

Neurobiologiczne podstawy leworęczności

Anna Grabowska¹

Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN
Zakład Neurofizjologii

NEUROBIOLOGICAL BASIS OF LEFT-HANDEDNESS

Summary. Despite long history of research on left-handedness our knowledge about the nature of this phenomenon is still incomplete. The aim of this review is to demonstrate the complexity of its neurobiological mechanisms and to provide a theoretical framework to propose some new diagnostic methods. Several studies show that an individual's hand dominance is determined by a variety of genetic, prenatal and perinatal biological factors. In later life cultural factors may also modify hand preference. There are indications that handedness has some relation to hemispheric asymmetry for cognitive functions. Empirical findings in those fields are reviewed in order to provide most up-to-date picture of what we know about the origin of left-handedness and to make suggestions regarding new methods of its psychological diagnosis.

Pomimo ogromnego postępu wiedzy w dziedzinie neurobiologicznych podstaw różnorodnych zjawisk psychicznych oraz zachowania, temat leworęczności nadal pozostaje ogromnie kontrowersyjny (Herron, 1980; Annett, 1982; Bogdanowicz, 1989; Grabowska, 1990; Budołoska, Grabowska, 1994). Nie ma zgodności pomiędzy autorami co do przyczyn tego zjawiska oraz – w konsekwencji – co do sposobu jego traktowania. Nie jest bowiem do końca jasne, czy zjawisko to jest konsekwencją jakichś procesów patologicznych, czy też stanowi pewną odmienność od powszechnie „panującej” praworęczności. Zainteresowani tym zagadnieniem są oczywiście przede wszystkim ludzie leworęczni, którzy chcieliby dociec, jakie są źródła ich „inności”, a także osoby związane z procesem nauczania, ponieważ leworęczność powoduje wiele trudnych do rozwiązania problemów wychowawczych. Jest to również temat, którym od dawna zajmują się naukowcy próbujący badać to zjawisko od strony psychologicznej, genetycznej, endokrynalnej, neuroanatomicznej, fizjologicznej, a także antropologicznej. Niniejszy artykuł podsumowuje wyniki badań na ten temat oraz formułuje na ich podstawie wnioski, które mogą być przydatne zarówno dla diagnozy leworęczności, jak i właściwych oddziaływań wychowawczych.

POMIAR RĘCZNOŚCI

BADANIE PREFERENCJI WYBORU RĄK I ICH SPRAWNOŚCI

Aby lepiej zrozumieć, czym jest leworęczność, należy przede wszystkim odpowiedzieć na pytanie, czy lewa ręka u osób leworęcznych spełnia te same funkcje, co prawa u osób praworęcznych. Odpowiedź na to pytanie jest bardzo ważna, bowiem uzmysławia, na czym właściwie polegają różnice pomiędzy sposobem posługiwania się ręką prawą i lewą u osób prawo- i leworęcznych. Zagadnienie to można badać dwojako: określając siłę preferencji w wyborze rąk lub oceniając sprawność, szybkość i precyzję wykonania danej czynności lewą i prawą ręką. Jak podkreślają Porac i Coren (1981), są to dwa różne aspekty leworęczności i nie należy ich ze sobą mylić. Niestety w polskim poradnictwie psychologicznym ciągle nie ma narzędzi umożliwiających oddzielne oszacowanie tych różnych cech. Do zagadnienia tego powrócimy jeszcze na końcu artykułu.

Siłę preferencji określa się na ogół na podstawie specjalnie do tego celu opracowanych kwestionariuszy, zawierających wiele pytań odnoszących się do tego, którą ręką posługuje się dana osoba przy wykonywaniu różnorodnych czynności, takich jak pisanie, rysowanie, rzucanie czy mycie zębów. Skonstruowano wiele takich kwestionariuszy, z których najpopularniejszy jest kwestionariusz Annett oraz Oldfield (inaczej zwany Edynburskim). Każdy taki kwestionariusz umożliwia nie tylko ocenę, czy dane dziecko jest praworęczne, leworęczne czy też oburęczne, ale również dostarcza liczbowego wskaźnika określającego, jak silna jest dana preferencja (np. w kierunku leworęczności).

Jako tzw. testów wykonaniowych, umożliwiających porównanie sprawności dwóch rąk, najczęściej używa się tzw. *pegboard*, czyli deseczki zawierającej w jednym rzędzie wiele otworków, w które osoba badana ma naprzemiennie włożyć małe i duże kołeczki. Test wykonuje się prawą i lewą ręką. Stosuje się również test polegający na obrysowywaniu prawą i lewą ręką kwadracików lub na wypełnianiu okręgów (stawianiu w środku kropki).

Osoby praworęczne w ogromnej większości charakteryzują się bardzo silną preferencją, czyli stale posługują się prawą ręką przy wykonywaniu różnych czynności. Można powiedzieć, że większość osób praworęcznych jest

¹ Adres do korespondencji: Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, Zakład Neurofizjologii, ul. Pasteura 3, 02-093 Warszawa.

ANNA GRABOWSKA

bardzo silnie praworęczna. Natomiast wśród osób leworęcznych taka jednorodność występuje stosunkowo rzadko. Większość z nich niektóre czynności wykonuje lewą ręką, a inne – prawą. Ich preferencja co do wyboru ręki jest więc na ogół słaba. Podobne wyniki uzyskano w badaniach sprawności rąk. U osób praworęcznych ręka prawa jest wyraźnie sprawniejsza niż lewa, u leworęcznych zaś sprawność obu rąk jest podobna. Ich gorsza ręka (prawa) jest przy tym z reguły bardziej sprawna od gorszej ręki (lewej) osób praworęcznych. Z kolei lepszą (lewą) rękę u leworęcznych często, choć nie zawsze, cechuje niższa sprawność niż rękę prawą u praworęcznych (Annett, 1992). Ogólnie można więc stwierdzić, że osoby leworęczne mają pod względem funkcjonalnym bardziej symetryczne ręce niż osoby praworęczne. Kiedy więc uczymy dziecko leworęczne pisać czy wykonywać inne czynności musimy pamiętać, że proces ten może u nich przebiegać z większymi trudnościami.

PRZYCZYNY LEWORĘCZNOŚCI

Drugie bardzo ważne pytanie, mające istotne konsekwencje dla sposobu traktowania i terapii leworęczności, dotyczy zagadnienia przyczyn leworęczności. Poznanie tych przyczyn, różnych w każdym indywidualnym przypadku, może znacznie pomóc w ustaleniu właściwego postępowania wobec leworęcznego dziecka. Ogólnie w literaturze wyróżnia się trzy kategorie czynników, które mogą prowadzić do leworęczności lub na nią wpływać: czynniki genetyczne, patologiczne i kulturowe.

Czynniki genetyczne

Nie ulega już dziś wątpliwości, że leworęczność jest cechą, która w wielu przypadkach jest uwarunkowana genetycznie (Bradshaw, 1989). Już prosta obserwacja częstości występowania leworęczności w poszczególnych rodzinach potwierdza tę tezę. Jeśli któreś z rodziców jest leworęczne, prawdopodobieństwo urodzenia leworęcznego dziecka znacznie wzrasta. Gdy oboje rodzice są leworęczni, prawdopodobieństwo to wynosi aż 46%, natomiast gdy oboje rodzice są praworęczni – jedynie 2%. Niektórzy autorzy argumentują jednakże, iż występowanie „leworęczności rodzinnej” niekoniecznie musi wynikać z czynników genetycznych. Można bowiem założyć, iż leworęczne dziecko, które ma leworęcznych rodziców, rzadziej będzie poddawane naciskom używania prawej ręki niż dziecko mające praworęcznych rodziców. Zgodnie z takim rozumowaniem „leworęczność rodzinna” może więc mieć uwarunkowania społeczne, a nie tylko genetyczne.

