalna aktywacja obserwowana 4 sekundy po bodźcu matematycznym. B – funkcjonalna aktywacja obserwowana 8 sekund po bodźcu matematycznym

Źródło: Friedrich, Friederici 2013. Licencja Creative Commons.

Często przyjmuje się, że liczby reprezentowane są w płacie ciemieniowym, szczególnie w bruzdzie śródcieniowej, a także w płacie czołowym, zwłaszcza w okolicach ośrodka Broki (Fias i in. 2003; Dehaene i in. 2004; Gobel i in. 2004; Piazza i in. 2004; Pinel i in. 2004; Nieder 2005; Kaufmann

i in. 2008). Wyniki kilku eksperymentów fMRI (np. Gobel i in. 2001; Naccache, Dehaene 2001; Dehaene i in. 2003; Eger i in. 2003) sugerują, że w płacie ciemieniowym (rycina 12) można wyróżnić trzy obszary odpowiadające trzem różnym kontekstom reprezentowania liczb:

1. Obszary bruzdy śródciemieniowej w lewej i prawej półkuli – są odpowiedzialne za przetwarzanie liczb niesymbolicznych, wyrażonych w formie wizualnej. Dotyczą zatem reprezentacji ilości.
2. Obszar lewego zakrętu kątownego – odpowiada za przetwarzanie liczb w formie werbalnej oraz wizualnej, ale z komponentem językowym, np. wyrażonych liczebnikami.
3. Obszary tylnej części płacika ciemieniowego górnego w lewej i prawej półkuli – są związane z procesem porównywania wielkości liczb.



Rycina 12. Płat ciemieniowy. **A** – widok z góry. **B** – widok z boku (prawa półkula). **C** – widok z przodu. **D** – widok z tyłu

Źródło: Anatomography/Polygon data were generated by Database Center for Life Science (DBCLS); Body Parts 3D, © The Database Center for Life Science licensed under CC Attribution-Share Alike 2.1 Japan (licencja Creative Commons).

W płacie czołowym lewej półkuli (zwłaszcza w okolicach pola Broki – rycina 4) dokonywane są natomiast skomplikowane operacje liczbowe, takie jak operacje arytmetyczne, a także przetwarzane precyzyjne własności liczb

(Schmithorst, Brown 2004; Shuman, Kanwisher 2004; Ashwell, Restak 2012). Ilość jest więc przetwarzana obupółkulowo, natomiast reprezentacje operacji na liczbach symbolicznych oraz reprezentacje językowo mediowanych liczb – lewopółkulowo. Taki podział, nazywany modelem potrójnego kodowania (TCM, od *triple-code model*), został po raz pierwszy przedstawiony przez Dehaene (2011) – najbardziej znanego badacza neuronalnych reprezentacji liczb.

TCM sugeruje istnienie pewnych interferencji między reprezentacjami liczb i języka oraz prakcji. W kontekście pierwszej z nich, mówi się o dwóch typach przetwarzania liczb: niejęzykowym, związanym z ilością i liczbami niesymbolicznymi, oraz językowym, powiązanym z liczbami symbolicznymi, operacjami arytmetycznymi i werbalnym wyrażaniem liczb (Nieder 2005; Iversen i in. 2006). Dowodem na występowanie interferencji języka z liczbami mają być także wyniki eksperymentów behawioralnych z udziałem osób dwujęzycznych. Spelke i Tsivkin (2001) wykazali na przykład, że dwujęzyczni wykonują zadania związane z szacowaniem (operacje na liczbach niesymbolicznych) tak samo skutecznie i szybko w obu językach (natywnym i obcym). Inaczej jest w przypadku zadań wymagających liczenia dokładnego – operowania liczbami symbolicznymi. W tym przypadku badani szybciej i skuteczniej wykonywali obliczenia dla treści wyrażonych w języku natywnym. Wydaje się więc, że w przetwarzaniu liczb dokładnych uczestniczy język (nie uczestniczy on natomiast w reprezentacji liczb przybliżonych).

