

NATALIA KOWALCZYK¹, ANETA BRZEZICKA^{1,2}

¹*Instytut i Wydział Psychologii
SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny
Chodakowska 19/31, 03-815 Warszawa*

²*Cedars-Sinai Medical Center
8700 Beverly Blvd, Los Angeles, CA 90048, USA
E-mail: nkowalczyk2@gmail.com
Aneta.Brzezicka@cshs.org*

GRY WIDEO A ZMIANY STRUKTURALNE MÓZGU

WSTĘP

Historia gier komputerowych sięga lat 80. ubiegłego wieku. Od tego momentu ich rozwój trwa nieprzerwanie, gry stały się we współczesnej kulturze jedną z dominujących form codziennej rozrywki. Sprzedaż gier wideo w Stanach Zjednoczonych wyniosła w 2018 r. około 43,5 miliardów dolarów. Według raportu Nielsen 360° Gaming Report gracze spędzają obecnie o 12% więcej czasu grając w gry, niż w 2012 r. Średnio grają ponad 6 godzin w trakcie przeciętnego tygodnia. We współczesną grę wideo można grać przy użyciu różnych platform, w tym komputerów osobistych, dedykowanych konsoli do gier, a także urządzeń przenośnych (tabletów, laptopów i smartfonów). Należy również wspomnieć, iż według statystyk, przeciętny gracz ma średnio 33 lata, a większość graczy stanowią mężczyźni (ponad 54%) (ENTERTAINMENT SOFTWARE ASSOCIATION 2019).

Pomimo iż komercyjne gry wideo nie zostały zaprojektowane w celu trenowania poszczególnych zdolności poznawczych, to w ciągu ostatnich dwóch dekad wiele ważnych prac koncepcyjnych i empirycznych poszerzyło wiedzę na temat zmian behawioralnych kryjących się za poprawą funkcjonowania poznawczego w wyniku doświadczeń z grami komputerowymi. Szczególnym zainteresowaniem objęte zostały tzw. „action video games”, czyli gry akcji. Jest to zróżnicowany

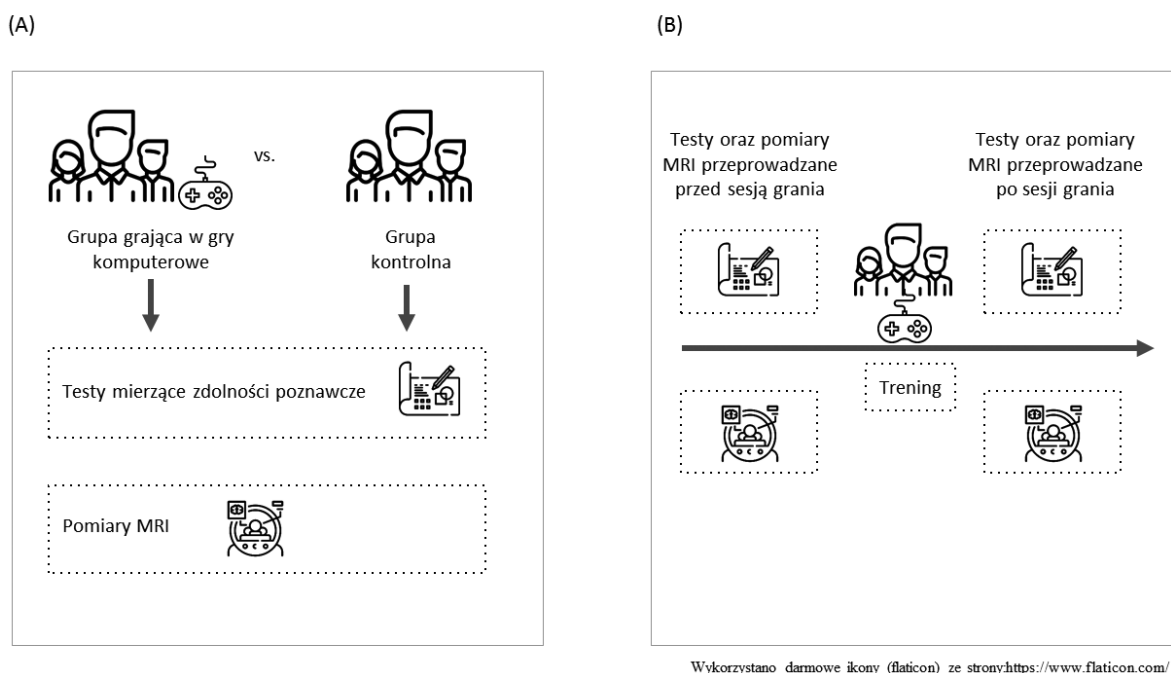
gatunek gier, obejmujący zarówno gry strategiczne czasu rzeczywistego (ang. real time strategy games, RTS), jak i gry zręcznościowe (tzw. strzelanki, ang. first person shooters games, FPS). Niezależnie od szczegółowych rozwiązań stosowanych przez poszczególnych producentów, gry akcji łączy, z perspektywy psychologicznej, szereg istotnych cech. Wszystkie one wymagają od graczy bardzo wysokiego poziomu zaangażowania szeregu procesów poznawczych: od podstawowych procesów percepcyjnych, takich jak zdolności do monitorowania szybko poruszających się przedmiotów, poprzez utrzymywanie uwagi i odpowiedniego poziomu czujności, aż po bardziej złożone aspekty naszego funkcjonowania związane z działaniem pamięci operacyjnej, takie jak odświeżanie informacji, przełączanie się pomiędzy różnymi zadaniami czy ich planowanie. Oznacza to, że, być może wbrew stereotypowym opiniom, granie w gry komputerowe angażuje nie tylko zdolności percepcyjno-ruchowe, ale także wiele złożonych funkcji poznawczych i kontrolnych.