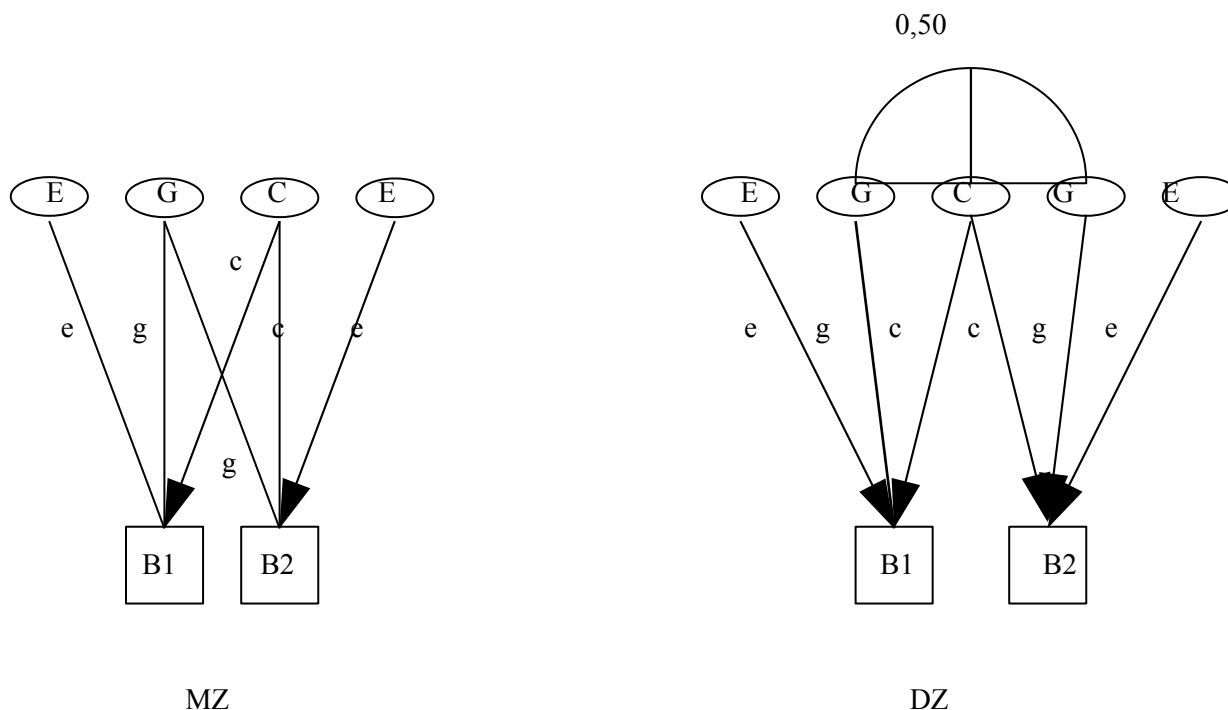
Cechą, która może wskazywać na genetyczne uwarunkowanie leworęczności jest fakt, że jest ona w pewnym stopniu sprzężona z płcią; stwierdzono mianowicie, że u mężczyzn leworęczność występuje częściej (Hicks, Kinsbourne, 1981; Perelle, Ehrman, 1993). Różnica ta jednakże z reguły nie jest duża (nie przekracza 2-3%). Ponadto niektórzy badacze twierdzą, że leworęczność jest przenoszona raczej przez linię matki, a nie ojca, bowiem typ ręczności przejawianej przez dziecko bardziej przypomina ręczność matki niż ojca. Warto jednak pamiętać, że ogólnie ręczność u kobiet jest bardziej zależna od rodziców niż u mężczyzn.

Autorzy wskazują na jeszcze jeden czynnik, który ich zdaniem może świadczyć o genetycznym pochodzeniu leworęczności. Podkreślają oni, że leworęczność ma związek z wzorcem asymetrii mózgowej i to zarówno funkcjonalnej, jak i anatomicznej. Wiele badań wskazuje, że wzorzec asymetrii dla funkcji językowych oraz innych różni się u osób leworęcznych i praworęcznych (por. praca przegl. Grabowska, 1994). Interesujące jest przy tym to, że nietypowy wzorzec asymetrii stwierdza się nie tylko u osób, które same są leworęczne, ale również u praworęcznych, u których leworęczność jest cechą rodzinną. Zagadnienie to będzie szerzej omówione w dalszej części artykułu.

Wszystkie te dane świadczą o niewątpliwiej roli czynników dziedzicznych w powstawaniu leworęczności. Gdyby jednak założyć, że leworęczność jest determinowana przez czynniki genetyczne, można by oczekiwać, że bliźnięta jednojajowe powinny zawsze przejawiać taki sam typ ręczności. Okazało się jednakże, że tak nie jest.

Stosunkowo często zdarza się, że jedno z takich bliźnięt jest leworęczne, a drugie praworęczne. Proste modele dziedziczenia, zgodnie z którymi praworęczność jest determinowana przez gen dominujący, zaś leworęczność przez jego recesywny *allel*, okazały się więc nieadekwatne. Z takim modelem nie zgadza się też stosunkowo niska częstotliwość występowania leworęczności (10-12%). Konsekwencją tych obserwacji było pojawienie się w literaturze różnych bardzo złożonych modeli dziedziczenia, z których największą popularność zyskał model Annett (1985).

NEUROBIOLOGICZNE PODSTAWY LEWORĘCZNOŚCI



Rys. 1. Podstawowe modele ścieżkowe (path-models) dla bliźniąt monozygotycznych (MZ) i dyzygotycznych (DZ)

Oznaczenia: B1 i B2 = bliźnięta w parach

G = genotyp (wpływ addytywny), C = wspólne środowisko, E = specyficzne środowisko + błąd pomiaru

g, c, e = ścieżki wpływu genotypu, wspólnego środowiska i specyficznego środowiska na określoną cechę

Rys. 1. Dziedziczenie praworęczności i leworęczności według modelu M. Annett (opis w tekście).

Według tego modelu, ręczność i asymetria półkulowa dla mowy są determinowane wspólnym genem. Dominujący *allele* tego genu RS^+ (od ang. *right shift*) decyduje o wystąpieniu praworęczności oraz o lokalizacji struktur zawiadujących mową w lewej półkuli mózgu. Recesywny *allele* RS^- tego genu zaś nie daje „dyspozycji” ani co do ręczności, ani co do lokalizacji struktur mowy. Zgodnie z tą koncepcją, 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^- , na zasadzie losowej, połowa osób powinna być leworęczna, a połowa praworęczna. Jak pokazuje rys. 1, w konsekwencji w populacji powinno być ok. 12,5% osób leworęcznych (przy założeniu, że połowa populacji to homozygoty i połowa heterozygoty). Jak wynika z informacji przedstawionych w dalszej części artykułu liczba ta jest bliska rzeczywistości.

