



Pedagogical Contexts 2021, No. 2(17)
www.kontekstypedagogiczne.pl
ISSN 2300-6471, e-ISSN 2720-0000
s. 87–109
<https://doi.org/10.19265/kp.2021.2.17.322>



ARTYKUŁ PRZEGLĄDOWY

Otrzymano:
12.01.2021

Zaakceptowano:
28.03.2021



Miłosz Gołyszny

<https://orcid.org/0000-0002-5860-9885>
Centrum Doskonalenia Nauczycieli „Innowacje” w Cieszynie,
Zakład Farmakologii Katedry Farmakologii, Wydział Nauk
Medycznych w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny
mgolyszny@sum.edu.pl

MÓZGOWE (NEURONALNE) KORELATY LEWORĘCZNOŚCI: PRZYCZYNY I MANIFESTACJE Z PERSPEKTYWY NEURONAUK I NAUK PEDAGOGICZNYCH

BRAIN (NEURONAL) CORRELATES OF LEFT- HANDEDNESS: CAUSES AND MANIFESTATIONS IN THE NEUROSCIENCE AND PEDAGOGICAL SCIENCE PERSPECTIVES

Słowa kluczowe:
leworęczność, latera-
lizacja, neurobiologia
stronności

Streszczenie: Lateralizacja to proces kształtowania przewagi funkcjonalnej jednej strony ciała. Wyróżnia się różne typy lateralizacji. Przez lata leworęczność uznawano za przejaw patologii. Trend ten jednak uległ z czasem zahamowaniu. Obecne poglądy opierają się na założeniu, że różnic półkulowych nie da się sprowadzić do jednego wymiaru. Uważa się, że obie półkule tworzą system, w którym istotną rolę odgrywa każda z nich. Nie podlega dyskusji, że dominacja jednej z rąk jest korzystna. Przyczyny powstawania leworęczności nie zostały dotychczas dostatecznie poznane. Istnieje wiele hipotez próbujących wyjaśnić to zjawisko. Obecnie trwają spory na temat różnych wariantów odmiennej stronności i ich predestynacji do trudności w uczeniu się. Jak wynika z danych, leworęczność

Keywords:
left-handedness,
lateralization,
neurobiological
aspects of laterality

jest zjawiskiem o złożonym podłożu neurobiologicznym, a jej implikacje są komplementarne. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie tego zjawiska na podstawie doświadczeń pochodzących z badań neurobiologicznych, neuropsychologicznych i neuropedagogicznych.

Summary: Lateralization – the process of shaping one side of the body's functional advantage. There are various types of lateralization. For many years, left-handedness was considered as a pathologic condition. However, this tendency stopped over time. Current views are based on the assumption that hemispheric alterations cannot be reduced to one dimension. It is reckoned that both hemispheres create a system, where each one plays an equally important role. It is not considered that the dominance of one of the hands is beneficial. The reasons of the handedness have not been known well yet. There are many hypotheses trying to explain this phenomenon. At present, there are disputes about different variants of laterality and their predictor's potential to learning disabilities in childhood. According to the presented data, left-handedness is as phenomenon with a complex neurobiological background, and its implications are complementary. The aim of the study is to demonstrate this occurrence using data from neurobiological, neuropsychological and neuropedagogical discourses.

*„Ręka jest zewnętrznym mózgiem człowieka”
Immanuel Kant*

Wprowadzenie

Jednym z kluczowych elementów składających się na rozwój człowieka jest lateralizacja, czyli inaczej stronność. To proces kształtowania przewagi funkcjonalnej jednej strony ciała, związany z dominacją jednej z półkul mózgowych. Ze względu na krzyżowanie się większości szlaków nerwowych drogi nerwowe z prawej strony ciała docierają do lewej półkuli mózgu, a z lewej

strony ciała do półkuli prawej. Zatem funkcjonalnej dominacji prawej strony ciała odpowiada dominacja lewej półkuli mózgu. Wyróżniamy lateralizację jednorodną (pravo- lub lewostronną) oraz niejednorodną, inaczej lateralizację skrzyżowaną – mieszaną (np. dominacja prawej kończyny górnej, lewego oka i prawej kończyny dolnej) oraz nieustaloną (brak ukształtowanej dominacji jednej z półkul mózgu) (Bogdanowicz, 1992).

Każde dziecko, rodzące się z określoną predyspozycją do stronności, w procesie kształtowania lateralizacji staje się osobą praworęczną lub leworęczną. Zjawisko to charakteryzuje się jako przewagę jednej ręki, a także nogi, oka i ucha po stronie lewej lub prawej. Oznacza to, że osoba wykonuje określony ruch jakościowo lepiej jednym z podwójnych organów (Grabowska, 1994, 2005; Olex-Zarychta, 2010).

Zrozumienie neurobiologicznych podstaw kształtowania się stronności wydaje się niezbędne do opracowywania nowatorskich strategii, zapobiegających występowaniu trudności w życiu społecznym, w tym w środowisku szkolnym. Wprowadzanie wiedzy pochodzącej z interdyscyplinarnych badań naukowych, między innymi neurobiologicznych i związanych z szeroko pojętą neuronauką, może uchronić dziecko przed konsekwencjami nieprawidłowych wzorców ruchowych, które prawdopodobnie przyczyniają się do występowania trudności szkolnych. Konieczna jest ocena dominacji stronnej u dziecka na podstawie aktualnej wiedzy, a także znajomość rozwoju, występowania, przyczyn i następstw leworęczności. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie powyższych aspektów związanych z kształtowaniem się lateralizacji. Dodatkowo, wydaje się zasadne skonfrontowanie „mitów” funkcjonujących w przestrzeni publicznej, opartych na starszych badaniach, z aktualną wiedzą dotyczącą lateralizacji.

Rozwój lateralizacji

We wczesnym okresie rozwoju układu nerwowego wyróżnia się następujące stadia: płytki nerwowej, rynienki nerwowej i cewy nerwowej. Fałdowanie się płytki nerwowej do formy cewy nerwowej określane jest jako neurulacja pierwotna (Bartel, 2004b). Zachodzi ona wzdłuż całej osi przednio-tylnej zarodka, aż do przyszłej okolicy lędźwiowej (Bielańska-Osuchowska, 2004). Natomiast neurulacją wtórną nazywany jest etap rozwoju odcinka ogonowego cewy nerwowej po zamknięciu otworu nerwowego tylnego (Bartel, 2004b; Saito i in., 2004). Już w 43 dniu rozwoju prenatalnego zaobserwowano pierwsze fale mózgowo (Sadowska i Dziewulski, 2012). Nasuwa to myśl, że może być

to swoistego rodzaju wrażenie świadomości, które występuje po raz pierwszy na tym etapie rozwoju.

Na kształtowanie świadomości płodu ma wpływ jego umiejscowienie w macicy. Rozwijający się organizm zmienia swoje położenie w wyniku zmian pozycji ciała przez matkę. Są to pierwsze wrażenia i doświadczenia ruchowe. Rozwijane w mięśniach proprioceptory (receptory czucia głębokiego) umożliwiają lokalizację poszczególnych części ciała.

Już w początkowym okresie życia postnatalnego obserwuje się silną symetrię ciała (Michałowicz, 2000). Pierwszym odruchem w życiu człowieka jest odruch Moro (Moro, 1918). Pojawia się on w dziewiątym tygodniu życia (Czochańska, 1995). Można go zaobserwować w odpowiedzi na nagły bodziec, tj. hałas, nagły ruch lub zmianę światła w polu widzenia. Ponadto odruch ten pojawia się poprzez stymulację błędnika (zmiana pozycji głowy), ból, zmianę temperatury lub gwałtowne ruchy drugiej osoby. Reakcja noworodka polega na nagłym odwiedzeniu kończyn górnych do tyłu i odchyleniu głowy, zgięciu kończyn dolnych oraz wydaniu głośnego krzyku, a następnie stopniowym powrocie rąk do pozycji zamkniętej.