WPŁYW GIER KOMPUTEROWYCH NA ZDOLNOŚCI POZNAWCZE

Praca przeglądowa BEDIU i współaut. (2018) podsumowuje doniesienia na temat wpływu grania w gry akcji na różne funkcje poznawcze, zarówno z punktu widzenia

Słowa kluczowe: gry wideo, neurobrazowanie, zmiany strukturalne mózgu

*Praca finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer: UMO-2016/23/B/HS6/03843. Pierwsza autorka publikacji jest stypendystką korzystającą ze wsparcia finansowego Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (FNP), oraz Fundacji Kościuszkowskiej (Kosciuszko Foundation).



Ryc. 1. Schematyczne przedstawienie paradygmatów badawczych wykorzystywanych w badaniu procesów neuroplastyczności w wyniku doświadczenia z grami komputerowymi.

(A) – schemat badań różnicowych, (B) – schemat badań podłużnych. Przedstawione paradygmaty są wersjami podstawowymi. W badaniu różnicowym można porównywać więcej niż dwie grupy, natomiast w badaniach podłużnych można dodać dodatkowe punkty pomiaru oraz dodatkową grupę (eksperymentalną – trenującą inne zadanie, lub pasywną – nietrenującą). Wykorzystano darmowe ikony (flaticon) ze strony: <https://www.flaticon.com/>

badania ekspertów, jak i badań interwencyjnych wykorzystujących gry jako specyficzne treningi poznawcze (Ryc. 1). W wielu badaniach informowano o sprawniejszym działaniu złożonych funkcji poznawczych, takich jak kontrola poznawcza, zdolność do przełączania się pomiędzy zmieniającymi się zadaniami/regułami, czy odświeżanie informacji w pamięci krótkotrwałej w wyniku doświadczenia z grami akcji.