Pomimo iż model Annett zyskał ogromną popularność, ma też on swoich przeciwników. Liczne dane wskazują bowiem, że poza czynnikami genetycznymi istnieje jeszcze wiele innych przyczyn, które mogą determinować bądź przynajmniej modyfikować ręczność człowieka. Za taką tezę przemawia np. obserwacja, że aż 80% dzieci leworęcznych ma praworęcznych rodziców i 61% spośród nich nie ma w rodzinie osób leworęcznych. Jeśli przy tym zestawimy tę ostatnią liczbę z liczbą osób praworęcznych bez leworęczności rodzinnej wynoszącą 76%

ANNA GRABOWSKA

(Perelle, Ehrman, 1993), różnica ta wydaje się zbyt mała, by mogła uzasadnić tezę o genetycznym pochodzeniu leworęczności. Wszystkie te argumenty skłaniają do poszukiwania jeszcze innych źródeł leworęczności.

Czynniki patologiczne

Istnieją przypuszczenia, że leworęczność może być wynikiem pewnych czynników patologicznych działających bądź w okresie prenatalnym, bądź postnatalnym. Przytacza się dwa podstawowe źródła patologii. Jednym z nich jest uszkodzenie mózgu występujące wskutek skomplikowanego porodu, drugim zaś przypuszczalny wpływ hormonów płciowych w czasie życia płodowego (Bakan, 1977; Satz i in., 1985; Geschwind i Galaburda, 1987). Podstawowym argumentem świadczącym o związku leworęczności z okołoporodowym uszkodzeniem mózgu jest fakt, że u osób leworęcznych powikłania porodowe występują dwukrotnie częściej niż wśród osób praworęcznych. Niektórzy autorzy postulują nawet, że dziedziczny jest właśnie skłonność do ciężkich porodów, a nie sama leworęczność. Autorzy ci argumentują, że częstsze występowanie leworęczności u mężczyzn można łatwo wyjaśnić ich większą podatnością na działanie czynników uszkadzających w okresie okołoporodowym. Skutkiem okołoporodowego uszkodzenia mózgu, oprócz leworęczności, może być również padaczka, jękanie się, opóźnienie rozwoju mowy, wydłużony czas reakcji, a nawet opóźnienie umysłowe. Wśród osób leworęcznych częściej zdarzają się też zaburzenia zachowania oraz rozmaite formy dziwacznych zachowań, wskazujące na pewne nieprzystosowanie społeczne. Nie jest jednakże jasne, na ile zachowania te są uwarunkowane uszkodzeniem mózgu, a na ile są konsekwencją trudności, na jakie narażone są osoby leworęczne w świecie przystosowanym do osób praworęcznych.

Próbowano też wiązać leworęczność z kolejnością porodu. Bakan (1977) wysunął np. tezę, iż poród pierwszy oraz daleki w kolejności (np. 4 i dalsze) mogą wiązać się z większym stresem, co w konsekwencji może prowadzić do neurologicznych uszkodzeń i leworęczności. Późniejsze prace nie potwierdziły jednakże słuszności tezy Bakana. Należy podkreślić, że choć u osób leworęcznych rzeczywiście zdarzają się różne zaburzenia mogące stanowić pewien przejaw uszkodzenia mózgu, niemniej w żadnym wypadku nie można ogólnie traktować leworęczności jako patologii. Stwierdzono bowiem, że osoby leworęczne jako populacja wcale nie mają niższego ilorazu inteligencji. Wręcz przeciwnie, wśród nich zdarzają się jednostki wybitne. Ponadto bardzo wiele osób leworęcznych przejawia ponadprzeciętne zdolności matematyczne i artystyczne (wśród sławnych osób leworęcznych wymienia się m.in. Leonarda da Vinci oraz Einsteina). Obserwacje te poparte są rzetelnymi badaniami wskazującymi, że istotnie wśród matematyków i artystów jest szczególnie dużo osób leworęcznych. Leworęczność może być również skutkiem działania hormonów płciowych w okresie prenatalnym. Teorię tę sformułował w latach osiemdziesiątych 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, Behan, 1984). Geschwind sformułował hipotezę, że zbyt wysoki poziom testosteronu w okresie płodowym może prowadzić do wszystkich tych komplikacji. Nadmierna ilość tego hormonu lub nadmierna wrażliwość na jego działanie może bowiem, zdaniem Geschwinda, prowadzić z jednej strony do anomalii w rozwoju grasicy i w konsekwencji do zaburzeń rozwoju systemu immunologicznego, z drugiej zaś – do wybiórczego zahamowania rozwoju lewej półkuli mózgu i w konsekwencji do leworęczności, nieprawidłowości w rozwoju asymetrii funkcjonalnej mózgu oraz do dysleksji. Wprawdzie nie ma bezpośrednich dowodów potwierdzających prawdziwość teorii Geschwinda, niemniej niektóre dane pochodzące z badań na zwierzętach sugerują, iż rzeczywiście może on mieć rację. Wykazano bowiem, że poziom testosteronu u szczurzych płodów wpływa na kształtowanie się asymetrii ich mózgów. Ponadto okazało się, że pewien szczep myszy charakteryzujący się w okresie prenatalnym podwyższonym poziomem testosteronu wykazuje zaburzenia immunologiczne, a jednocześnie przejawia pewne zaburzenia w rozwoju mózgu (nieprawidłowości w cytoarchitektonicznej budowie) podobne do tych, jakie stwierdza się u osób dyslektycznych (Collins, 1985). Pewnym potwierdzeniem teorii Geschwinda są też wyniki badań osób transseksualnych, u których stwierdzono częstsze występowanie leworęczności nie związanej z czynnikami genetycznymi, a przypuszczalnie z anomaliami hormonalnymi w okresie płodowym (Herman i in., 1997). Podobne relacje obserwowano u osób homoseksualnych (McCornick i in., 1990). Na istotność czynników hormonalnych dla kształtowania się leworęczności wskazuje również istnienie korelacji pomiędzy wynikami testów przestrzennych a poziomem testosteronu u praworęcznych osób dorosłych i brak takiej korelacji u osób leworęcznych (Moffat, Hampson 1996) oraz wykazanie związku pomiędzy brakiem praworęczności u kobiet a ich „męskimi” cechami psychicznymi (Casey, Nuttall, 1990).

Czynniki środowiskowe i kulturowe

Badania nad rolą czynników kulturowych czy środowiskowych w kształtowaniu się leworęczności mają istotne

NEUROBIOLOGICZNE PODSTAWY LEWORĘCZNOŚCI

znaczenie zarówno dla poznania przyczyn leworęczności, jak i dla praktyki wychowawczej. Istnieją tu dwa zasadnicze nurty badań. Z jednej strony porównuje się częstość występowania leworęczności w różnych środowiskach i kulturach (Dawson, 1977; Payne, 1987; Gilbert, Wysocki, 1992), z drugiej zaś – oszacowuje się liczbę osób leworęcznych w różnych pokoleniach, mając na uwadze fakt, 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. Największą liczbę osób leworęcznych stwierdzono u Eskimosów (20%) i u Izraelitów (piszących od prawej do lewej), najmniej zaś w społeczeństwach, w których istnieją silne naciski kulturowe bądź religijne skierowane na używanie prawej ręki w wykonywaniu niektórych czynności. Na przykład w krajach islamskich, gdzie religia ściśle oddziela czynności rytualnie „czyste” od „brudnych”, leworęcznych jest zaledwie kilka procent. Według ostatnich danych, w Turcji liczba osób leworęcznych wynosi zaledwie 2,6% (Perelle, Ehrman, 1994). Również w Chinach i Japonii odsetek osób piszących prawą ręką jest badzo niewielki, bowiem przywiązuje tu się dużą wagę do pisania ręką prawą. Warto przy tym zwrócić uwagę, że wprawdzie w krajach tych niewiele osób wykonuje „zakazane” czynności ręką lewą, niemniej dla innych czynności, co do których dzieciom pozostawia się swobodę wyboru, proporcja leworęcznych jest podobna jak w europejskich zachodnich społeczeństwach, czyli obecnie ok. 10-12%. Obserwacja ta prowadzi do wniosku, że nacisk na dziecko, by wykonywało daną czynność prawą ręką, niekoniecznie musi prowadzić do wykonywania również i innych czynności tą ręką.