W latach 20. Rudolf Magnus wyróżnił odruchy postawy służące zapewnieniu prawidłowej pozycji ciała, które występują do szóstego miesiąca życia i powoli ustępują. W ujęciu semantycznym obecnie są to odruchy pierwotne (Magnus, 1926). Następnie inicjowane są odruchy ekstensji, czyli posturalne, warunkujące stopniową, symetryczną pionizację dziecka (Michałowicz, 2000). Działanie odruchowe ma na celu przygotowanie dziecka do dalszego rozwoju, aby stopniowo uruchamiać drogi nerwowe.

Oczywiście etap symetrii ciała dotyczy nie tylko kończyn, lecz także narządu wzroku. Jak podkreślają Małgorzata Matyja i Anna Gogola (2011), dziecko musi przejść okres symetrii, który umożliwia mu rozwój koordynacji bilateralnej oraz napięcia posturalnego. Mechanizmy te stopniowo się rozwijają, uruchamiając odpowiednie drogi nerwowe. Już Iwan Pawłow zauważył, że rozwój organizmu musi przebiegać według określonych praw. Koniec jednego odruchu jest początkiem następnego, co oznacza, że pojawiają się łańcuchowo jeden po drugim i w ustalonej kolejności (Pawłow, 1951).

W analizie rozwoju symetrii ciała nie sposób nie wspomnieć o symetrycznym tonicznym odruchu szyi (STOS). Fizjologicznie pojawia się on między trzecim a szóstym miesiącem życia dziecka, a zanika w dziewiątym–jedenastym miesiącu życia. Wyróżnić można w nim dwie fazy: w zgięciu i w prostowaniu. Gdy dziecko zgina głowę w kierunku klatki piersiowej, to następuje również

zgięcie kończyn górnych i wyprost kończyn dolnych, zginanie głowy do tyłu powoduje zaś wyprost kończyn górnych i zgięcie kończyn dolnych (Podemski i Wendera, 2001). Symetryczność musi być jednak dopełniana asymetrycznością, doskonałość i odzwierciedlenie w proporcji 1 : 1 sprawdza się bowiem w matematyce, ale nie w fizycznej rzeczywistości. Dlatego też we wczesnym okresie rozwoju dziecka obserwuje się już przejawy rozwoju asymetrycznego – asymetryczny toniczny odruch szyi (ATOS) (Matyja i Gogola, 2011). Polega on na tym, że odwracanie przez dziecko głowy w bok równocześnie powoduje wyprostowanie kończyny górnej i kończyny dolnej po tej stronie, w którą zwróciła się głowa, i zgięcie kończyn po stronie przeciwnej.

W okresie niemowlęcym odruch ten zwiększa napięcie mięśni prostujących, rozwija po kolei każdą połowę ciała oraz ruchy w bok. Przypisuje się mu ważną rolę w rozwoju koordynacji ruchowo-wzrokowej (Czochońska, 1995).

Przejawy rozwoju asymetrycznego obserwujemy również podczas inicjacji odruchu skrócenia tułowia (odruchu Galanta). Polega on na tym, że jeżeli drażni się lub dotyka boczną część tułowia dziecka, to następuje wygięcie skierowane wklęsłością w stronę działającego bodźca (Matyja i Gogola, 2011).

Joachim Bauer (2008) wskazywał, że najpóźniej w wieku 13 miesięcy, dzieci praworęczne dokonują wyboru dominującej ręki podczas gestu wskazywania palcem.

Okolo pierwszego–drugiego roku życia przejawy lateralizacji często słabną, gdyż dziecko podczas lokomocji angażuje obie półkule mózgowie – chód jest czynnością symetryczną, angażującą w jednakowym stopniu obie kończyny dolne. Pokazuje to, jak wieloetapowym procesem jest rozwój dziecka. Każda z faz dojrzewania organizmu musi pozostać w harmonii z zaprogramowanym genetycznie układem. Początki dominacji w zakresie ręki obserwujemy między drugim a trzecim rokiem życia dziecka (Paczkowska, Szmalec i Zielonka, 2014). Okolo piątego–szóstego roku życia można zauważyć kierunek ustalania lateralizacji. Ostatecznie dominacja czynności ruchowych ustala się do ósmego roku życia, proces ten zostaje zakończony w wieku szkolnym (Bogdanowicz, 1992). Właśnie ten okres jest najistotniejszy z perspektywy pedagoga, co tym bardziej pokazuje, że interdyscyplinarna wiedza na temat lateralizacji jest mu potrzebna.

Z pedagogiczno-psychologicznego punktu widzenia za proces lateralizacji uważa się „taki rodzaj przewagi, kiedy jedna kończyna dominuje nad drugą. Przewaga jednej strony ciała nad drugą nie zjawia się od razu w postaci gotowej, lecz powstaje stopniowo i nasila się w miarę ogólnego rozwoju dziecka”

(Spionek, 1970, s. 143). Na proces lateralizacji ma wpływ prawidłowy tonus mięśniowy, czucie głębokie, które będzie przejawiało się prawidłowym schematem ciała. Czas indywidualizacji rozwoju lateralizacji jest uzależniony od wrodzonych wzorców, ogólnego rozwoju i wpływu środowiska (Johansen, 2011).

Historia badań nad dominacją półkulową

W XIX wieku, gdy kształtowały się nauki o mózgu, uważano ręczność za obserwowalny przejaw dominacji jednej półkuli mózgu nad drugą. Andrew Wigan (1844) przedstawił ideę zakładającą, że półkule mózgowe stanowią neuronalne podłoże dwóch, konkurujących ze sobą, częściowo niezależnych systemów psychicznych, z których jeden, zwykle ten lewopółkulowy, dominuje nad drugim (Harrington, 1995). Dwie dekady później Pierre Paul Broca potwierdził te obserwacje i zasugerował związek afazji z uszkodzeniami obszarów czołowych lewej półkuli mózgu. Broca, podobnie jak Wigan, uważał, że lewa półkula mózgu odpowiada za te przymioty umysłu, które stanowią o naszej gatunkowej wyższości i unikalności (Broca, 1861; Federmeier, Wlotko i Meyer, 2008). Lewa półkula mózgu, „cywilizowana – mówiąca”, została określona jako siedlisko rozumu, uczuć wyższych i moralności, miała dominować nad „zwierzęcą – niemą” półkulą prawą. Niedługo po raportach Broki Carl Wernicke (1969) również wskazał na wagę lewej półkuli mózgu – tym razem tylnych, grzbietowych obszarów płata skroniowego – w procesach rozumienia języka. W naukach medycznych owa wyższość i przewaga lewej półkuli mózgu wiązała się z manifestacją prawej strony w życiu społecznym (w związku z krzyżowaniem się szlaków neuronalnych). Jednak nie tylko w dyskursie biologicznym i medycznym obserwuje się postrzeganie prawej strony jako bardziej normatywnej, a co za tym idzie – lepszej, wyższej, specyficznie ludzkiej. Pozytywne wartościowanie prawej strony w odniesieniu do lewej zachodzi w większości kultur, które zostały zbadane. Yi-Fu Tuan (1987, s. 62) twierdzi:

W zasadzie z prawą stroną wiąże się świętą siłę, zasadę wszelkiego ukierunkowanego działania i źródło wszystkiego, co dobre i uprawnione. Lewa strona jest antytezą: oznacza świeckie, nieczyste, niepewne i słabe, to, co jest złe i czego należy się bać. W przestrzeni towarzyskiej przestrzeń na prawo od gospodarza jest miejscem honorowym.

Autor, posługując się cytatem z pracy Roberta Hertza, dodaje, że w przestrzeni kosmologicznej „strona prawa przedstawia to, co jest wysoko, świat

wyższy i niebo – sacrum; strona lewa zaś wiąże się ze światem niższym i ziemią – profanum” (Tuan, 1987, s. 62).