Częściej badacze wspominają jednak o drugiej z tych interferencji: liczby–prakcja. Badania wskazują, że reprezentacje liczb są zakorzenione w doświadczeniach cielesnych – są ucieleśnione (Domahs i in. 2010). Wykazano w tym kontekście, że istnieje interferencja między reprezentacjami liczb symbolicznych a reprezentacjami słów związanych z aktywnością (*action words, action-related words*) oraz między reprezentacjami liczb a reprezentacjami motoryki małej (zwłaszcza palców dłoni) (Andres i in. 2008). Tę ostatnią interakcję tłumaczy się najczęściej jako wynik liczenia na palcach w dzieciństwie (Sato i in. 2007; Brozzoli i in. 2008; Domahs i in. 2008; Kaufmann i in. 2008).

Funkcjonalne zinterferowanie reprezentacji palców i reprezentacji liczb wspierają liczne wyniki badań z udziałem osób (głównie dzieci) cierpiących na agnozę palców ręki, czyli niezdolność do rozpoznawania palców kończyny górnej (Noel 2005; Penner-Wilger i in. 2007). Takie osoby najczęściej mają także różnorakie problemy z przetwarzaniem liczb. Co więcej, udowodniono, że stymulacja sprawności palców u takich dzieci przyczynia się do rozwoju umiejętności matematycznych (Gracia-Bafalluy, Noel 2008; Klichowski, Przybyła 2017). Istotne są w tym kontekście także obserwacje efektu SNARC (*The spatial-numerical association of response codes*) – zjawiska reprezentowania liczb poprzez oś liczbową, ukazującego silny związek między reprezentacjami liczb symbolicznych a reprezentacją przestrzeni (Dehaene i in. 1993).

Omówione wyniki nie przekonują na pewno do tego, że liczby i język mają wspólną specjalizację korową, jednak wskazują one jednoznacznie, że istnieją silne interferencje reprezentacji liczb i języka oraz liczb i prakcji. Dodając do tego fakt, że – jak wykazano we wcześniejszym paragrafie – istnieją interferencje języka i prakcji, można uznać, że procesy korowe związane z językiem, liczbami i prakcją podlegają istotnym, i nadal trudnym w jednoznacznym opisie, interferencjom.

Podsumowanie

Język jest bez wątplenia zdobyczą ludzkiej ewolucji, a jego początków można doszukiwać się w dużo wcześniejszych jej etapach, niż jeszcze niedawno sądzono. Być może bowiem nie tylko już neandertalczyki posługiwali się jakimś systemem komunikacyjnym, ale i gatunek ich poprzedzający – *homo erectus* – stosował jakiegoś rodzaju protojęzyk.

Język – w długiej drodze ewolucji – wykształcał się w różnorodnych interferencjach. Umiejętności motoryczne związane z użyciem coraz to bardziej skomplikowanych narzędzi, kompetencje numeryczne oraz szereg zachowań społecznych ewoluowały współzależnie z językiem. Dlatego też, język pozostaje zinterferowany między innymi z prakcją i liczbami. Interferencje te są istotnie skomplikowane, i trudno powiedzieć, czy wynikają one ze wspólnej specjalizacji korowej tych funkcji. Niemniej jednak interferencje te rzutują na codzienne funkcjonowanie człowieka, a ich uwzględnienie wydaje się fundamentem działań pedagogicznych. Nie można bowiem uczyć dzieci liczyć, zapominając o ucieleśnieniu poznania matematycznego czy językowej symboliczności liczb. Nie wspominając już o kształtowaniu kompetencji językowych, z pominięciem aspektu komunikacji gestem czy matematycznej struktury języka.