W ostatnich latach ukazała się praca opisująca plemię amazońskie żyjące w zupełnej izolacji od tzw. cywilizowanego świata (Bryden, Ardila, Ardila, 1993). Okazało się, że nie ma tam ani jednej osoby leworęcznej. Podejrzenia o genetycznym podłożu tego nietypowego zjawiska wkrótce rozwiały obserwacje wskazujące, że w plemienu tym od najwcześniejszych lat nagradzano dzieci za wykonywanie różnych czynności prawą ręką (nigdy zaś ich nie karano za używanie ręki lewej). Tak oto w sposób przypadkowy natura wykonała eksperyment mogący służyć za dowód wyższości nagradzania nad karaniem, przy okazji wykazując, że oddziaływania wychowawcze mogą mieć bardzo istotny wpływ na ostateczne preferencje w posługiwaniu się rękami. Drugą grupę badań wskazujących na istotne znaczenie wpływów środowiskowych na kształtowanie się leworęczności stanowią badania dotyczące oszacowań częstości występowania leworęczności w różnych generacjach. Badania takie przeprowadzane są na ogół na dużych populacjach. Wykazują one (praca przegl. Coren i Halpern, 1991), że wraz z wiekiem maleje odsetek osób leworęcznych. Wśród amerykańskich nastolatków liczba leworęcznych wynosi ok. 15%, zaś w grupie osób najstarszych spada do 6%. Na ogół uważa się, że różnice te związane są ze wzrostem tolerancji w stosunku do osób leworęcznych, jaki wyraźnie można obserwować w tym stuleciu. Nie wyklucza się jednakże i takiej ewentualności, 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, Halpern, 1991). Teza ta wywołała burzliwą dyskusję, w której przeważał pogląd, iż mniejsza liczba osób leworęcznych w starszej populacji wynika z faktu, że w okresie dzieciństwa tych osób przeuczanie na prawą rękę było znacznie częstszą praktyką niż obecnie. Może więc być tak, że wśród nich jest wiele osób leworęcznych piszących prawą ręką.

ZWIĄZEK LEWORĘCZNOŚCI Z ASYMETRIĄ PÓLKUL MÓZGOWYCH

Od dawna przypuszczano, że leworęczność może wiązać się z odmienną organizacją funkcji w mózgu. Skoro bowiem u osób praworęcznych lewa półkula, sterująca prawą ręką, jednocześnie zawiaduje mową, to u osób leworęcznych można spodziewać się dokładnego odwrócenia tych relacji: funkcje mowy powinny znajdować się w półkuli prawej, sterującej ich dominującą ręką (lewą). Takie rozumowanie okazało się jednak całkowicie fałszywe. Koronnym dowodem stały się tu opisy przypadków afazji (zaburzeń mowy), która, jak się okazało, u osób leworęcznych, podobnie jak u praworęcznych, częściej występuje po uszkodzeniach lewej półkuli niż po uszkodzeniach prawej.

Pomimo obalenia tej interesującej hipotezy, w ciągu ostatnich dwóch dziesięcioleci nagromadzono wiele danych wskazujących na istnienie niewątpliwego związku pomiędzy leworęcznością a organizacją funkcjonalną mózgu (praca przegl. Hellige 1993; Grabowska 1994). Związek ten okazał się jednak o wiele bardziej złożony niż pierwotnie przypuszczano. Badania te prowadzono przy użyciu wielu różnych metod, takich jak badanie skutków jednostronnego uszkodzenia mózgu, próba amytalowa (test Wada), metody lateralnej prezentacji bodźców, metody elektrofizjologiczne, metody obrazowego badania mózgu (PET i MRI) oraz metody anatomiczne i biochemiczne.

Badania nad asymetrią funkcjonalną

ANNA GRABOWSKA

Najwięcej wiarygodnych danych dotyczących lokalizacji funkcji w mózgu osób leworęcznych dostarczyły neuropsychologiczne badania pacjentów z uszkodzeniem mózgu oraz badania prowadzone za pomocą testu Wada. Okazało się, że wprawdzie afazja u osób leworęcznych, podobnie jak u praworęcznych, jest częściej skutkiem uszkodzenia lewej półkuli, niemniej różnice półkulowe obserwowane u osób leworęcznych są znacznie mniejsze. U osób praworęcznych uszkodzenie prawej półkuli tylko w 3% przypadków prowadzi do zaburzeń mowy, u osób leworęcznych zaś takich przypadków jest aż 25%. Uszkodzenie lewej półkuli prowadzi do zaburzeń mowy w 62% przypadków osób praworęcznych i 53% przypadków osób leworęcznych (Satz, 1980). Ogólnie badania wskazują więc na większe prawdopodobieństwo wystąpienia afazji na skutek uszkodzenia mózgu u osób leworęcznych (Hécaen, Sauquet, 1971) co sugeruje, że u tych osób większe obszary mózgu są zaangażowane w procesy mowy i – być może – struktury te wykazują mniejszy stopień specjalizacji. Za takim wnioskiem przemawia fakt, że u leworęcznych pacjentów zaburzenia afatyczne nie są tak głębokie i specyficzne dla miejsca uszkodzenia mózgu (Hécaen, de Agostini, Monzon-Montes, 1981) oraz że łatwiej osiągają oni poprawę pod wpływem systematycznych ćwiczeń rehabilitacyjnych (Łuria, 1970; Satz, 1980). Wszystko to wskazuje na większy udział obu półkul w procesach językowych u osób leworęcznych niż u praworęcznych. Interesujące jest przy tym to, iż podobna specyfika zaburzeń afatycznych cechuje również osoby praworęczne z leworęcznością rodzinną.