Zatem leworęczność (dominację półkuli prawej) w większości kultur stygmatyzowano i uznawano przez lata za przejaw patologii (McManus, 2003). Powszechna na początku XX wieku praktyka przeuczania leworęczności doskonale współgra z sylwetką i poglądami wybitnego kryminologa Cezarego Lombrosa – uważał on, że nietypowa dla gatunku ludzkiego dominacja prawopółkulowa jest częsta wśród przestępców i osób chorych psychicznie (Kushner, 2011). Trend ten jednak uległ zahamowaniu, przede wszystkim dzięki pracom Samuela Ortona i Lee Trávisa, którzy dopatrywali się przyczyn zaburzeń mowy w nieprawidłowym rozwoju lateralizacji. Przymusowe „prze-stawianie” osób leworęcznych miało ich zdaniem zaburzać naturalny wzorzec dominacji półkulowej, prowadziło bowiem do swoistego rodzaju konfliktu pomiędzy półkulami mózgu, manifestującego się między innymi zaburzeniami mowy (Travis, 1931; Orton, 1937).

Jednak w drugiej połowie XX wieku, w wyniku następstw chirurgicznej separacji połączeń międzypółkulowych (Sperry, 1968) i ich licznych niemerytorycznych interpretacji, doszło do swoistego renesansu XIX-wiecznej koncepcji dwóch oddzielnych bytów neuronalnych w jednej głowie. Bardzo szybko upowszechniła się, mająca niewiele wspólnego z rzeczywistością, fantastyczna wizja „dwu mózgów”, z których każdy miał być siedzibą niezależnego systemu psychicznego. Obecnie te klasyczne wizje relacji czynnościowych między półkulami nie znajdują odzwierciedlenia w badaniach naukowych. Aktywność zlateralizowanych struktur dzięki gęstej sieci traktów przekaźnikowych pomiędzy półkulami jest obustronna. Nawet w przypadku jednej z najbardziej asymetrycznych czynności mózgu – generowania mowy – neuroobrazowanie pracującego mózgu wskazuje, że wzbudzone są także ośrodki półkuli przeciwnej (niedominującej dla mowy). Co ciekawe, chociaż najważniejsze struktury mózgowie zaangażowane w produkcję mowy rzeczywiście u większości ludzi praworęcznych są zlokalizowane w lewej półkuli, taka sama, lewostronna lokalizacja występuje również u ludzi leworęcznych (Szelać, 2005).

Ponadto, wbrew ugruntowanym przez humanistów poglądom, ani asymetria czynnościowa mózgu, ani ręczność nie są cechami specyficznymi ludzkimi (Rogers, 2014). Najnowsze badania neurobiologiczne wskazują, że dwunożność sprzyja wykształceniu się gatunkowej preferencji stronnej (Giljov, Karenina, Ingram i Malashichev, 2015). Można zatem wysnuć wniosek, że w przypadku gatunku ludzkiego ręczność jest adaptacyjną funkcją, która pojawia się na

skutek wyprostowanej postawy ciała, uwalniającej kończyny górne od konieczności lokomocji.

Obecne poglądy opierają się na założeniu, że różnic półkulowych nie da się sprowadzić do jednego wymiaru. Powszechnie uważa się, że obie półkule tworzą pewien dynamiczny system, w którym istotną rolę odgrywa każda z półkul mózgowych, obie bowiem zawierają szereg różnych modułów czy podsystemów wyspecjalizowanych w bardzo wąskim zakresie funkcji. W trakcie wykonywania przez człowieka określonego zadania następuje pobudzenie tych modułów, przy czym balans pomiędzy pobudzeniem struktur leżących w lewej i prawej półkuli może się zmieniać zależnie od sytuacji – tła. Ostateczny wynik, jaki obserwujemy w analizie behawioralnej człowieka, stanowi zatem jedynie pewną wypadkową tych zmian (Skibska, 2010). Nie u wszystkich ludzi asymetria funkcjonalna mózgu ma ten sam charakter,

ludzie różnią się między sobą pod tym względem, a jedynie statystyczne prawidłowości stwierdzone w większych grupach osób badanych dają się opisać w formie pewnych ogólniejszych stwierdzeń (Budohoska i Grabowska, 1994, s. 146–147).

Pojęcie leworęczności

Około 70–90% ludzi, w zależności od miejsca zamieszkania i kręgu kulturowego, wykazuje prawostronną preferencję do używania ręki. Towarzyszy jej najczęściej preferencja prawej nogi i prawego oka (Porac i Coren, 1979). Bez wątplenia, analizując podłoże neurobiologiczne leworęczności, na początku należy zadać pytanie, czy lewa ręka u osób leworęcznych spełnia te same funkcje co prawa u osób praworęcznych. Odpowiedź na to pytanie nie jest prosta, uzmysławia ona, na czym polegają różnice między sposobem posługiwania się ręką prawą i lewą u osób prawo- i leworęcznych (Grabowska, 1999). Osoby praworęczne w ogromnej większości charakteryzują się bardzo silną preferencją, czyli stale posługują się prawą ręką przy wykonywaniu różnych czynności. Można powiedzieć, że u większości osób praworęcznych ekspresja dominacji ręki jest bardzo silna. Natomiast wśród osób leworęcznych taka jednorodność występuje relatywnie rzadziej. Większość leworęcznych niektóre czynności wykonuje lewą ręką, a inne – prawą. Ich preferencja co do wyboru ręki jest więc słabsza. U osób praworęcznych ręka prawa jest wyraźnie sprawniejsza niż lewa, u leworęcznych zaś sprawność obu rąk jest podobna. Zauważono, że „słabsza”

ręka (a zatem prawa) u osób leworęcznych jest przy tym z reguły bardziej sprawna od „słabszej” ręki (a zatem lewej) osób praworęcznych. Marian Annett (1992) wskazuje, że sprawniejszą (lewą) rękę u leworęcznych może cechować niższa sprawność niż rękę prawą u osób praworęcznych. To spostrzeżenie jest ciekawe, jednak rodzi pole do polemiki, ponieważ posługując się życiowymi przykładami, trudno nie odnieść wrażenia, że może być wręcz odwrotnie. W sporcie wybitnych leworęcznych i lewonożnych zwykle charakteryzuje wysoka precyzja ruchów oraz łatwe przyswajanie techniki wykonywania zadań.

Nie podlega dyskusji, że dominacja jednej z rąk jest korzystna, gdyż wraz z jej ustaleniem pojawia się poczucie stabilności i bezpieczeństwa, powstają też warunki do rozwoju sprawności na takim poziomie, jaki nie byłby możliwy do osiągnięcia przy identycznym sposobie i takiej samej częstotliwości używania obu rąk. Wysoki poziom percepcji i ekonomii ruchów jest osiągalny, gdy jedna z kończyn dominuje, a druga z nią współpracuje, oraz gdy oko i ręka dominują po tej samej stronie ciała. Sprzyja to wytworzeniu tzw. układu ręka – oko, który jest podstawą koordynacji wzrokowo-ruchowej, a więc wykonywania większości czynności manipulacyjnych i graficznych (Kowalewski, 2014).

Występowanie leworęczności

W kwestii leworęczności można wyróżnić dwa główne nurty badań: z jednej strony porównuje się częstość występowania leworęczności w różnych środowiskach i kulturach (Dawson, 1977; Payne, 1987; Gilbert i Wysocki, 1992), z drugiej zaś – oszacowuje się liczbę osób leworęcznych w różnych pokoleniach, mając oczywiście na uwadze to, że stosunek do leworęczności z biegiem lat stał się bardziej liberalny. Oba te kierunki badań wskazują, że środowisko, w jakim człowiek się rozwija, w istotny sposób modyfikuje jego preferencje w wykonywaniu różnorodnych czynności prawą i lewą ręką. Liczba osób leworęcznych w różnych społeczeństwach waha się od 3% do 20% i jest wyraźnie skorelowana ze stosunkiem społecznym do tego zjawiska. Intrygujący jest fakt, że największą procentowo liczbę osób leworęcznych stwierdzono u Eskimosów oraz Izraelczyków (piszących od strony prawej do lewej), najmniej z kolei w społeczeństwach, w których istnieją silne naciski kulturowe czy religijne na używanie ręki prawej w wykonywaniu niektórych czynności (Perelle i Ehrman, 1994). Niezwykle ciekawy tekst opublikowano w roku 1993 (Bryden, Ardila i Ardila, 1993) – opisano w nim plemię amazońskie żyjące w zupełnej izolacji od tzw. cywilizowanego świata. Jak się okazało, nie znaleziono tam ani jednej

osoby leworęcznej. Wykazano, że plemię to kultywuje nagradzanie dziecka za wykonywanie czynności prawą ręką od najwcześniejszych lat (autorzy podkreślają, że nigdy nie karano za używanie ręki lewej). Ogólnie rzecz biorąc, szacuje się, że leworęczni stanowią około 10% populacji ogólnej (Hugdahl i Davidson, 2004).