Kwestia interferencji języka ma jednak także i drugie, nieco ciemniejsze oblicze. Zinterferowanie funkcji może rzutować bowiem także na osłabienie którejś z nich. Przykład takiej supresji możemy zaobserwować, słuchając tłumaczy symultanicznych – bardzo często, nawet najbardziej wprawni tłumacze, myślą się lub spowalniają, gdy w materiale podlegającym ustnemu tłumaczeniu pojawiają się jakieś liczby, na przykład daty. Przetwarzanie liczb ulega więc osłabieniu, w sytuacji bardzo silnej aktywności językowej (Agren, van de Weijer 2013; Prior i in. 2015). Badania Klichowskiego i Króliczaka (2017) ukazały ponadto, że w sytuacji intensywnego przetwarzania operacji arytmetycznych, zmiana może ulegać lateralizacja języka. Co więcej, sawanci matematyczni, a więc osoby słynące z niespotykanych u ludzi zdrowych zdolności matematycznych, cierpią na skomplikowane dysfunkcje komunikacyjne.

Przetwarzanie liczb może więc zostać odblokowane przy zaburzeniu przetwarzania języka. Zależność ta została potwierdzona w eksperymencie z wykorzystaniem metody powtarzalnej przezczaszkowej stymulacji magnetycznej mózgu (rTMS). U badanych wywołano chwilową sztuczną leżę w obszarze związanym z przetwarzaniem języka, po czym zbadano ich kompetencje matematyczne. Okazało się, że były one wyższe od tych zdiagnozowanych przed leżą i po niej (Snyder i in. 2006).

Warto wspomnieć, że sama aktywność motoryczna powoduje pewnego typu osłabienie procesów poznawczych. Ta zależność nazywana jest kosztem podwójnego zadania (*dual-task cost*) i odnosi się do faktu, że nasz mózg nie potrafi jednocześnie bardzo efektywnie koordynować procesów motorycznych i poznawczych. Dlatego też, w trakcie silnej aktywności poznawczej, supresji ulegają zdolności motoryczne, i – analogicznie – w sytuacji dużej aktywności fizycznej, osłabieniu podlegają procesy poznawcze, a zatem supresji może podlegać także proces przetwarzania języka (Takeuchi i in. 2016).

Kwestie te są jeszcze jednak cały czas pewnymi hipotezami i wymagają szczegółowych teoretycznych i empirycznych dookreśleń.

Wkład autorów

Praca bazuje na koncepcji MK. Aspekt ewolucji języka i pochodzenia interferencji opracowała KK, a ten związany z kierunkami interferencji – MK. W procesie pisania rozdziału uczestniczyli oboje autorzy (KK i MK).

BIBLIOGRAFIA

- Agren M., Weijer J. van de, 2013, *Number Problems in Monolingual and Bilingual French-Speaking Children*, „Language, Interaction and Acquisition”, 4 (1), s. 25–50.
- Ambrose S.H., 2001, *Palaeolithic Technology and Human Evolution*, „Science”, 291 (5509), s. 1748–1753.
- Andres M., Olivier E., Badets A., 2008, *Actions, Words, and Numbers. A Motor Contribution to Semantic Processing?* „Current Directions in Psychological Science”, 17 (5), s. 313–317.
- Arensburg B., Tillier A.M., Vandermeersch B., Duday H., Schepartz L.A., Rak Y., 1989, *A Middle Palaeolithic Human Hyoid Bone*, „Nature”, 338 (6218), s. 758–760.
- Ashwell K., Restak R., 2012, *The Brain Book: Development, Function, Disorder, Health*, Firefly Books, New York–Ontario.
- Augenstein I., 2016, *Web Relation Extraction with Distant Supervision*, PhD thesis, University of Sheffield.
- Biduła S.P., Króliczak G., 2015, *Structural Asymmetry of the Insula is Linked to the Lateralization of Gesture and Language*, „European Journal of Neuroscience”, 41 (11), s. 1438–1447.
- Bochenek A., Reicher M., 1999, *Anatomia człowieka, t. 1: Anatomia ogólna: kości, stawy i więzadła, mięśnie*, PZWL, Warszawa.