Ciekawe wyniki uzyskano również w badaniach prowadzonych za pomocą próby Wada, którą stosuje się w klinikach neurochirurgicznych w celach diagnostycznych. Umożliwia ona – przed wykonaniem zabiegu chirurgicznego – określenie lokalizacji struktur zawiadujących mową. Do układu naczyniowego jednej z półkul mózgowych pacjenta wprowadza się słaby roztwór barbituranu (soli sodowej amytału), a następnie poleca się pacjentowi wykonanie określonego zadania. Pod wpływem tego roztworu czynność półkuli, do której został on wprowadzony, na kilkanaście-kilkadziesiąt sekund zostaje silnie zaburzona, przy czym rodzaj czynności, która ulega zaburzeniu, jest inny w przypadku półkuli prawej i lewej. Substancja ta, wprowadzona do półkuli, w której zlokalizowane są struktury realizujące mowę, powoduje krótkotrwałą blokadę ekspresji mowy oraz utratę kontaktu pacjenta z otoczeniem. Stan taki trwa od kilkunastu do kilkudziesięciu sekund, potem mowa stopniowo powraca, choć jeszcze przez kilka minut jest zniekształcona i przypomina mowę osób dotkniętych afazją. Wprowadzenie roztworu soli sodowej amytału do półkuli nie dominującej w zakresie mowy zazwyczaj nie powoduje tych zaburzeń, a z pacjentem można prowadzić niemal normalną rozmowę. Wpływ preparatu przejawia się tylko monotonością mowy i brakiem w niej akcentów emocjonalnych. Stwierdzono, że zarówno u osób leworęcznych, jak i u praworęcznych mowa jest znacznie częściej reprezentowana w lewej półkuli, choć u leworęcznych dominacja tej półkuli nie jest tak silnie wyrażona jak u praworęcznych. Częstość lokalizacji mowy w półkuli lewej u osób praworęcznych szacuje się na ok. 96% w porównaniu z około 70% u osób leworęcznych (Bryden, Steenhuis, 1991). Prawopółkulowa lokalizacja struktur mowy u osób praworęcznych występuje niezwykle rzadko (4%), znacznie częściej zaś dotyczy osób leworęcznych (15%). Ponadto u osób leworęcznych wyraźnie częściej występuje obupółkulowa reprezentacja mowy (15%). Przytoczone dane są jedynie orientacyjne, różnią się one bowiem nieco u różnych autorów. Warto tu wspomnieć, że również w zakresie różnorodnych funkcji wzrokowo-przestrzennych osoby leworęczne wykazują mniejszą asymetrię półkulową niż osoby praworęczne.

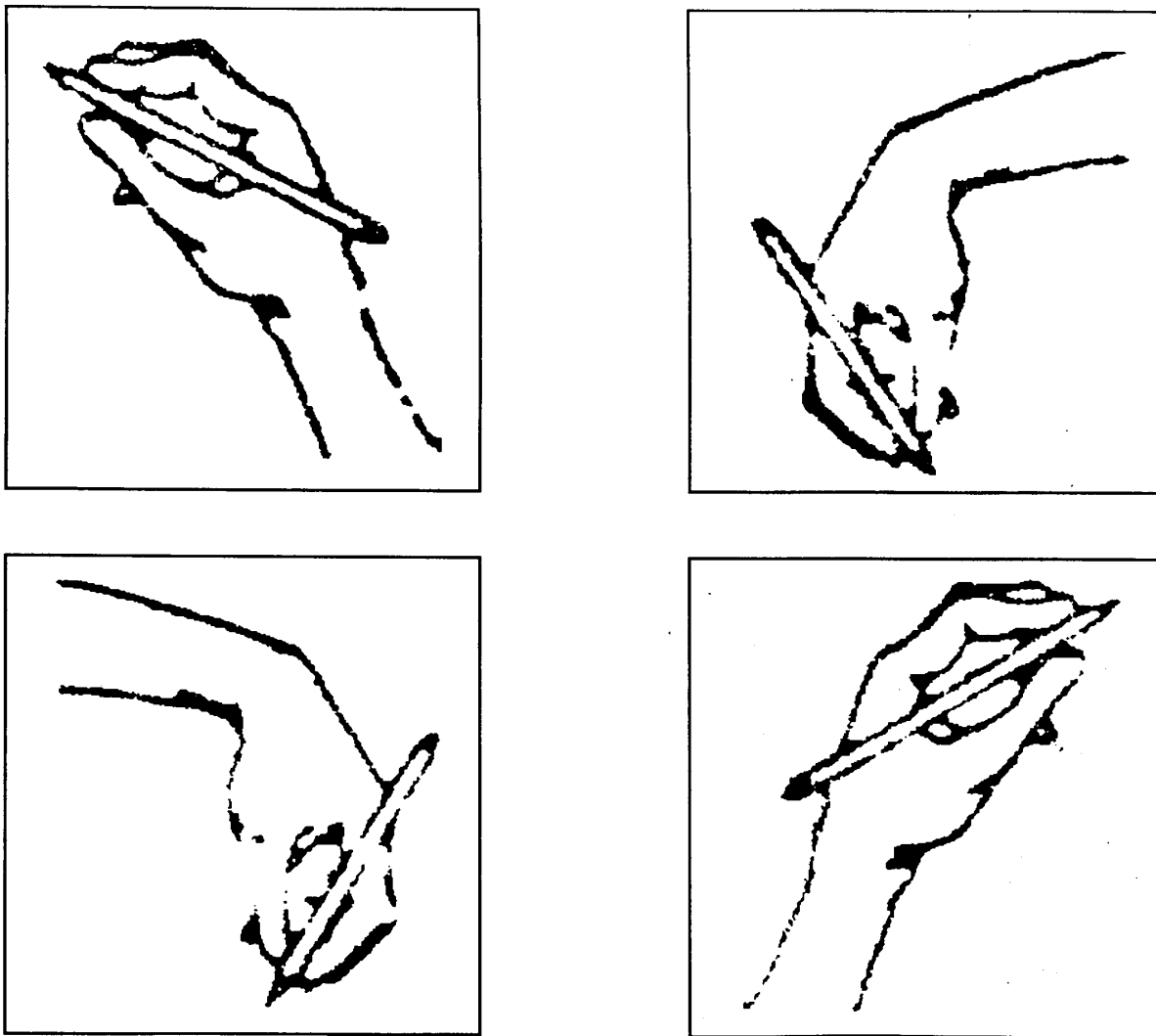
Podsumowując przytoczone dane można stwierdzić, że organizacja funkcji w mózgu osób leworęcznych nie jest odwrotna w stosunku do osób praworęcznych. Charakteryzuje ją jednakże większa symetria i zaangażowanie obu półkul w wykonywanie różnych funkcji. Nietypowa lateralizacja funkcji często występuje zwłaszcza u leworęcznych kobiet.

Czynniki modyfikujące lateralizację funkcji w mózgu

Wiele danych wskazuje, że związek pomiędzy ręcznością a lateralizacją funkcji w mózgu jest modyfikowany przez płeć. Ogólnie dość powszechnie sądzi się (choć nie wszyscy podzielają ten pogląd), że kobiety wykazują mniejszy stopień lateralizacji funkcji w mózgu niż mężczyźni. Najbardziej skrajnych danych na ten temat dostarczyły badania McGlone (1980), które wykazały, że w wyniku uszkodzenia lewej półkuli afazja występuje trzykrotnie częściej u mężczyzn niż u kobiet. Z kolei rzadziej u mężczyzn niż u kobiet afazja jest skutkiem uszkodzenia prawej półkuli. Za wnioskiem o większym udziale obu półkul w realizowaniu różnych funkcji u kobiet przemawiają również niektóre dane eksperymentalne (Marzi i in., 1988) oraz dane z badań prowadzonych za pomocą nowoczesnych technik obrazowania mózgu. Opublikowana w 1995 r. w „Nature” praca Shaywitz i in. pokazała, w dosłownym tego słowa znaczeniu, że u mężczyzn funkcje fonologiczne aktywują struktury czołowe jedynie lewej półkuli, zaś 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, które przeprowadziłam wspólnie z C. Marzim, potwierdzają to przypuszczenie (Marzi i in., 1988). Drugim czynnikiem, który jak się wydaje może w sposób istotny wpływać na lateralizację funkcji w mózgu

NEUROBIOLOGICZNE PODSTAWY LEWORĘCZNOŚCI

człowieka, jest leworęczność rodzinna (Hécaen, Sauquet, 1971; Hécaen, de Agostini, Monzon-Montes, 1981). Wiele danych zarówno klinicznych, jak i eksperymentalnych wskazuje, że osoby praworęczne, u których w rodzinie występuje leworęczność, bardzo często charakteryzują się podobną organizacją funkcjonalną mózgu jak osoby leworęczne.