Drugą grupę badań wskazujących na duże znaczenie wpływów środowiskowych na kształtowanie się leworęczności stanowią te dotyczące częstości występowania leworęczności w różnych generacjach. Analizy wykazały, że wraz z wiekiem maleje odsetek osób leworęcznych (Coren i Halpern, 1991). Zasadniczo uważa się, że te różnice związane są ze wzrostem tolerancji w stosunku do osób leworęcznych w ciągu ostatnich lat.

Hipotetycznie można również stwierdzić, że leworęczni umierają wcześniej z powodu trapiących ich chorób immunologicznych oraz większej liczby nieszczęśliwych wypadków, jakim ulegają osoby źle przystosowane do świata ludzi praworęcznych (Coren i Halpern, 1991). Nie ulega wątpliwości, że przez tysiąclecia, gdy leworęczność traktowano jako błąd natury, osobnicy tacy musieli się stale przystosowywać. Czy jednak rzeczywiście życie osób leworęcznych w społeczeństwie, w którym większość osób jest praworęczna, skutkuje tylko następstwami o zabarwieniu pejoratywnym (zważywszy na konieczność przystosowania się do warunków)?

Niezwykłe ciekawym przypadkiem adaptacji, która nie przyniosła negatywnych konsekwencji, jest postać wielokrotnego mistrza polski w tenisie stołowym Andrzeja Grubby. Ten zdecydowanie leworęczny (jak wielokrotnie również sam podkreślał) zawodnik największe sukcesy na arenie krajowej i międzynarodowej osiągnął, grając prawą ręką. Nie przyuczano go w dzieciństwie do zmiany wiodącej kończyny. Była ona skutkiem zbiegu okoliczności zaistniałych w dzieciństwie, a później utrwaliły ją sukcesy sportowe odnoszone w dyscyplinie wymagającej przejawiania najwyższego – trzeciego poziomu koordynacji ruchowej (Starosta, 2015).

Przyczyny leworęczności

Przyczyny powstawania leworęczności nie zostały dotychczas poznane. Istnieje wiele hipotez próbujących wyjaśnić, dlaczego część populacji charakteryzuje się tym odmiennym sposobem preferencji jednej ze stron ciała. Bardzo ciekawa hipoteza opiera się na tradycyjnym usankcjonowaniu praworęczności kultywowanej przez wiele setek lat i przekazywanej z pokolenia na pokolenie, na skutek

czego praworęczność w końcu stała się właściwością wrodzoną (Starosta, 1975, 1990, 2008). Co ciekawe, według niektórych badaczy (Kobler, 1932; Ludwig, 1931) człowiek podczas wielowiekowej ewolucji przechodził przez różne etapy: początkowo był leworęczny, później oburęczny i w końcu – praworęczny. W myśl tej koncepcji można by zatem stwierdzić, że leworęczność występująca u części populacji powinna być traktowana jako atawizm. Co fascynujące, już w epoce kamiennej istniały narzędzia dla osób prawo- i leworęcznych, a we wczesnych kulturach pojawiały się zarówno pisma lewostronne, jak i prawostronne (Meyer, 1991).

Za tą hipotezą w pewnym sensie przemawiać mogą wyniki badań dotyczące dominacji kończyny górnej w ontogenetycznym rozwoju ruchowym człowieka, z których wynika wzrastające dominowanie prawej ręki przy chwytach niemowlaka, pomiędzy czwartym a jedenastym miesiącem życia (Passian, Suchenwirth i Ferner, 1969; Pocelujev, 1951; Szuman, 1957).

Niektóre badania wykazują, że leworęczność przeważa u dzieci pierworodnych (London, 1990). Część danych wskazuje na tendencję do występowania leworęczności w rodzinie (Bradshaw, 1989), przy czym rolę przypisuje się zarówno czynnikom genetycznym, jak i okolicznościom pojawiającym się w okresach: zapłodnienia, płodowym i okołoporodowym (np. spożywanie alkoholu, niedobory pokarmowe, niedotlenienie) (Bakan, 1973).

Również Wayne London (1990), podkreślający rolę czynników dziedzicznych, zauważył związek alkoholizmu z występowaniem leworęczności. Prace Londona wykazały, że połowa osób uzależnionych od alkoholu, które albo są leworęczne, albo mają wśród krewnych pierwszego stopnia osoby leworęczne, ma ojców nadużywających alkoholu, podczas gdy u osób praworęcznych uzależnionych od alkoholu i mających tylko praworęcznych krewnych ojcowie nadużywający alkoholu spotykani są dwa razy rzadziej (London, 1990). Niektórzy autorzy dodatkowo wskazują, że leworęczne dziecko, którego rodzice również posługują się lewą ręką, rzadziej będzie poddawane naciskom używania prawej ręki aniżeli dziecko mające praworęcznych rodziców. Zgodnie z tą koncepcją „leworęczność rodzinna” może zatem mieć również uwarunkowania społeczne.

Cechą, która może wskazywać na genetyczne uwarunkowanie leworęczności, jest jej sprzężenie w pewnym stopniu z płcią; stwierdzono mianowicie, że u mężczyzn leworęczność występuje częściej (Hicks i Kinsbourne, 1981; Perelle i Ehrman, 1994). Różnica ta jednakże z reguły nie jest duża (nie przekracza 2–3%).

Gdyby jednak założyć, że leworęczność jest determinowana tylko przez czynniki genetyczne, można by oczekiwać, iż bliźnięta monozygotyczne

(jednojąkowe) powinny zawsze przejawiać taki sam typ ręczności. Obecnie wiadomo, że tak nie jest. Stosunkowo często zdarza się, że jedno z takich bliźniąt jest leworęczne, a drugie praworęczne (Grabowska, 1999). W perspektywie dzisiejszej wiedzy proste modele dziedziczenia (praworęczność determinowana przez gen dominujący, leworęczność – przez gen recesywny) okazały się niewłaściwe.

W 1985 roku Annett zaproponowała model, według którego ręczność i asymetria półkulowa dla mowy są determinowane wspólnym genem (Annett, 1985). Dominujący allel tego genu RS+ decyduje o wystąpieniu praworęczności oraz o lokalizacji struktur zawiadujących mową w lewej półkuli mózgu. Recesywny allel RS- tego genu nie daje natomiast „dyspozycji” ani co do ręczności, ani co do lokalizacji struktur mowy. Opierając się na tym modelu, dzieci dziedziczące geny RS+ od obojga rodziców (homozygoty RS+) powinny być praworęczne oraz cechować się lewostronną (w lewej półkuli) lokalizacją struktur zawiadujących mową. Podobne cechy powinny przejawiać heterozygoty, tj. osoby dziedziczące RS+ od jednego z rodziców i RS- od drugiego. Natomiast wśród homozygot RS- połowa osób, na zasadzie losowej, powinna być leworęczna, a połowa praworęczna. Mimo że koncepcja Annett zyskała sporą popularność w środowisku naukowym, ma też swoich przeciwników. Liczne dane wskazują bowiem, że poza czynnikami genetycznymi istnieje jeszcze wiele innych przyczyn, które mogą determinować bądź przynajmniej modyfikować ręczność człowieka (McManus, 2003).

Za taką tezę przemawia na przykład obserwacja, że aż 80% dzieci leworęcznych ma praworęcznych rodziców i 61% spośród nich nie ma w rodzinie osób leworęcznych. Co więcej, liczba osób praworęcznych bez leworęczności oscyluje ok. 76% (Perelle i Ehrman, 1994).