- Brozzoli C., Ishihara M., Gobel S.M., Salemme R., Rossetti Y., Farne A., 2008, *Touch Perception Reveals the Dominance of Spatial over Digital Representation of Numbers*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, 105 (14), s. 5644–5648.
- Clark J.D., Harris W.K., 1985, *Fire and its Roles in Early Hominid Lifeways*, „African Archaeological Review”, 3 (1), s. 3–27.
- Corbyn Z., 2011, *African Cave's Ancient Ochre Lab*, „Nature”, 13 October.
- D'Anastasio R., Wroe S., Tuniz C., Mancini L., Cesana D.T., Dreossi D., Ravichandiran M., Attard M., Parr W.C. H., Agur A., Capasso L., 2013, *Micro-biomechanics of the Kebara 2 hyoid and its Implications for Speech in Neanderthals*, „PLoS ONE”, 8 (12): e82261.
- Dehaene S., 2011, *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*, Oxford University Press, New York.
- Dehaene S., Bossini S., Giraux P., 1993, *The Mental Representation of Parity and Number Magnitude*, „Journal of Experimental Psychology: General”, 122 (3), s. 371–396.
- Dehaene S., Molko N., Cohen L., Wilson A.J., 2004, *Arithmetic and the Brain*, „Current Opinion in Neurobiology”, 14 (2), s. 218–224.
- Dehaene S., Piazza M., Pinel P., Cohen L., 2003, *Three Parietal Circuits for Number Processing*, „Cognitive Neuropsychology”, 20 (3–6), s. 487–506.
- Dissanayake E., 2002, *What is Art for?* University of Washington Press, Seattle.
- Domahs F., Krinzinger H., Willmes K., 2008, *Mind the Gap Between Both Hands: Evidence For Internal Finger-Based Number Representations in Children's Mental Calculation*, „Cortex”, 44 (4), s. 359–367.
- Domahs F., Moeller K., Huber S., Willmes K., Nuerk H.-C., 2010, *Embodied Numerosity: Implicit Hand-Based Representations Influence Symbolic Number Processing Across Cultures*, „Cognition”, 116 (2), s. 251–266.
- Eger E., Sterzer P., Russ M.O., Giraud A.L., Kleinschmidt A., 2003, *A Supramodal Number Representation in Human Intraparietal Cortex*, „Neuron”, 37 (4), s. 719–725.
- Fadiga L., Craighero L., D'Ausilio A., 2009, *Broca's Area in Language, Action, and Music*, „Annals of the New York Academy of Sciences”, 1169 (1), s. 448–458.
- Falk D., 1987, *Homoid Paleoneurology*, „Annual Review of Anthropology”, 16, s. 13–30.
- Fias W., Lammertyn J., Reynvoet B., Dupont P., Orban G.A., 2003, *Parietal Representation of Symbolic and Nonsymbolic Magnitude*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 15 (1), s. 47–56.
- Friedrich R.M., Friederici A.D., 2013, *Mathematical Logic in the Human Brain: Semantics*, „PLoS ONE”, 8 (1): e53699.
- Gibbons A., 2016, *Humans Mated with Neanderthals Much Earlier and More Frequently than Thought*, „Science”, 17 February.
- Gibson K.R., 1993, *Tool Use, Language and Social Behaviour in Relationship to Information Processing Capacities*, w: K.R. Gibson, T. Ingold (red.), *Tools, Language and Cognition in Human Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge–New York–Melbourne.
- Gobel S.M., Johansen-Berg H., Behrens T., Rushworth M.F., 2004, *Response-selection-Related Parietal Activation During Number Comparison*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 16 (9), s. 1536–1551.
- Gobel S., Walsh V., Rushworth M.F., 2001, *The Mental Number Line and The Human Angular Gyrus*, „NeuroImage”, 14, s. 1278–1289.
- Gracia-Bafalluy M., Noel M.-P., 2008, *Does Finger Training Increase Young Children's Numerical Performance?* „Cortex”, 44 (4), s. 368–375.
- Hickok G., 2014, *The Myth of Mirror Neurons: The Real Neuroscience of Communication and Cognition*, WW Norton and Company, New York.
- Houde O., Tzourio-Mazoyer N., 2003, *Neural Foundations of Logical and Mathematical Cognition*, „Nature Reviews Neuroscience”, 4, s. 507–514.