Rys. 2. Pozycja ręki przy pisaniu według J. Levy może stanowić ważny wskaźnik lateralizacji funkcji w mózgu. W myśl tej hipotezy, osoby ustawiające rękę przy pisaniu w sposób „normalny” (lewy górny i prawy dolny rysunek) mają mowę zlokalizowaną w półkuli leżącej po przeciwnej stronie niż ręka, której używają do pisania. W przypadku osób praworęcznych będzie to więc półkula lewa, zaś w przypadku leworęcznych – prawa. Osoby odwracające rękę przy pisaniu (prawy górny i lewy dolny rysunek) mają zaś mowę zlokalizowaną w półkuli leżącej po tej samej stronie, co ręka używana do pisania, a więc u osób praworęcznych w prawej półkuli, zaś u osób leworęcznych – w lewej.

ANNA GRABOWSKA

Już dawno temu zaobserwowano, że przy pisaniu osoby leworęczne trzymają pióro bądź w pozycji takiej jak osoby praworęczne, bądź hakowato odwróconej, ustawiając dłoń powyżej pisanego tekstu (rys. 2). To odwracanie ręki dawniej traktowano jako strategię zapobiegającą zasłanianiu ręką tego, co się pisze, i zamazywaniu liter. Levy zwróciła jednak uwagę, że odwracanie ręki występuje również u Izraelitów, którzy piszą od prawej do lewej i nie mają potrzeby stosowania takiej strategii. Wysunęła ona hipotezę, że osoby, które odwracają rękę przy pisaniu, mają mowę zlokalizowaną w półkuli ipsilateralnej, czyli leżącej po tej samej stronie, co pisząca ręka, zaś osoby piszące w pozycji „normalnej” – w półkuli leżącej przeciwstronnie (Levy, Reid, 1976). Wynikałoby z tego, że osoby leworęczne, piszące ręką w pozycji odwróconej, mają mowę zlokalizowaną w lewej półkuli. Levy szukała poparcia dla swojej tezy wykazując, że osoby leworęczne piszące ręką w pozycji odwróconej, w różnych testach lateralizacyjnych uzyskiwały wyniki wskazujące na lokalizację mowy w lewej półkuli, zaś osoby nie odwracające ręki przy pisaniu miały wyniki sugerujące prawostronną lokalizację mowy (Levy, Reid, 1978). Warto zwrócić uwagę, że odwracanie ręki występuje częściej u mężczyzn niż u kobiet. Jeśli więc rację ma Levy, prawdopodobieństwo nietypowej lokalizacji mowy (w prawej półkuli) jest u leworęcznych kobiet większe niż u mężczyzn. Warto o tym pamiętać przy podejmowaniu decyzji, którą ręką dziecko ma pisać.

Badania nad asymetrią anatomiczną

Stwierdzenia dotyczące różnic w organizacji funkcjonalnej mózgu u osób leworęcznych i praworęcznych były bodźcem do szukania podstaw anatomicznych czy strukturalnych tych różnic. Pytanie, na które starano się odpowiedzieć, odnosiło się więc do kwestii, czy mózgi osób leworęcznych różnią się pod względem anatomicznym od mózgów osób praworęcznych. Badania te dotyczyły przede wszystkim obszarów związanych z mową, a zwłaszcza tzw. *planum temporale* oraz bruzdy bocznej (Sylwiusza). Zainteresowanie budziły również pomiary spoidła wielkiego (*corpus callosum*), czyli struktury łączącej dwie półkule mózgowe, ponieważ, jak się sądzi, może ona odgrywać istotną rolę w bipółkulowej organizacji mechanizmów kontrolujących procesy mowy u leworęcznych. Badania były prowadzone bądź *post mortem*, bądź za pomocą techniki rezonansu magnetycznego.

Najczęściej porównywaną strukturą jest *planum temporale*. Jest to struktura leżąca wewnątrz płata skroniowego. Obszar ten jest u osób praworęcznych przeciętnie o 1/3 większy w półkuli lewej (Geschwind, Levitzky, 1968; Geschwind, Galaburda, 1987). Stwierdzono, że u osób leworęcznych taka asymetria bądź nie występuje, bądź jest mniejsza. Zdarza się też, że *planum temporale* jest większe po stronie prawej. Taka nietypowa asymetria sprzyja szybszemu osiągnięciu poprawy przez pacjentów cierpiących na afazję. Również charakterystyczna asymetria kształtu bruzdy Sylwiusza (u osób praworęcznych jest ona dłuższa i bardziej prosta w półkuli lewej; w półkuli prawej zaś jest nie tylko krótsza, ale bardziej zagięta ku górze) jest mniej wyraźna u osób leworęcznych (Witelson, Kigar, 1986).

Stwierdzenie, że mózgi osób leworęcznych charakteryzują się zarówno większą symetrią anatomiczną, jak i funkcjonalną nie musi oznaczać jednak, że istnieje przyczynowy związek pomiędzy tymi dwiema cechami. Podjęto więc badania mające na celu zweryfikowanie hipotezy o istnieniu związku pomiędzy asymetrią anatomiczną a funkcjonalną. W badaniach tych starano się stwierdzić, czy osoby, które wykazują wysoki stopień asymetrii funkcjonalnej, charakteryzują się jednocześnie większą niż inne osoby asymetrią anatomiczną (Witelson, Kigar, 1988). Ponieważ pomiarów wielkości różnych struktur mózgowych dokonuje się na ogół pośmiertnie, trudno dysponować – w przypadkach tych osób – jednocześnie danymi dotyczącymi wyników badań nad funkcjonalną asymetrią półkulową. W związku z tym opublikowane dotąd prace dotyczą niestety stosunkowo nielicznej grupy osób. Wskazują one, że pacjenci, u których wcześniej obserwowano dominację lewej półkuli dla mowy, mieli większe lewe *planum temporale*, zaś u osób, u których nie stwierdzono takiej funkcjonalnej różnicy, *planum temporale* było bądź symetryczne, bądź asymetryczne, lecz w przeciwnym kierunku. Wyniki te potwierdzają również prace oparte na danych angiograficznych, obrazujących przebieg sieci naczyń krwionośnych w obu półkulach.

Ponieważ – jak wiadomo – spoidło wielkie mózgu (czyli struktura zawierająca włókna łączące lewą i prawą półkulę mózgową) odgrywa istotną rolę w procesach lateralizacji funkcji w mózgu (Nowicka, Grabowska, Fersten, 1996), interesować się również wielkością tej struktury oraz poszczególnych jej części u różnych grup ludzi różniących się co do stopnia funkcjonalnej asymetrii mózgu m.in. u osób leworęcznych. Badania Witelson (1985) wykazały, że spoidło wielkie jest o 11% większe w grupie osób leworęcznych w porównaniu z praworęcznymi. Praca ta sugeruje więc, że większa ekwipotencjalność półkul mózgowych osób leworęcznych może być związana z silniejszymi połączeniami anatomicznymi między dwoma półkulami. Witelson postuluje, że kształtowanie się ręczności u człowieka zależy od procesów regulujących liczbę włókien spoidła wielkiego. Wiadomo, że w ostatnim okresie ciąży następuje gwałtowna redukcja liczby włókien tej struktury. Ponieważ – jak wykazano – wśród dzieci urodzonych przedwcześnie liczba leworęcznych jest większa niż wśród dzieci urodzonych o czasie, przypuszcza się, że naturalne obumieranie włókien może mieć związek z kształtowaniem się praworęczności (Witelson, Nowakowski, 1991).