W kilku badaniach zaobserwowano pozytywny wpływ intensywnego grania na kontrolę uwagi typu góra-dół (czyli aktywny charakter spostrzegania, w którym dużą rolę odgrywają wcześniej utworzone w pamięci reprezentacje, wykorzystywane przez osobę w celu interpretacji i klasyfikacji postrzeganego przedmiotu) (CHISHOLM i KINGSTONE 2012, GREEN i BAVELIER 2012), czy kontrolę wykonawczą (STROBACH i współaut. 2012, OEI i PATTERSON 2013). Co więcej, gracze, w porównaniu z osobami nie grającymi, lepiej wypadali w zadaniach mierzących zdolności do przełączania się między zmieniającymi się wymogami czy regułami (COLZATO 2010, GREEN i współaut. 2012). Wyniki kolejnych eksperymentów wykazały również pozytywny wpływ korzystania z gier akcji, przede wszystkim w przypadku graczy FPS, na funkcjonowanie pamięci roboczej (COL-

ZATO i współaut. 2013). MISHRA i współaut. (2011) wykazali, że gracze, w porównaniu z osobami nie grającymi, lepiej radzą sobie z hamowaniem informacji rozpraszających. Pośród wielokrotnie zreplicowanych wyników widzimy natomiast te wskazujące, że gracze, w porównaniu z grupą kontrolną, są sprawniejsi w zakresie bardziej podstawowych zdolności poznawczych. Na przykład zespół BAVELIER i współaut. (2012) wykazał, że osoby grające efektywniej filtrują informacje rozpraszające w paradygmacie mierzącym dystrybucję uwagi wzrokowej. Osoby te przejawiają również, zwiększone pole uwagi (GREEN i BAVELIER 2003, 2006a; FENG i współaut. 2007). W niektórych badaniach pokazano, że gry komputerowe mogą wywierać pozytywny wpływ również na takie zdolności jak: pamięć krótkotrwała (BLACKER i CURBY 2013, WILMS i współaut. 2013), jednoczesne śledzenie wielu obiektów (GREEN i BAVELIER 2006b, SUNGUR i BODUROGLU 2012) oraz bardziej efektywne przeszukiwanie pola wzrokowego (CASTEL i współaut. 2005), lepszą przestrzenną rozdzielczość widzenia (CASTEL i współaut. 2005, GREEN i BAVELIER 2007), czy wykrywanie istotnych zmian w kierunku ruchu obiektu (WEST i współaut. 2008). Bardziej podstawowe aspekty percepcji, takie jak ogólne skrócenie percepcyjnych

czasów reakcji (DYE i współaut. 2009a, b) i zwiększona wrażliwość na kontrast, również ulegają poprawie w wyniku doświadczenia z grami komputerowymi (LI i współaut. 2009). Pomimo imponującej liczby badań, które wykazały poprawę wyników, w literaturze odnaleźć można również doświadczenia, które nie ujawniły różnic między grającymi i nie grającymi w gry, w wykonaniu testów mierzących zdolności poznawcze. W szczególności, części badaczy nie udało się powtórzyć efektów poprawy działania pamięci roboczej (BOOT i współaut. 2008, 2010, 2011; BOOT i SIMONS 2012; UNSWORTH i współaut. 2015) oraz lepszego hamowania informacji rozpraszających (MURPHY i SPENCER 2009, IRONS i współaut. 2011, MCDERMOTT i współaut. 2014) w wyniku doświadczenia z grami. Wyniki te są w sprzeczności z wieloma badaniami, które sugerują silny związek między doświadczeniem w grze a zdolnościami poznawczymi.

Warto podkreślić, że usprawnienia w przetwarzaniu informacji wzrokowych zaobserwowano nie tylko u osób zdrowych, ale także u pacjentów z uszkodzonymi funkcjami wzrokowymi. LI i współpracownicy (2011) wykazali, że pacjenci z niedowidzeniem znacznie poprawili się w szerokim zakresie podstawowych funkcji widzenia, takich jak ostrość widzenia i lepsza koncentracja uwagi, już po krótkim szkoleniu z użyciem gier wideo. Ponadto, BEJJANKI i współaut. (2014) wskazali, że gry akcji poprawiają wydajność w zadaniu identyfikacji wzorców przy różnych poziomach zewnętrznych informacji zakłócających i zaproponowali model, w którym usprawnieniu funkcji towarzyszyła wydajniejsza łączność między obszarami wzrokowymi mózgu. Wyniki te potwierdzono również w metaanalizach. Na przykład, POWERS i współaut. (2013) zestawili wyniki zarówno badań treningowych, jak i różnicowych (gdzie porównują doświadczonych graczy i osoby niemające kontaktu z grami) i pokazali pozytywny wpływ grania w gry komputerowe na funkcje poznawcze. Pomimo iż badania w tym obszarze prowadzone są od 2003 r., trudno jest określić jednoznaczny profil zmian poznawczych powstających w wyniku doświadczenia z grami. Aby sformułować jednoznaczną tezę na temat wpływu gier komputerowych na zdolności umysłu, potrzebne są jeszcze kolejne badania, które uwzględniłyby ocenę na wielu poziomach zachowania, czyli zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w codziennym życiu. Skoro granie w gry komputerowe sprzyja uczeniu się, to powinno również propagować zdolności przydatne w codziennym życiu, w sytuacjach, które wymagają błyskawicznych reakcji (np. podczas jazdy samochodem, gdy