- Hurst J.A., Baraitser M., Auger E., Graham F., Norell S., 1990, *An Extended Family with a Dominantly Inherited Speech Disorder*, „Developmental Medicine and Child Neurology”, 32 (4), s. 352–355.
- Iversen W., Nuerk H.-C., Jager L., Willmes K., 2006, *The Influence of an External Symbol System on Number Parity Representation, or What’s Odd About 6?* „Psychonomic Bulletin and Review”, 13 (4), s. 730–736.
- Kaszycska K.A., 2009, *Pochodzenie i ewolucja człowieka*, „Kosmos. Problemy nauk Biologicznych”, 58 (3–4), s. 559–570.
- Kaufmann L., Vogel S.E., Wood G., Kremser C., Schocke M., Zimmerhackl L.B., Koten J.W., 2008, *A Developmental fMRI Study of Nonsymbolic Numerical and Spatial Processing*, „Cortex”, 44 (4), s. 376–385.
- Kielin J., 2013, *Krok po kroku. Nauczanie i terapia dzieci z umiarkowaną, znaczną i głęboką niepełnosprawnością intelektualną*, GWP, Sopot.
- Klichowski M., Króliczak G., 2017, *Numbers and Functional Lateralization: A Visual Half-field and Dichotic Listening Study in Proficient Bilinguals*, „Neuropsychologia”, 100, s. 93–109.
- Klichowski M., Przybyła T., 2017, *Does Cyberspace Increase Young Children’s Numerical Performance*, w: H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski (red.), *Świat małego dziecka. Przestrzeń instytucji, cyberprzestrzeń i inne przestrzenie dzieciństwa*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Krause J., Lalueza-Fox C., Orlando L., Enard W., Green R.E., Burbano H.A., Hublin J.-J., Hanni C., Fortea J., Rasilla M. de la, Bertranpetit J., Rosas A., Paabo S., Bertranpetit J., 2007, *The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans was Shared with Neandertals*, „Current Biology”, 17 (21), s. 1908–1912.
- Króliczak G., 2013, *Praxis in Left-Handers*, „Kultura i Edukacja”, 99 (6), s. 5–31.
- Króliczak G., Biduła S., 2012, *Lateralizacja języka i gestów: metody badań, zależności oraz uwarunkowania anatomiczne*, „Studia z Kognitywistyki i Filozofii Umysłu”, 6 (1), s. 143–163.
- Króliczak G., Biduła S., 2013, *Neuronalne podłoże gestów komunikacyjnych u osób leworęcznych*, „Nauka”, 3, s. 99–131.
- Króliczak G., Frey S.H., 2009, *A Common Network in the Left Cerebral Hemisphere Represents Planning of Tool Use Pantomimes and Familiar Intransitive Gestures at the Hand-Independent Level*, „Cerebral Cortex”, 19 (10), s. 2396–2410.
- Króliczak G., McAdam T.D., Quinlan D.J., Culham J.C., 2008, *The Human Dorsal Stream Adapts to Real Actions and 3D Shape Processing. A Functional Magnetic Resonance Imaging Study*, „Journal of Neurophysiology”, 100 (5), s. 2627–2639.
- Króliczak G., Piper B.J., Frey S.H., 2011, *Atypical Lateralization of Language Predicts Cerebral Asymmetries in Parietal Gesture Representations*, „Neuropsychologia”, 49 (7), s. 1698–1702.
- Krysiak A.P., 2010, *(Poli)geny na język. Prolegomena do lingwistyki genetycznej*, „Investigationes Linguisticae”, XX, s. 33–39.
- Kubiak A., Króliczak G., 2016, *Left Extrastriate Body Area is Sensitive to the Meaning of Symbolic Gesture: Evidence from fMRI Repetition Suppression*, „Scientific Reports”, 6: 31064.
- Kuckenburger M., 2006, *Pierwsze słowo. Narodziny mowy i pisma*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- Kuhlwilms M., Gronau I., Hubisz M.J., Filippo C. de, Prado-Martinez J., Kircher M., Fu Q., Burbano H.A., Lalueza-Fox C., Rasilla M. de la, Rosas M., Rudan P., Brajkovic D., Kucan Z., Gusic I., Marques-Bonet T., Andres A.M., Viola B., Paabo S., Meyer M., Siepel A., Castellano S., 2016, *Ancient Gene Flow from Early Modern Humans into Eastern Neandertals*, „Nature”, 530 (7591), s. 429–433.
- Lieberman P., Crelin E.S., 1971, *On the Speech of Neanderthal Man*, „Linguistic Inquiry”, 2 (2), s. 203–222.