NEUROBIOLOGICZNE PODSTAWY LEWORĘCZNOŚCI

BADANIA NAD LEWORĘCZNOŚCIĄ A PRAKTYKA PSYCHOLOGICZNA

Przytoczone wyniki badań mają swoje ważne implikacje dla praktyki psychologicznej. Poniżej przedstawiam krytyczną ocenę podstaw, na jakich opiera się obecnie psychologiczna diagnoza leworęczności w Polsce oraz podejmuję próbę określenia najważniejszych czynników, jakie ta diagnoza powinna uwzględniać.

Diagnoza leworęczności dziecka w Polsce w dużej mierze opiera się na wynikach prac, jakie w latach sześćdziesiątych prowadziła grupa prof. H. Spionek (1965). Stwierdzono wówczas, że dzieci z lateralizacją skrzyżowaną lub niestaloną mają częściej niepowodzenia szkolne niż dzieci z tzw. jednorodną lateralizacją. Na podstawie tych badań utrwalil się pogląd, że zarówno lateralizację skrzyżowaną, jak i niestaloną w wieku powyżej 10 lat należy uważać za patologię, a dzieci leworęczne, przejawiające lateralizację skrzyżowaną, należy raczej przestawiać na rękę prawą. Tego rodzaju założenie *implicite* zawiera w sobie sąd, iż normalnego, przeciętnego człowieka charakteryzuje jednorodna lateralizacja w zakresie ręki, nogi i oka. Tymczasem jest wiele badań, które dowodzą, że taki pogląd jest fałszywy. Około 1/3 populacji osób praworęcznych to ludzie z dominacją lewego oka. Większość z tych osób wcale nie wykazuje jakichś kłopotów w nauce. Nie jest więc tak, że skrzyżowana lateralizacja musi prowadzić do trudności szkolnych. Również lateralizacja niestaloną jest objawem, który mylnie traktuje się jako stan patologiczny, tj. opóźnienie w rozwoju lateralizacji. Nie ma bowiem żadnych dowodów na to, że każdy człowiek osiąga w rozwoju stan wyraźnej lateralizacji. U wielu osób dorosłych można stwierdzić oburęczność lub obunożność. I odwrotnie, wiele dzieci już od najmłodszych lat przejawia silny stopień lateralizacji. Na dodatek niektórzy autorzy dowodzą, że z punktu widzenia lateralizacji funkcji w mózgu osoby leworęczne i oburęczne nie różnią się od siebie.

Oczywiście to, czy dziecko ma lateralizację jednorodną, czy też nie, ma pewne znaczenie dla podjęcia ostatecznej decyzji, którą ręką ma pisać. W moim przekonaniu jednakże czynnikowi temu przypisuje się nadmierną rolę. Jakie zatem inne czynniki należy brać pod uwagę w diagnozie dziecka leworęcznego? Podstawową sprawą jest bardzo dokładna i rzetelna ocena dwóch aspektów ręczności dziecka: siły preferencji w wyborze rąk oraz sprawności rąk. Niestety w Polsce ciągle nie mamy odpowiednich narzędzi do ich badania. Pewną pomoc mogłoby stanowić u powszechnienie kwestionariusza opracowanego przez J. Mroziaka (Mroziak, 1992). Powszechnie stosowane Próby Zazzo (Zazzo, 1974) są niewystarczające, a ponadto mieszają te dwa aspekty: w przypadku prób dla rąk badają raczej sprawność, a w przypadku prób dla oczu – preferencję wyboru. Sądzę, że w sytuacji braku dobrze opracowanych kwestionariuszy można w pewnym stopniu oprzeć się na informacjach udzielanych przez rodziców, można też obserwować, którą ręką dziecko wybiera, gdy polecimy mu wykonanie takich czynności, jak rysowanie, pisanie, mieszanie łyżeczką herbaty czy otwieranie pudełka. Można też porównać sprawność wykonywania tych czynności za pomocą jednej i drugiej ręki. Jeżeli okaże się, że dziecko jest wyraźnie leworęczne, tj. wybiera znacznie częściej lewą rękę przy wykonywaniu różnych czynności, jak też sprawność tej ręki jest wyższa, to moim zdaniem należy zalecać również używanie lewej ręki do pisania w szkole, niezależnie od tego, czy przejawia ono lateralizację skrzyżowaną, czy jednorodną. Jeśli jednak ręce dziecka są bardziej zrównoważone, należy dokładnie przeanalizować jeszcze wiele innych czynników i od nich uzależnić ostateczną decyzję.

Wśród tych czynników należy wymienić zarówno te, które tradycyjnie bierze się pod uwagę w diagnozie leworęczności, a więc oczność, nożność i ewentualną patologię porodu i rozwoju dziecka, jak też i inne, mogące wskazywać na odmienną lateralizację funkcji w mózgu. Jeśli są podejrzenia, że leworęczność może wynikać z jakichś zmian patologicznych w mózgu, powinno to stanowić przeciwwskazanie dla przestawiania dziecka na rękę prawą. Istnieje również wiele innych czynników, dotąd nie docenianych, które mogą stanowić istotną przesłankę dla decyzji podejmowanych przez psychologa. Wśród nich należy wymienić: obecność leworęczności w rodzinie, płeć dziecka, ewentualne problemy matki z utrzymaniem ciąży oraz sposób pisania przez dziecko. Leworęczność rodzinna może wskazywać na genetyczne podłoże leworęczności u dziecka, co oczywiście utrudnia przestawienie dziecka na prawą rękę. Ponadto genetycznie uwarunkowana leworęczność może się wiązać z odmienną lateralizacją funkcji mowy. Istotne jest zaś to, by dziecko pisało ręką sterowaną przez tę samą półkulę, w której mieszczą się struktury zawiadujące mową. Jak wykazaliśmy wyżej, u kobiet prawdopodobieństwo nietypowej lateralizacji funkcji w mózgu jest większe niż u mężczyzn, stąd w przypadku dziewczynek powinno się zachować szczególną ostrożność w ewentualnym przestawieniu na prawą rękę. Również przyjmowanie leków hormonalnych przez matkę w czasie ciąży może sprzyjać nietypowej lateralizacji funkcji w mózgu (tj. lokalizacji struktur mowy w prawej półkuli). Pewnym wskaźnikiem takiej nietypowej lateralizacji może też być u osoby leworęcznej ułożenie piszącej ręki w pozycji normalnej, tj. poniżej pisanego tekstu (hakowate wygięcie i położenie lewej ręki powyżej pisanego tekstu wskazuje raczej na lokalizację mowy w lewej półkuli). Obecność wyżej wymienionych cech u dziecka powinna raczej skłaniać ku decyzji, by pisało ono lewą ręką.