trzeba wykazać się silną koncentracją i refleksem). Ponadto, należy również rozważyć, czy nie jest tak, iż gry komputerowe (zwłaszcza gry akcji) przyciągają osoby, które charakteryzują się unikatowymi umiejętnościami koncentracji, pamięci czy elastyczności w przełączaniu się pomiędzy zadaniami.

NEURONALNE KORELATY GRANIA W GRY KOMPUSEROWE

Jak zostało przedstawione w poprzednim rozdziale, ocena wpływu gier komputerowych na zachowanie jest w ostatnich latach przedmiotem wielu badań eksperymentalnych, prac przeglądowych i metaanaliz. Znacznie mniej wiadomo natomiast o neuronalnym podłożu tych relacji.

Teoria, że struktura ludzkiego mózgu może być modyfikowana przez nowe doświadczenia, w tym gry komputerowe, stała się możliwa do weryfikacji m. in. dzięki rozwojowi techniki obrazowania rezonansem magnetycznym (MRI). Obrazowanie MRI jest preferowaną techniką obrazowania strukturalnych wskaźników charakterystycznych dla procesów plastyczności mózgu, dzięki wysokiej rozdzielczości przestrzennej tej metody (TARDIF i współaut. 2016). Miarami najczęściej stosowanymi w badaniach MRI są objętość lub grubość kory mózgowej, a także gęstość mikrostruktury istoty białej, mierzone dla całego mózgu lub jego poszczególnych obszarów (regionów zainteresowania). Badania przekrojowe i podłużne wskazują na to, iż zmiany strukturalne w wyniku różnego rodzaju doświadczenia można zmierzyć za pomocą morfometrii bazującej na woksela (VBM), czyli ilościowej, zautomatyzowanej metody analizy strukturalnych obrazów mózgu pozwalającej w precyzyjny sposób ustalić objętość istoty szarej w części mózgu, która nas interesuje, czy obrazowania tensora dyfuzji (DTI), czyli metody pozwalającej na zbadanie uporządkowania włókien nerwowych oraz stopnia ich mielinizacji (DRAGANSKI i MAY 2008, JÄNCKE 2009, LÖVDÉN i współaut. 2010, 2013). Za podłoże neurobiologiczne zmian strukturalnych mózgu w wyniku doświadczenia przyjmuje się najczęściej zmiany w poziomie mielinizacji aksonów, czyli zarówno zmianę liczby aksonów, ich średnicy, jak i gęstości upakowania (SAMPAIO-BAPTISTA i JOHANSEN-BERG 2017). Często opisuje się również zmiany trajektorii aksonów, neurogenezę, angiogenezę (tworzenie lub rozrost naczyń włosowatych), rozrost kolców dendrytycznych, proliferację komórek glejowych czy synaptogenezę (formowanie się połączeń między komórkami nerwowymi) (DRAGANSKI i MAY 2008, SCHOLZ i współaut. 2009). Coraz większa liczba badań z wy-

korzystaniem metod obrazowania struktury mózgu notuje znaczące zmiany w istocie szarej i białej mózgu w wyniku różnego rodzaju treningu funkcji poznawczych u ludzi, a doniesienia te wydają się być spójne z badaniami nad zależną od doświadczenia plastycznością u zwierząt (DRAGANSKI i MAY 2008, MISHRA i GAZZALEY 2016).