- Naccache L., Dehaene S., 2001, *The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobe*, „Cerebral Cortex”, 11 (10), s. 966–974.
- Nieder A., 2005, *Counting on Neurons: The Neurobiology of Numerical Competence*, „Nature Reviews Neuroscience”, 6, s. 177–190.
- Noel M.-P., 2005, *Finger Gnosia: A Predictor of Numerical Abilities in Children?* „Child Neuropsychology”, 11 (5), s. 413–430.
- Nudel R., Newbury D.F., 2013, *Foxp2*, „Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science”, 4 (5), s. 547–560.
- Pearce E., Stringer C., Dunbar R.I., 2013, *New Insights into Differences in Brain Organization Between Neanderthals and Anatomically Modern Humans*, „Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences”, 280 (1758): 20130168.
- Penner-Wilger M., Fast L., LeFevre J.A., Smith-Chant B.L., Skwarchuk S., Kamawar D., Bisanz J., 2007, *The Foundations of Numeracy: Subitizing, Finger Gnosia, and Fine-Motor Ability. Proceedings of the 29th Annual Cognitive Science Society*, Cognitive Science Society, Austin, TX, s. 1385–1390.
- Piazza M., Izard V., Pinel P., Le Bihan D., Dehaene S., 2004, *Tuning Curves for Approximate Numerosity in the Human Intraparietal Sulcus*, „Neuron”, 44 (3), s. 547–555.
- Pinel P., Piazza M., Le Bihan D., Dehaene S., 2004, *Distributed and Overlapping Cerebral Representations of Number, Size, and Luminance During Comparative Judgments*, „Neuron”, 41 (6), s. 983–993.
- Prior A., Katz M., Mahajna I., Rubinsten O., 2015, *Number Word Structure in First and Second Language Influences Arithmetic Skills*, „Frontiers in Psychology”, 6, s. 266.
- Prufer K., Racimo F., Patterson N., Jay F., Sankararaman S., Sawyer S., Heinze A., Renaud G., Sudmant P.H., Filippo C. de, Li H., Mallick S., Dannemann M., Fu Q., Kircher M., Kuhlwilm M., Lachmann M., Meyer M., Ongyerth M., Siebauer M., Theunert C., Tandon A., Moorjani P., Pickrell J., Mullikin J.C., Vohr S.H., Green R.E., Hellmann I., Johnson P.L.F., Blanche H., Cann H., Kitzman J.O., Shendure J., Eichler E.E., Lein E.S., Bakken T.E., Golovanova L.V., Doronichev V.B., Shunkov M.V., Derevianko A.P., Viola B., Slatkin M., Reich D., Kelso J., Paabo S., 2014, *The Complete Genome Sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains*, „Nature”, 505 (7481), s. 43–49.
- Rizzolatti G., Fadiga L., Matelli M., Bettinardi V., Paulesu E., Perani D., Fazio F., 1996, *Localization of Grasp Representations in Humans by PET: 1. Observation Versus Execution*, „Experimental Brain Research”, 111 (2), s. 246–252.
- Roebroeks W., Villa P., 2011, *On the Earliest Evidence for Habitual Use of Fire in Europe*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, 108 (13), s. 5209–5214.
- Sato M., Cattaneo L., Rizzolatti G., Gallese V., 2007, *Numbers within Our Hands: Modulation of Corticospinal Excitability of Hand Muscles During Numerical Judgment*, „Journal of Cognitive Neuroscience”, 19 (4), s. 684–693.
- Schich M., Song C., Ahn Y.Y., Mirsky A., Martino M., Barabási A.L., Helbing D., 2014, *A Network Framework of Cultural History*, „Science”, 345 (6196), s. 558–562.
- Schmithorst V.J., Brown R.D., 2004, *Empirical Validation of the Triple-Code Model of Numerical Processing for Complex Math Operations Using Functional MRI and Group Independent Component Analysis of the Mental Addition and Subtraction of Fractions*, „NeuroImage”, 22 (3), s. 1414–1420.
- Shoshani J., Kupsky W.J., Marchant G.H., 2006, *Elephant Brain: Part I: Gross Morphology, Functions, Comparative Anatomy and Evolution*, „Brain Research Bulletin”, 70 (2), s. 124–157.
- Shuman M., Kanwisher N., 2004, *Numerical Magnitude in the Human Parietal Lobe: Tests of Representational Generality and Domain Specificity*, „Neuron”, 44 (3), s. 557–569.