Najnowsze badania molekularne wskazują na poligeniczność dziedziczenia stronności. Sugeruje się związek genu LRRTM1 (2p12-q11) z leworęcznością (Francks i in., 2007). Ponadto postuluje się pewne zmiany w ekspresji genów odpowiadających za sygnalizację androgenową (Medland i in., 2005). Dodatkowo Scerri i współpracownicy (2011) wykazali związek genu PCSK6 z ręcznością oraz dysleksją.

Istnieją prace postulujące, że leworęczność może być wynikiem pewnych czynników patologicznych wpływających na rozwój organizmu w okresie prenatalnym i postnatalnym. Jednym ze źródeł tej patologii jest uszkodzenie OUN występujące wskutek skomplikowanego porodu, drugim zaś przypuszczalny wpływ hormonów płciowych w czasie życia płodowego (Bakan, 1977;

Satz, Orsini, Saslow i Henry, 1985; Geschwind i Galaburda, 1987). Podstawowym argumentem świadczącym o związku leworęczności z okołoporodowym uszkodzeniem mózgu jest to, że u osób leworęcznych powikłania porodowe występują dwukrotnie częściej niż wśród osób praworęcznych. Z kolei teorię, że leworęczność może być skutkiem działania hormonów płciowych w okresie prenatalnym, sformułował w latach 80. amerykański neurolog Norman Geschwind. Zaobserwował on, że osoby leworęczne częściej niż praworęczne są podatne na choroby układu immunologicznego (różnego rodzaju alergię i choroby autoimmunologiczne). Jednocześnie stwierdził, że zarówno leworęczność, dysleksja, jak i choroby immunologiczne występują częściej w populacji męskiej niż żeńskiej. Wysnuł stąd wniosek, że wszystkie te zjawiska muszą mieć jakiś związek z działaniem hormonów płciowych w okresie rozwoju płodowego (Geschwind i Behan, 1984).

Neurobiologia leworęczności

Poznanie neurobiologicznego podłoża leworęczności ma znaczenie zarówno dla zgłębienia przyczyny tego zjawiska, jak i praktyki wychowawczo-dydaktycznej.

Od dawna przypuszczano, że leworęczność może się wiązać z odmienną organizacją funkcji w mózgu. W ciągu ostatnich dziesięcioleci zgromadzono wiele danych wskazujących na istnienie niewątpliwego związku między leworęcznością a organizacją funkcjonalną mózgu (Hellige, 1993; Grabowska, 1994). Najwięcej danych dotyczących lokalizacji funkcji w mózgu osób leworęcznych dostarczyły neuropsychologiczne badania pacjentów z uszkodzeniem mózgu oraz badania z użyciem testu Wady. Co ciekawe, eksperymenty wskazują na większe prawdopodobieństwo wystąpienia afazji na skutek uszkodzenia mózgu u osób leworęcznych (Hécaen i Sauquet, 1971). Sugeruje to, że u osób leworęcznych większe obszary mózgu są zaangażowane w procesy mowy. Dodatkowo zauważono, że u leworęcznych pacjentów zaburzenia afatyczne nie są tak głębokie i specyficzne dla miejsca uszkodzenia mózgu (Hécaen, de Agostini i Monzon-Montes, 1981). Obecnie wiadomo również, że pacjenci leworęczni łatwiej osiągają poprawę funkcji pod wpływem prowadzonej rehabilitacji (Łuria, 1970; Satz, 1980).

A co ze związkiem pomiędzy ręcznością a lateralizacją funkcji w mózgu w kontekście płci? Istnieją dane wskazujące na taki związek. Powszechnie sądzi się, że kobiety wykazują mniejszy stopień lateralizacji funkcji w mózgu

aniżeli mężczyźni. Najbardziej skrajnych danych na ten temat dostarczyły eksperymenty McGlone (1980), które wykazały, że w wyniku uszkodzenia lewej półkuli mózgu afazja występuje trzykrotnie częściej u mężczyzn niż u kobiet. Z kolei u mężczyzn rzadziej niż u kobiet afazja jest skutkiem uszkodzenia prawej półkuli mózgu. W pracy z roku 1995 (Shaywitz i in., 1995) wykazano, że u mężczyzn funkcje fonologiczne aktywują struktury czołowe jedynie lewej półkuli mózgu, natomiast u kobiet te same struktury – w obu półkulach. Na podstawie tych danych można by oczekiwać, że skoro zarówno leworęczność, jak i płeć żeńska sprzyjają nietypowemu wzorcowi lateralizacji funkcji w mózgu, to szczególnie często taki nietypowy wzorec powinien występować u leworęcznych kobiet. Badania przeprowadzone przez Annę Grabowską z zespołem (Marzi, Grabowska, Tressoldi i Bisiacchi, 1988) potwierdzają to przypuszczenie.

Skoro więc obserwuje się różnice funkcjonalne w mózgach osób leworęcznych i praworęcznych, podjęto próby badań różnic neuroanatomicznych. Dotyczyły one przede wszystkim obszarów związanych z mową, a zwłaszcza tzw. *planum temporale* oraz bruzdy Sylwiusza (Geschwind i Levitsky, 1968; Geschwind i Galaburda, 1987). Ponadto zainteresowaniem obdarzono spoidło wielkie, czyli istotę białą łączącą obie półkule mózgowe. Wyróżniona część anatomiczna ma związek z prawo- i leworęcznością (Witelson i in., 2008). U osób leworęcznych ta część mózgowia jest lepiej rozwinięta aniżeli u praworęcznych, zwłaszcza w regionie określanym jako cieśń. Istnieją nawet prace sugerujące, że wśród mężczyzn o orientacji homoseksualnej leworęczność występuje częściej, co łączone jest z odmiennym rozkładem asymetrycznych ośrodków mózgu oraz z większymi rozmiarami spoidła wielkiego. Yokota i współpracownicy (2006) sugerują nawet, że mózg homoseksualisty przypomina mózg leworęcznego, heteroseksualnego mężczyzny pod względem asymetrii i połączeń półkul mózgowych. Ponadto rozmiar spoidła wielkiego mózgu u osób transseksualnych identyfikujących się z płcią męską odpowiadał tej strukturze mózgu mężczyzn, co wskazuje na pewien związek spoidła wielkiego z identyfikacją płciową.

Z kolei w badaniach porównawczych rozmiaru *planum temporale* zaobserwowano asymetrię (1 : 3) w półkulach mózgowych osób praworęcznych (Geschwind i Levitsky, 1968; Geschwind i Galaburda, 1987). Natomiast u osób leworęcznych takiej asymetrii nie obserwowano lub była ona istotnie mniejsza. Również charakterystyczna asymetria kształtu bruzdy Sylwiusza (u osób praworęcznych jest ona dłuższa i prostsza w półkuli lewej; w półkuli prawej krótsza i bardziej zagięta ku górze) jest mniej wyraźna u osób leworęcznych (Witelson i Kigar, 1987).

Następstwa leworęczności

Diagnoza leworęczności dziecka w Polsce *a priori* opiera się na wynikach prac, jakie w latach 60. prowadziła grupa Haliny Spionek (1965, 1970). Dla prawidłowego funkcjonowania, najpierw w środowisku szkolnym, a później w dorosłości, duże znaczenie ma ustalenie się dominacji półkulowej. Z punktu widzenia edukacji szkolnej najkorzystniejsza jest dominacja prawostronna. U dzieci prezentujących odmienny wariant lateralizacji możemy obserwować różnego rodzaju trudności, szczególnie na starcie edukacyjnym. Najbardziej prozaicznym problemem dzieci leworęcznych jest zasłanianie sobie tekstu pisanego lub jego rozmazywanie. Ponadto zauważono, że przyjmują one często złą postawę podczas pisania, przez co szybko się męczą. Oczywiście dochodzą tutaj również skutki lewoocności, wśród których wymienia się między innymi odwrotne analizowanie przestrzeni (od strony prawej do lewej). Istnieją również sugestie dotyczące skutków lewonozności: bierze się pod uwagę problemy z motoryką dużą, równowagą czy odwzorowywaniem sekwencji. Lewouszność natomiast niesie za sobą potencjalne zagrożenie nie płynnością mowy, wadami artykulacyjnymi, nierozumieniem dłuższych wypowiedzi oraz nieróżnicowaniem dźwięków – zaburzeń słuchu fonemowego (Cieszyńska, 2010; Cieszyńska i Korendo, 2007; Knappek, 2013). Przeprowadzono badania, które potwierdziły przewagę prawego ucha w odbiorze mowy i bodźców werbalnych (Bever i Langendoen, 1971; Kimura, 1963; Kuhl, 2007). Doreen Kimura (1967) zastosowała technikę słyszenia dwuosusznego (ang. *dichotic listening*). Rezultaty badania skłoniły do przedstawienia teorii, że istnieje przewaga percepcji prawousznej materiału werbalnego, zwłaszcza przy dowolnym odtwarzaniu serii dwóch–trzech słów, i przewaga percepcji lewousznej dźwięków niewerbalnych – melodii, dźwięków z otoczenia, dźwięków emocjonalnych. O przewodze ucha prawego w percepcji dźwięków mowy świadczą również badania nad korowymi potencjałami elektrycznymi wywołanymi słowami mówionymi. Stanisław Sobótka i Joanna Grodzicka (1989) wskazują, że potencjały te są wyższe (późniejsze) w półkuli lewej.