Dowody na skuteczność różnych metod treningowych pochodzą zarówno z badań różnicowych, jak i podłużnych. Badania prowadzone w schemacie podłużnym dostarczają najsilniejszych dowodów na zmiany związane z treningiem/doświadczeniem, ponieważ są one manipulowane w sposób kontrolowany, a zmiany w mózgu obserwowane przed i po uczeniu, u tej samej osoby czy zwierzęcia. W przypadku badań różnicowych nie jest możliwe ustalenie, czy to dana charakterystyka mózgu predysponuje do określonych zachowań/rezultatów, czy różnice strukturalne wynikają z doświadczenia wywołującego plastyczne zmiany (MAY 2011). Należy jednak podkreślić, iż literatura przedmiotu obfituje w badania neuroanatomiczne, w których wyniki ekspertów z różnych dziedzin, w tym również graczy gier komputerowych, są porównywane do wyników badanych z grupy kontrolnej (bez specyficznego doświadczenia) (GASER i SCHLAUG 2003, HÄNGGI i współaut. 2009, WEI i współaut. 2011). Badania w tym nurcie opierają się na założeniu, że intensywne praktyka/nauka nowych umiejętności powoduje zmiany specyficznych regionów mózgu, a owe zmiany mogą zostać zauważone właśnie poprzez porównanie wyników ekspertów uczestników z grupy kontrolnej.

W 2017 r. PALAUS i współaut. opublikowali systematyczny przegląd badań sprawdzających wpływ gier komputerowych na mózg człowieka. Uwzględnili w nim wyniki eksperymentów badających zmiany struktur mózgu, ale również ich aktywności funkcjonalnej (badania z wykorzystaniem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, fMRI), jak i elektrycznej (badania z wykorzystaniem elektroencefalografii, EEG). W kolejnej części artykułu przedstawiamy najważniejsze doniesienia o wpływie gier na strukturę mózgu na poziomie istoty szarej i istoty białej mózgu.

Intensywne używanie gier komputerowych skutkuje większą grubością kory (mierzonej przy użyciu morfometrii bazującej na woksela, VBM) w obszarach kluczowych dla procesów nawigacji przestrzennej, pamięci roboczej i planowania (głównie hipokamp i grzbietowobocznej części kory przedczołowej) (KÜHN i GALLINAT 2014). Co więcej, w badaniu tym wykazano również dodatnią korelację pomiędzy objętością istoty szarej

w okolicach hipokampa, kory śródwęchowej oraz kory potylicznej z długością grania w gry komputerowe. Zwiększoną objętość istoty szarej odnotowano również w tylnych obszarach kory potylicznej, czyli obszaru kluczowego dla działania, m.in. procesów wzrokowo-przestrzennych (TANAKA i współaut. 2013). Objętości istoty szarej w okolicach kory przedczołowej, mózdzku, zakrętu zaśrodkowego, przedniej kory zakrętu obręczy oraz grzbietowo-boczna części kory przedczołowej były dodatnio skorelowane z poprawą umiejętności w grze typu RTS (BASAK i współaut. 2011). Porównując doświadczonych graczy gier akcji z amatorami wykazano również zwiększoną objętość istoty szarej w części kory wyspy, czyli obszaru mózgu ważnego dla funkcji uwagi i funkcji czuciowo-ruchowych (GONG i współaut. 2015). W grupie graczy gry strategicznej zaobserwowano przyrost objętości istoty szarej w regionie prawego zakrętu czołowego górnego, zakrętu ciemieniowego górnego oraz prawego zakrętu przedśrodkowego, i co więcej, objętość okolic czołowych korelowała dodatnio z długością kariery gracza i jakością wykonania zadania na kontrolę poznawczą (HYUN i współaut. 2013). Co więcej, wykazano również, iż pewne wrodzone różnice indywidualne anatomii mózgu takie jak, np. wielkość prążkownia, przewidują powodzenie w grze strategicznej typu Space Fortress (ERICKSON i współaut. 2010).