ANNA GRABOWSKA

Jak wynika z przedstawionych danych, leworęczność jest zjawiskiem bardzo złożonym, mającym różne uwarunkowania i zróżnicowane indywidualnie formy. Jest zatem bardzo ważne, by decyzje co do tego, którą ręką dziecko ma pisać, podejmowane były na podstawie głębokiej analizy wszelkich możliwych uwarunkowań leworęczności danego dziecka.

Mam nadzieję, że artykuł ten zainicjuje szerszą dyskusję w różnych środowiskach zajmujących się problemem leworęczności oraz że stanie się zaczątkiem dla podjęcia trudu opracowania nowych narzędzi diagnozy leworęczności w Polsce.

BIBLIOGRAFIA

- Annett, M. (1982). Handedness. [W:] J. G. Beaumont (red.), *Divided visual field studies of cerebral organization*. London: Academic Press.
- Annett, M. (1985). *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory*. Hillsdale: Erlbaum.
- Annett, M. (1992). Parallels between asymmetries of planum temporale and of hand skill. *Neuropsychologia*, 11, 951-962.
- Bakan, P. (1977). Left handedness and birth order revisited. *Neuropsychologia*, 15, 837-839.
- Bogdanowicz, M. (1989). *Leworęczność u dzieci*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Bradshaw, J. L. (1989). *Hemispheric specialization and psychological function*. Chichester: Wiley.
- Bryden, M. P., Steenhuis, R. E. (1991). Issues in assessment of handedness. [W:] F. L. Kitterle (red.), *Cerebral laterality – theory and research*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Bryden, M. P., Ardila, A., Ardila, O. (1993). Handedness in native Amazonians. *Neuropsychologia*, 31, 301-308.
- Budohoska, W., Grabowska, A. (1994). *Dwie półkule – jeden mózg*. Warszawa: Wiedza Powszechna, Seria Omega.
- Casey, M. B., Nuttall, R. L. (1990). Differences in feminine and masculine characteristics in women as a function of handedness: support for the Geschwind/Galaburda theory of brain organization. *Neuropsychologia*, 28, 749-754.
- Collins, R. L. (1985). On the inheritance of direction and degree of asymmetry. [W:] S. D. Glick (red.), *Cerebral lateralization in nonhuman species*. Orlando: Academic Press.
- Coren, S., Halpern, D. F. (1991). Left-handedness: A marker for decreased survival fitness. *Psychological Bulletin*, 109, 90-106.
- Dawson, J. L. M. B. (1977). An anthropological perspective on the evolution and lateralization of the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 299, 424-447.
- Geschwind, N., Behan, P. (1984). Laterality, hormones and immunity. [W:] N. Geschwind, A. M. Galaburda (red.), *Cerebral dominance. The biological foundations* (s. 211-224). Cambridge MA: Harvard University Press.
- Geschwind, N., Levitsky, W. (1968). Human brain: Left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 161, 186-187.
- Geschwind, N., Galaburda, A. S. (1987). *Cerebral lateralization*. Cambridge MA: MIT Press.
- Gilbert, A. N., Wysocki, C. J. (1992). Hand preference and age in the United States. *Neuropsychologia*, 30, 601-608.
- Grabowska, A. (1990). Wpływ wieku, ręczności oraz płci na asymetrię półkul mózgowych człowieka. *Psychologia Wychowawcza*, 33, 21-30.
- Grabowska, A. (1994). Diagnoza leworęczności w świetle współczesnych badań nad asymetrią mózgową. *Psychologia Wychowawcza*, 2, 121-137.
- Hécaen, H., Sauquet, J. (1971). Cerebral dominance in left handed subjects. *Cortex*, 7, 19-48.
- Hécaen, H., de Agostini, M., Monzon-Montes, A. (1981). Cerebral organization in left-handers. *Brain and Language*, 12, 261-284.
- Hellige, J. B. (1993). *Hemispheric asymmetry. What's right and what's left*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press.
- Herman-Jeglińska, A., Dulko, S., Grabowska, A. (1997). Transsexuality and asexuality: do they share a common origin? [W:] L. Ellis, L. Eberz (red.), *Sexual Orientation. Towards Biological Understanding*. Praeger: Westport.
- Herron, J. (1990). Two hands, two brains, two sexes. [W:] J. Herron (red.), *Neuropsychology of left-handedness*. New York: Academic Press.
- Hicks, R. E., 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.
- Levy, J., Reid, M. (1976). Variations in writing posture and cerebral lateralization. *Science*, 194, 337-339.
- Levy, J., Reid, M. (1978). Variations in cerebral organization as a function of handedness, hand posture in writing and sex. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107, 119-144.
- Luria, A. R. (1970). *Traumatic aphasia*. Hague: Mouton.
- Marzi, C. A., Grabowska, A., Tressoldi, P., Bisiacchi, P. (1988). Left hemisphere superiority for visuo-spatial functions in left-handers. *Behavioural Brain Research*, 30, 183-192.
- McCornick, C. M., Witelson, S. F., Kingstone, E. (1990). Left-handedness in homosexual men and women: neuroendocrine implications. *Psychoneuroendocrinology*, 15, 69-76.
- McGlone, J. (1980). Sex differences in human brain organization: A critical survey. *Behavioral Brain Sciences*, 3, 215-227.
- Moffat, S. D., Hampson, E. (1996). Salivary testosterone levels in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*, 34, 225-233.
- Mroziak, J. (1992). *Równoważność i asymetria funkcjonalna półkul mózgowych*. Warszawa.
- Nowicka, A., Grabowska, A., Fersten, E. (1996). Interhemispheric transmission of information and functional asymmetry of the human brain. *Neuropsychologia*, 34, 147-151.

NEUROBIOLOGICZNE PODSTAWY LEWORECZNOŚCI

- Payne, M. A. (1987). Impact of cultural pressures on self-reports of actual and approved hand use. *Neuropsychologia*, 25, 247-258.
- Perelle, J. B., Ehrman, L. (1994). An international study of human handedness: the data. *Behavior Genetics*, 24, 217-227.
- Porac, C., Coren, S. (1981). *Lateral preferences and human behavior*. New York: Springer-Verlag.
- 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*. New York: Academic Press.
- Satz, P., Orsini, D. L., Saslow, E., Henry, R. (1985). The pathological left-handedness syndrome. *Brain and Cognition*, 4, 27-46.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Constable, R. T., Skudlarki, P., Fulbright, R. K., Bronen, R. A., Fletcher, J. M., Shankweiler, D. P., Katz, L., Gore, J. C. (1995). Sex differences in the functional organization of the brain for language. *Nature*, 373, 607-609.
- Spionek, H. (1965). *Zaburzenia psychoruchowego rozwoju dziecka*. Warszawa: PWN.
- Witelson, S. F. (1985). The brain connection: The corpus callosum is larger in left handers. *Science*, 229, 665-668.
- Witelson, S. F., Kigar, D. L. (1988). Asymmetry in brain function follows asymmetry in anatomical form: gross, microscopic, postmortem and imaging studies. [W:] F. Boller, J. Grafman (red.), *Handbook of Neuropsychology* (vol. 1). Amsterdam: Elsevier.
- Witelson, S. F., Nowakowski, R. S. (1991). Left out axons make men right: a hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry. *Neuropsychologia*, 29, 327-333.
- Zazzo, R. (1974). *Metody psychologicznego badania dziecka*. Warszawa: PZWL.