Jak wskazywał Alfred Tomatis (1991), prawe ucho jest bardziej skuteczne w kontekście odczytywania dźwięków języka. Sygnały podążają wówczas bezpośrednio do ośrodka mowy w lewej półkuli mózgu (zob. Blythe, 2006). Czy oznacza to, że dzieci o innym wzorcu lateralizacji niż prawostronny powinny być traktowane jako te zagrożone problemami rozwojowymi? Jak wskazuje Magdalena Knappek (2017), dominacja półkulowa ustalona, skierowana

w kierunku leworęczności nie predysponuje do występowania trudności w sferze mowy, a nawet trudności w uczeniu się. Potwierdzają to również inne prace (Bishop, 1983, 2013; Miles, 1983). Badania Knapek (2017) podkreślają mocno forsowaną w ostatnich latach tezę, że osoby z lateralizacją skrzyżowaną znacznie częściej mogą mieć trudności w uczeniu się. To jedno z najświeższych polskich badań potwierdza niejako ideę funkcjonującą w praktyce wychowawczej o lateralizacji skrzyżowanej jako źródle zaburzeń rozwoju poznawczego. Rzeczywiście odstępstwa od typowej preferencji prawostronnej obserwuje się częściej wśród dzieci przejawiających zaburzenia rozwojowe niż w populacji ogólnej (Knapek, 2017; Bishop, 2014; Spionek, 1965, 1985). Nie oznacza to jednak, że dzieci o wzorcu lateralizacji innym niż prawostronny powinny być traktowane jako zagrożone problemami rozwojowymi, najczęściej bowiem atypowa stronność nie wiąże się z żadnymi nieprawidłowościami (Bishop, 2014; Miles, 1983; Sulzbacher i in., 1994; Bednarek, 1999). Wydaje się, że powszechne założenia, jakoby lateralizacja skrzyżowana predysponowała do występowania zaburzeń funkcji kognitywnych i ich rozwoju oraz skutkowała trudnościami w uczeniu się wiążą się z przekonaniem, że przeciętnego człowieka charakteryzuje jednorodna lateralizacja w zakresie ręki, nogi i oka. Tymczasem około jedna trzecia populacji osób praworęcznych to osoby cechujące się dominacją lewego oka (Grabowska, 1999). Zdecydowana większość tych osób wcale nie wykazuje problemów z przyswajaniem wiedzy i realizacją kompetencji szkolnych.

Ciekawym zagadnieniem jest lateralizacja nieustalona w kontekście trudności dziecka w procesie edukacyjnym. Według przeglądu Carla Gabbarda i Misaki Iteya (1996) nieokreślona ręczność charakteryzuje 14% dzieci w wieku 3–11 lat, a nieokreślona nożność aż 33% dzieci. Jak wiadomo, są dzieci, u których proces kształtowania lateralizacji jest opóźniony, dominacja ręki nie jest jeszcze ustalona w wieku szkolnym. Wielu pedagogów wskazuje, że lateralizacja nieustalona wiąże się z obniżeniem sprawności manualnej i z problemami w orientacji przestrzennej. Dostrzega się ponadto problemy z rozpoznawaniem i odwzorowywaniem liter oraz cyfr podobnych pod względem kształtu, lecz inaczej ułożonych w przestrzeni (p – b – d – g). U dzieci obuocznych wiodącą rolę podczas czytania przejmuje kolejno raz jedno, raz drugie oko. Stąd zdarza się, że jednym okiem dziecko odczytuje początek wyrazu, drugim końcówkę, przeskakując i opuszczając litery wewnątrz wyrazu. W efekcie dziecko zniekształca wyraz, nie rozumie go i czyta bardzo wolno (Bogdanowicz, 1992).

Zdaniem Grabowskiej (1999) lateralizacja nieustalona jest jednak mylnie określana jako nieprawidłowość o charakterze patologii. Nie ma bowiem

żadnych dowodów na to, że każdy człowiek – niezależnie od stronności – osiąga w rozwoju stan wyraźnej lateralizacji.

Podsumowanie

Jak wynika z zaprezentowanych danych, leworęczność jest zjawiskiem o bardzo złożonym podłożu neurobiologicznym, a jej implikacje są komplementarne. W niemalże każdej społeczności występują różne warianty dominacji półkulowej. Potwierdzeniem tego globalnego występowania omawianego zjawiska jest fakt, że 13 sierpnia ustanowiono Międzynarodowym Dniem Osób Leworęcznych, zapoczątkowany w roku 1996. Nie ulega wątpliwości, że osoby leworęczne, żyjąc w społeczeństwie (większości) praworęcznych, muszą się permanentnie przystosowywać, a efekty tej adaptacji będą zależne od indywidualnych predyspozycji osobnika i stosunku środowiska do osób leworęcznych (stosunek ten zmieniał się w ciągu ostatnich lat). W zależności od przebiegu procesu adaptacji skutki mogą być różne (zarówno pozytywne, jak i negatywne). Niepodważalnie prawidłowa motoryka ogólna ciała oraz sprawność manualna są jednymi z warunków powodzenia dziecka w nauce szkolnej. W realiach polskich, zważywszy na system pisania typowy dla krajów europejskich (od lewej do prawej), najwięcej problemów może nauczycielom sprawiać nauka pisania dziecka leworęcznego. Wskazuje się na linie o nierównomiernym nacisku, niejednakowe nachylenie liter wybiegających poza linię. Dziecko leworęczne zaślania sobie ręką to, co napisało, zamazuje tekst. Jednak mimo że powszechnie uważa się osoby leworęczne za predysponowane do trudności w uczeniu się, nie znajduje to jednoznacznego potwierdzenia w badaniach naukowych, ponieważ jak wykazano w niniejszej pracy, dzieci leworęczne nie muszą mieć zaburzonej lateralizacji. Co więcej, w niektórych przypadkach można nawet odnieść wrażenie, że leworęczność nie jest „przekleństwem”, a może być „błogosławieństwem” z uwagi na większą potrzebę adaptacji do „prawostronnego” świata i stymulację rozwoju OUN. Przedstawiona wiedza neurobiologiczna może pomóc nauczycielom uniknąć głęboko zakorzenionego – mitycznego myślenia o leworęczności. Znając podłoże i następstwa różnych form lateralizacji, pedagog może dostosować swoje postępowanie nie w zależności od stronności dziecka, ale innych czynników wpływających na kompetencje szkolne, które opisano między innymi w pracy *Wybrane czynniki warunkujące kompetencje szkolne z perspektywy współczesnych neuronauk i nauk pedagogicznych* (zob. Gołyszny, 2019).