Zmiany w strukturze mózgu w wyniku intensywnego używania gier komputerowych zaobserwowano również w badaniach z użyciem metody DTI. Okazało się, że osoby z takim doświadczeniem miały podwyższony wskaźnik anizotropii frakcjonowanej (ang. fractional anisotropy, FA), co wskazuje na większą „spoistość” istoty białej w przednich obszarach mózgu (głównie przedniej części zakrętu obręczy, prawego górnego i dolnego zakrętu czołowego), jak również w okolicach wzgórza, czyli w obszarach zawierających połączenia związane z uwagą, pamięcią roboczą oraz procesami kontroli wykonawczej (LEE i współaut. 2010). Zespół Zhanga (ZHANG i współaut. 2015) wykazał, iż doświadczeni gracze gier komputerowych mają zwiększoną integralność istoty białej w okolicach kory ruchowej i potylicznej, w porównaniu z osobami kontrolnymi. W jednym z badań wykazano również zwiększoną strukturalną łączność między czołowymi i potylicznymi regionami w grupie graczy gier strategicznych czasu rzeczywistego (KIM i współaut. 2015). Wyniki naszego zespołu wskazały na zwiększoną liczbę połączeń strukturalnych między regionami ciemieniowymi a potylicznymi w grupie graczy gier RTS, w porównaniu do osób niegrających

(KOWALCZYK i współaut. 2018). Tylko jedno badanie pokazało dotychczas, że doświadczenie z grami akcji związane jest ze zmienionymi połączeniami istoty białej w sieciach przedczołowych, układzie limbicznym i sieciach czuciowo-ruchowych, które są związane z kontrolą poznawczą i funkcjami czuciowo-ruchowymi (GONG i współaut. 2017). Już w wyniku 15 min. treningu z grą strategiczną zaobserwowano większą integralność istoty białej w lewym hipokampie, natomiast w wyniku doświadczenia z grą typu „strzelanka” zaobserwowano zmiany w okolicach sklepienia i prążka krańcowego (RAY i współaut. 2017).

Przedstawione powyżej doniesienia literaturowe nie przedstawiają spójnego wzorca zmian neuronalnych wywołanych doświadczeniem z grami komputerowymi. Najczęściej raportowane w badaniach sprawdzających różnice w objętości istoty szarej mózgu obejmowały głównie obszary grzbietowo-bocznej kory przedczołowej, górne i tylne obszary kory ciemieniowej, przednią część kory zakrętu obręczy, mózdzek, korę wyspy, jądra podstawne (w tym prążkowie) i hipokamp. PALAUS i współaut.(2017) w pracy przeglądowej podkreślają, iż jeszcze mniej spójne wydają się być wnioski z badań na poziomie mikrostrukturalnym istoty białej, opisujące zmiany w pęczkach włókien łączących: m.in. obszary kory przedczołowej, wzrokowej, ruchowej, skroniowej, ciała modzelowatego, wzgórza asocjacyjnego, torebki zewnętrznej i w obrębie jąder podstawy.

Jednym z wyjaśnień braku spójnego wzorca zmian strukturalnych może być fakt, iż tylko w części z opisywanych badań kontrolowano gatunki gier, w które grali uczestnicy. Pozostali badacze umieszczali wszystkie gatunki w jednej kategorii - gier akcji. Co więcej, nie brano pod uwagę poziomu umiejętności uczestników. Ostatnie odkrycia podkreślają, że ważne jest uwzględnianie wyżej wymienionych zmiennych w przeprowadzanych eksperymentach (LATHAM i współaut. 2013; OEI i PATTERSON 2013, 2015; DOBROWOLSKI i współaut. 2015). Wartościowe byłoby również sprawdzenie, jak długo utrzymują się zmiany w mózgu w wyniku doświadczenia z grami, czyli czy są to zmiany trwałe oraz czy uzyskane efekty słabną wraz z upływem czasu.