- Snyder A., Bahramali H., Hawker T., Mitchell D.J., 2006, *Savant-like Numerosity Skills Revealed in Normal People by Magnetic Pulses*, „Perception”, 35 (6), s. 837–845.
- Spelke E.S., Tsivkin S., 2001, *Language and Number: A Bilingual Training Study*, „Cognition”, 78 (1), s. 45–88.
- Takeuchi M., Mori T., Suzukamo Y., Tanaka N., Izumi S.-I., 2016, *Parallel Processing of Cognitive and Physical Demands in Left and Right Prefrontal Cortices During Smartphone Use While Walking*, „BMC Neuroscience”, 17, s. 1–11.
- Wacewicz S., 2007, *Ewolucja języka. Wprowadzenie*, [online] <<http://www.kognitywistyka.net/artykuly/sw-ejw.pdf>> [dostęp: 11.03.2018].
- Wacewicz S., 2008, *Ewolucja języka – horyzont metodologiczny*, w: P. Stalmaszczyk (red.), *Metodologie językoznawstwa. Współczesne tendencje i kontrowersje*, Wydawnictwo LE-XIS, Kraków.
- Will M., Bader G.D., Conard N.J., 2014, *Characterizing the Late Pleistocene MSA Lithic Technology of Sibudu, KwaZulu-natal, South Africa*, „PLoS ONE”, 9 (5): e98359.
- Wrangham R., Conklin-Brittain N., 2003, *Cooking as a Biological Trait*, „Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology”, 136 (1), s. 35–46.
- Wynn T., 1985, *Piaget, Stone Tools and the Evolution of Human Intelligence*, „World Archeology”, 17 (1), s. 32–43.
- Zilhão J., 2006, *Neandertals and Moderns Mixed, and it Matters*, „Evolutionary Anthropology”, 15, s. 183–195.
- Żmudzki O., 2014, *Jak powstał ludzki język?* [online] <<http://www.racjonalista.pl/kk.php/t,9544>> [dostęp: 11.03.2018].