Bibliografia

- Annett, M. (1985). *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory*. Hillsdale: Erlbaum.
- Annett, M. (2002). *Handedness and Brain Asymmetry: The Right Shift Theory*. Hove: Psychology Press.
- Bakan, P. (1973). Left Handedness and Alcoholism. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 514.
- Bakan, P. (1977). Left Handedness and Birth Order Revisited. *Neuropsychologia*, 15, 837–839.
- Bartel, H. (2004). *Embriologia. Podręcznik dla studentów*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Bauer, J. (2008). *Empatia. Co potrafią lustrzane neurony*, tłum. M. Guzowska. Warszawa: PWN.
- Bednarek, D. (1999). Neurobiologiczne podłoże dysleksji. *Przegląd Psychologiczny*, 42, 1–2.
- Bever, T.G. i Langendoen, D.T. (1971). A Dynamic Model of the Evolution of Language. *Linguistic Inquiry*, 2(4), 433–463.
- Bieleńska-Osuchowska, Z. (2004). *Zarys organogenezy. Różnicowanie się komórek w narządach*. Warszawa: PWN.
- Bishop, D.V. (1983). How Sinister is Sinistrality? *Journal of the Royal College of Physicians of London*, 17(3), 161–172.
- Bishop, D.V. (2013). Cerebral Asymmetry and Language Development: Cause, Correlate, or Consequence? *Science*, 340 (6138), 1230531.
- Bishop, D.V. (2014). *Uncommon Understanding (Classic Edition): Development and Disorders of Language Comprehension in Children*. London–New York: Psychology Press.
- Blythe, S.G. (2006). *Harmonijny rozwój dziecka*, tłum. P. Karpowicz. Warszawa: Świat Książki.
- Bogdanowicz, M. (1992). *Leworęczność u dzieci*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Bradshaw, J.L. (1989). *Hemispheric Specialization and Psychological Function*. Chichester: Wiley.
- Broca, P. (1861). Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bulletin de la Société Anthropologique*, 2(1), 235–238.
- Bryden, M.P., Ardila, A. i Ardila, O. (1993). Handedness in Native Amazonians. *Neuropsychologia*, 31, 301–308.
- Budohoska, W. i Grabowska, A. (1994). *Dwie półkule – jeden mózg*. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- Cieszynska, J. (2010). Diagnoza funkcji lewej półkuli mózgu i jej wpływ na programowanie terapii dziecka w wieku przedszkolnym. *Nowa Logopedia*, 1, 23–30.

- Cieszyńska, J. i Korendo, M. (2007). *Wczesna interwencja terapeutyczna. Stymulacja rozwoju dziecka od noworodka do 6. roku życia*. Kraków: Wydawnictwo Edukacyjne.
- Coren, S. i Halpern, D.F. (1991). Left-handedness: A Marker for Decreased Survival Fitness. *Psychological Bulletin*, 109(1), 90–106.
- Czochońska, J. (1995). *Badanie i ocena neurorozwojowa niemowląt i noworodków*. Lublin: Wydawnictwo Folum.
- Dawson, J.L. (1977). An Anthropological Perspective on the Evolution and Lateralization of the Brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 299, 424–447.
- Federmeier, K.D., Wlotko, E.W. i Meyer, A.M. (2008). What's 'Right' in Language Comprehension: Event-Related Potentials Reveal Right Hemisphere Language Capabilities. *Lang Linguist Compass*, 2, 1–17.
- Francks, C. i in. (2007). LRRTM1 on Chromosome 2p12 Is a Maternally Suppressed Gene That Is Associated Paternally with Handedness and Achizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 12(12), 1129–1139.
- Gabbard, C. i Iteya, M. (1996). Foot Laterality in Children, Adolescents, and Adults. *Laterality*, 1(3), 199–205.
- Geschwind, N. i Behan, P. (1984). Laterality, Hormones and Immunity. W: N. Geschwind i A.M. Galaburda (red.), *Cerebral Dominance. The Biological Foundations* (s. 211–224). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Geschwind, N. i Galaburda, A.M. (1987). *Cerebral Lateralization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Geschwind, N. i Levitsky, W. (1968). Human Brain: Left-right Asymmetries in Temporal Speech Region. *Science*, 161, 186–187.
- Gilbert, A.N. i Wysocki, C.J. (1992). Hand Preference and Age in the United States. *Neuropsychologia*, 30, 601–608.
- Giljov, A., Karenina, K., Ingram, J. i Malashichev, Y. (2015). Parallel Emergence of True Handedness in the Evolution of Marsupials and Placentals. *Current Biology*, 25(14), 1878–1884.
- Gołyszny, M. (2019). Wybrane czynniki warunkujące kompetencje szkolne z perspektywy współczesnych neuronauk i nauk pedagogicznych. *Kwartalnik Pedagogiczny*, 252(2), 122–149.
- Grabowska, A. (1994). Leworęczność a lateralizacja funkcji wzrokowo-przestrzennych w mózgu. *Przegląd Psychologiczny*, 37, 301–312.
- Grabowska, A. (1999). Neurobiologiczne podstawy leworęczności. *Przegląd Psychologiczny*, 42(1–2), 57–72.
- Grabowska, A. (2005). Lateralizacja funkcji psychicznych w mózgu człowieka. W: T. Górski, A. Grabowska i J. Zagrodzka (red.), *Mózg a zachowanie* (s. 443–488). Warszawa: PWN.
- Harrington, A. (1995). Models of Laterality in the Nineteenth Century. W: R.J. Davidson i K. Hugdahl (red.), *Brain Asymmetry* (s. 3–27). Cambridge, MA: MIT Press.

- Hécaen, H., de Agostini, M. i Monzon-Montes, A. (1981). Cerebral Organization in Left-handers. *Brain and Language*, 12, 261–284.
- Hécaen, H. i Sauquet, J. (1971). Cerebral Dominance in Left-Handed Subjects. *Cortex*, 7, 19–48.
- Hellige, J.B. (1993). *Hemispheric Asymmetry. What's Right and What's Left*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hicks, R.E. i Kinsbourne, M. (1981). Fathers and Sons, Mothers and Children: A Note on the Sex Effect on Left-Handedness. *Journal of Genetic Psychology*, 139, 305–306.
- Hugdahl, K. i Davidson, R.J. (2004). *The Asymmetrical Brain*. Cambridge: MIT Press.
- Johansen, K. (2011). Słuch i uczenie się. W: E.M. Kulesza (red.), *Ruch, wzrok, słuch – podstawa uczenia się*. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej.
- Kimura, D. (1963). Speech Lateralization in Young Children as Determined by an Auditory Test. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56(5), 899–902.
- Kimura, D. (1967). Functional Asymmetry of the Brain in Dichotic Listening. *Cortex*, 3(2), 163–178.
- Knappek, M. (2013). Lateralizacja a zaburzenia przetwarzania porządków linearych w języku dzieci pięcioletnich i sześciolletnich. *Nowa Logopedia*, 4, 281–291.
- Knappek, M. (2017). Zaburzenia mowy a asymetria funkcjonalna mózgu w kontekście uczenia się – doniesienia z badań. *Neurolingwistyka Praktyczna*, 3, 47–66.
- Kobler, R. (1932). *Der Weg des Menschen vom Links – zum Rechtshänder*. Wien–Leipzig: Perles Verlag.
- Kowalewski, I. (2014). Zaburzenia rozwoju ruchowego dziecka przed startem szkolnym. *Rocznik Komisji Nauk Pedagogicznych*, LXVII, 15–30.
- Kuhl, P.K. (2007). Język, umysł i mózg: doświadczenie zmienia percepcję. W: B. Bokus i G.W. Shugar (red.), *Psychologia języka dziecka*, tłum. E. Haman i in. (s. 34–62). Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Kushner, H.I. (2011). Cesare Lombroso and the Pathology of Left-Handedness. *The Lancet*, 377(9760), 118–119.
- London, W.P. (1990). Left-Handedness and Alcoholism. W: S. Coren (red.), *Left Handedness. Behavioral Implications and Anomalies* (s. 457–484). Amsterdam: Elsevier Science.
- Ludwig, W. (1931). *Das Rechts–Links–Problem in Tierreich und beim Menschen*. Berlin: Springer.
- Łuria, A.R. (1970). *Traumatic Aphasia*. Hague: Mouton.
- Magnus, R. (1926). Some Results of Studies in the Physiology of Posture. *Lancet*, 211(531–536), 585–588.
- Marzi, C.A., Grabowska, A., Tressoldi, P. i Bisiacchi, P. (1988). Left Hemisphere Superiority for Visuo-spatial Functions in Lefthanders. *Behavioural Brain Research*, 30, 183–192.