SZYBKO I INTENSYWNIE, CZYLI GRY KOMPUTEROWE JAKO SPOSÓB POBUDZANIA NEUROPLASTYCZNOŚCI

Funkcjonująca obecnie definicja neuroplastyczności jest bardzo szeroka. Obejmuje ona trwałe zmiany siły połączeń między komórkami nerwowymi, zachodzące pod

wpływem działania bodźców ze środowiska lub uszkodzenia układu nerwowego (KOSSUT 2018). Dzięki niej możliwa jest nie tylko odbudowa funkcji, ale również uczenie się. W tym miejscu należałoby również zastanowić się co sprawia, że gry promują neuroplastyczność. W neuronauce behawioralnej paradygmat „wzbogaconego środowiska” (ang. enriched environment), czyli zwiększanie stymulacji zmysłowej, ruchowej i poznawczej jest bardzo często przywoływany w kontekście promowania procesów neuroplastyczności. W życiu codziennym istnieje wiele, „wzbogacających” aspektów, ponieważ codziennie dostosowujemy się do nowych doświadczeń i sytuacji w środowisku, lecz nie wszystkie z nich powodują zmiany w mózgu. Z teoretycznego punktu widzenia, gry komputerowe można uznać za rodzaj wzbogaconego środowiska, które zapewnia użytkownikom stymulujące i złożone bodźce przy okazji dostarczając odpowiedniej motywacji do zaangażowania w proponowane przez nie czynności.

Już latach 40. XX w. Donald Hebb zauważył, iż szczury żyjące w jego domu jako zwierzęta domowe, miały lepsze zdolności poznawcze niż szczury trzymane w standardowych klatkach laboratoryjnych. Badania na modelach zwierzęcych wskazują, że wzbogacone środowisko stymuluje procesy plastyczności mózgu wyrażające się zwiększeniem liczby kolców dendrytycznych, tworzeniem nowych połączeń synaptycznych, modulacją procesów neurotransmisji, zwiększeniem wielkości neuronów, czy zwiększeniem grubości kory mózgu (DIAMOND i współaut. 1967, GLOBUS i współaut. 1973, GREENOUGH i współaut. 1973, GREEN i GREENOUGH 1986, VAN PRAAG i współaut. 2000). Najnowsze badania skupiają się na badaniu wpływu urozmaiconego środowiska na proces neurogenezy (CLEMENSON i STARK 2015, GARTHE i współaut. 2016).

Wzbogacone środowisko, zdefiniowane jako „kombinacja złożonej nieożywionej i społecznej stymulacji” zostało również wykorzystane jako eksperymentalny paradygmat w badaniach na ludziach. Różne paradygmaty treningowe uznawane były za formę „wzbogacania środowiska”. Większość z tych paradygmatów, opierających się na stymulacji zmysłowej, ruchowej czy poznawczej, wywoływała zmiany w zachowaniu, ale też zmiany na poziomie połączeń neuronalnych (VAN PRAAG i współaut. 2000). Kluczowym elementem w stosowanych reżimach treningowych okazywała się być złożoność i kompleksowość ćwiczeń. Badacze wciąż poszukują idealnego paradygmatu treningu poznawczego. W ostatnich latach coraz częściej rozpatruje się w tym kontekście gry

komputerowe. Niektóre definicje dotyczące wzbogaconego środowiska, takie jak poszukiwanie nowatorskich zajęć rekreacyjnych (SCARMEAS i współaut. 2001) i praca pod presją czasu w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu (SCHOOLER i współaut. 1999), stanowią poparcie tego twierdzenia. Definicje te wymieniają szereg elementów, które są bezpośrednio obecne w grach komputerowych. Twórcy gier komputerowych, w szczególności gier akcji dbają o to, aby pojawiały się w nich nowe wyzwania, czyli aby odpowiednio poziomy gry cechowały się właściwym tempem i poziomem trudności. Interaktywne gry komputerowe stanowią bogate źródło przyjemności i chociaż nie powstały, aby edukować, promują naukę nowych, złożonych umiejętności oraz generują zmiany nie tylko w zachowaniu, ale i w strukturze mózgu. Należy również dodać, że gra z kategorii strategii czasu rzeczywistego została wybrana przez DeepMind, światowego lidera w sztucznej inteligencji, za środowisko testowe do badań sztucznej inteligencji, ponieważ „stanowi ona odbicie rzeczywistego świata” oraz ze względu na fakt, iż wymagania stawiane przed „agentem” do osiągania celów w grze można ostatecznie przenieść do zadań stawianych w świecie rzeczywistym” (źródło: <http://goo.gl/cF1VcJ>).