- Matyja, M. i Gogola, A. (2011). *Edukacja sensomotoryczna niemowląt*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
- McGlone, J. (1980). Sex Differences in Human Brain Organization: A Critical Survey. *Behavioral Brain Sciences*, 3, 215–227.
- McManus, I.C. (2003). *Right Hand, Left Hand: The Origins of Asymmetry in Brains, Bodies, Atoms, and Cultures*. London: Phoenix.
- Medland, S.E., Duffy, D.L., Spurdle, A.B., Wright, M.J., Geffen, G.M., Montgomery, G.W. i Martin, N.G. (2005). Opposite Effects of Androgen Receptor CAG Repeat Length on Increased Risk of Left-Handedness in Males and Females. *Behavior Genetics*, 35(6), 735–744.
- Meyer, R.W. (1991). *Berater für Linkshandiger*. München: Taschenbuchverlag Jacobi KG.
- Michałowicz, R. (2000). Rozwój układu nerwowego i badania neurologiczne dziecka. W: R. Michałowicz i S. Józwiak (red.), *Neurologia dziecięca* (s. 13–97). Wrocław: Urban & Partner.
- Miles, T.R. (1983). *Dyslexia. The Pattern of Difficulties*. London: Granada.
- Moro, E. (1918). Das erste tremenon. *Munchener Med Wochensh*, 65, 1147–1150.
- Olex-Zarychta, D. (2010). *Lateralizacja funkcjonalna kończyn człowieka i jej uwarunkowania w zakresie koordynacji motorycznej*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki.
- Orton, S.T. (1937). *Reading, Writing and Speech Problems in Children*. New York: Norton.
- Paczkowska, A., Szmalec, J. i Zielonka, D. (2014). Wykrywanie problemów związanych z nieustaloną lateralizacją i możliwości im przeciwdziałania dla prawidłowego rozwoju dziecka. *Hygeia*, 49(3), 531–535.
- Passian, J., Suchenwirth, R. i Ferner, U. (1969). Die Lateralisation der manuellen Leistung in Abhängigkeit vom Lebensalter. *Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie*, 37, 319–331.
- Pawłow, I.P. (1951). *Wykłady o czynności mózgu*, tłum. S. Miller. Warszawa: PZWL.
- Payne, M.A. (1987). Impact of Cultural Pressures on Self-reports of Actual and Approved Hand Use. *Neuropsychologia*, 25(1), 247–258.
- Perelle, J.B. i Ehrman, L. (1994). An International Study of Human Handedness: The Data. *Behavior Genetics*, 24, 217–227.
- Pocelujev, A. (1951). *Voprosy rozvitja levoj ruki u školnikov–sportsmenov*. Leningrad, diss. kand.
- Podemski, R. i Wendera, M. (2001). *Neurologia*. Wrocław: Urban & Partner.
- Porac, C. i Coren, S. (1979). Individual and Familial Patterns in Four Dimensions of Lateral Preferences. *Neuropsychologia*, 17(5), 543–548.
- Rogers, L.J. (2014). Asymmetry of Brain and Behavior in Animals: Its Development, Function, and Human Relevance. *Genesis*, 52(6), 555–571.
- Sadowska, L. i Dziewulski, M. (2012). *Neurofizjologiczne podstawy diagnostyki i terapii dzieci z zaburzeniami rozwojowymi*. Warszawa: UMK.

- Saitsu, H. i in. (2004). Development of the Posterior Neural Tube in Human Embryos. *Anatomy and Embryology*, 209, 107–117.
- Satz, P. (1980). Incidence of Aphasia in Left-Handers: A Test of Some Hypothetical Models of Cerebral Speech Organization. W: J. Heron (red.), *Neuropsychology of Left-Handedness* (s. 189–197). New York: Academic Press.
- Satz, P., Orsini, D.L., Saslow, E. i Henry, R. (1985). The Pathological Left-Handedness Syndrome. *Brain and Cognition*, 4, 27–46.
- Scerri, T.S. i in. (2011). PCSK6 is Associated with Handedness in Individuals with Dyslexia. *Human Molecular Genetics*, 20(3), 608–614.
- Shaywitz, B.A. i in. (1995). Sex Differences in the Functional Organization of the Brain for Language. *Nature*, 373, 607–609.
- Skibska, J. (2010). Asymetria funkcjonalna mózgu a wykorzystanie mnemotechnik w procesie dydaktycznym. W: J. Gabzdyl i B. Oelszlaeger (red.), *Oblicza edukacji. Księga jubileuszowa dedykowana Profesorowi Wojciechowi Kojsovi* (s. 390–398). Sosnowiec: Oficyna Wydawnicza Humanitas.
- Sobótka, S. i Grodzicka, J. (1989). Hemispheric Difference in Evoked Potentials to Faces and Words. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 49, 265–280.
- Sperry, R.W. (1968). Hemisphere Deconnection and Unity in Conscious Awareness. *American Psychologist*, 23(10), 723–733.
- Spionek, H. (1965). *Zaburzenia psychoruchowego rozwoju dziecka*. Warszawa: PWN.
- Spionek, H. (1970). *Psychologiczna analiza trudności i niepowodzeń szkolnych*. Warszawa: PZWL.
- Starosta, W. (1975). *Symetria i asymetria ruchu w sporcie. Z badań żywiarstwa figurowego, wrotkarstwa figurowego, gimnastyki artystycznej, lekkoatletyki, kajakarstwa*. Warszawa: Sport i Turystyka.
- Starosta, W. (1990). *Symetria i asymetria ruchów w sporcie*. Warszawa: Instytut Sportu.
- Starosta, W. (2008). *Stronne zróżnicowanie techniki ćwiczeń zawodników rozmaitych dyscyplin sportu*. Warszawa–Supraśl: Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego i Turystyki w Supraślu.
- Starosta, W. (2015). Adaptacja osób leworęcznych do systemu edukacji ruchowej i szkolenia sportowego opracowanego dla praworęcznych. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 4.
- Sulzbacher, S. i in. (1994). Crossed Dominance and Its Relationship to Intelligence and Academic Achievement. *Developmental Neuropsychology*, 4, 473–479.
- Szeląg, E. (2005). Mózg a mowa. W: T. Gałkowski, E. Szeląg i G. Jastrzębowska (red.), *Podstawy neurologopedii* (s. 98–153). Opole: Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego.
- Szuman, S. (1957). Rozwój motoryki niemowlęcia. *Kultura Fizyczna*, 11, 834–850.
- Tomatis, A. (1991). *Education et dyslexie*. Paris: ESF.
- Travis, L.E. (1931). *Speech Pathology*. New York: Appleton.

- Tuan, Y.F. (1987). *Przestrzeń i miejsce*, tłum. A. Morawińska. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
- Wernicke, C. (1969). The Symptom Complex of Aphasia. W: R. Cohen i M. Wartofsky (red.), *Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosophy of Science 1966/1968* (s. 34–97). Dordrecht: Springer.
- Wigan, A.L. (1844). Duality of the Mind. *The Lancet*, 43(1078), 154.
- Witelson, S.F. i Kigar, D.L. (1987). Individual Differences in the Anatomy of the Corpus Callosum: Sex, Hand Preference, Schizophrenia and Hemisphere Specialization. W: A. Glass (red.), *Individual Differences in Hemispheric Specialization* (s. 55–91). New York: Springer.
- Witelson, S.F., Kigar, D.L., Scamvougeras, A., Kideckel, D.M., Buck, B., Stanchev, P.L. i Black, S. (2008). Corpus Callosum Anatomy in Right-Handed Homosexual and Heterosexual Men. *Archives of Sexual Behavior*, 37(6), 857–863.
- Yokota, Y., Kawamura, Y. i Kameya, Y. (2006). Callosal Shapes at the Midsagittal Plane: MRI Differences of Normal Males, Normal Females, and GID. W: *2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference* (s. 3055–3058). [Piscataway]: IEEE.