Zanim jednak gry zostały zauważone przez naukowców jako narzędzie do trenowania funkcji poznawczych, większość badaczy łączyła je z agresją i uzależnieniem (LIN i LEPPER 1987, ANDERSON i BUSHMAN 2001, FERGUSON 2011). Jednak od początku wnioski na temat wywoływania agresji, zwłaszcza u młodych użytkowników, nie były spójne (SHERRY 2001, ANDERSON 2010). Głos w tej debacie zabrali również członkowie Amerykańskiego Stowarzyszenia Psychologicznego APA (2015) zgłaszając swoje zastrzeżenia, co do gier wideo i ich użytkowania przez dzieci i młodzież. Część naukowców twierdzi jednak, że związek gier z agresją jest minimalny lub w ogóle nie istnieje (FERGUSON 2015). Większość gier, które mogłyby być skategoryzowane jako „brutalne” w kontekście debaty nad ich negatywnymi skutkami, w przypadku podkreślania ich pozytywnego wpływu na funkcjonowanie poznawcze nazywane są już grami akcji (na przykład w literaturze dotyczącej treningów poznawczych). To zróżnicowanie użycia emocjonalnego języka podczas kategoryzacji gier może odzwierciedlać nastawienie badaczy w różnych dziedzinach.

Obecnie, gdy badacze intensywnie zgłębiają wiedzę na temat tego, jak gry wideo usprawniają procesy poznawcze oraz coraz intensywniej weryfikują zmiany na poziomie struktury i wzorca aktywności mózgu w wyniku doświadczenia z grami, podejmowane

są próby zastosowania zdobywanej wiedzy do opracowywania programów treningowych dla osób z uszkodzeniami mózgu czy deficytami poznawczymi. Kluczowe w tym aspekcie wydaje się dokładne dopasowanie profilu i poziomu trudności gry do potrzeb pacjentów. Jednocześnie trzeba podkreślić, iż należy nadal zachować dużą ostrożność w przewidywaniu efektów wykorzystania gier w terapii. Potrzeba kolejnych, wnikliwych badań, które pozwolą nam zrozumieć, jak budować narzędzia, które mogłyby być wykorzystywane przez pacjentów do wspierania procesu odbudowy funkcji ich mózgu.

Streszczenie

Mimo iż gry wideo, zwane również grami komputerowymi, nie powstały, aby uczyć, to stanowią płaszczyznę do badania neuroplastyczności, czyli zdolności mózgu do „przeprogramowywania się” w wyniku specyficznego doświadczenia. Badania donoszą, iż regularne granie w gry komputerowe, w szczególności gry akcji, poprawia głównie podstawowe zdolności poznawcze, takie jak: szybkość reagowania, wrażliwość na kontrast czy selektywność i podzielność uwagi. Pojedyncze badania pokazują poprawę funkcji wykonawczych. Mniej wiadomo natomiast na temat neuronalnych podstaw tego rodzaju poprawy. W niniejszym artykule podsumowujemy wyniki badań, w których przeprowadzono pomiary strukturalnych zmian mózgu w wyniku doświadczenia z grami komputerowymi. Zestawione zostały badania wykorzystujące głównie dwie metody badania plastyczności mózgu: morfometrii bazującej na woksela (ang. based morphometry, VBM) istoty szarej oraz obrazowanie tensora dyfuzji (ang. diffusion tensor imaging, DTI) w istocie białej. Badania zmian strukturalnych mózgu z użyciem rezonansu magnetycznego (magnetic resonance imaging, MRI) dostarczają kolejnych przykładów na potencjalne korzyści płynące z grania w gry komputerowe.

PODZIĘKOWANIE

Ikony wykorzystane w Ryc. 1 wykonane zostały przez Freepik.mynamepong.wanicon ze strony <https://www.flaticon.com/>.

LITERATURA

- ANDERSON C. A., BUSHMAN B. J., 2001. *Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior: A meta-analytic review of the scientific literature*. Psychol. Sci. 12, 353-359.
- ANDERSON R. P., 2010. *Addiction to joint logistics - the dangers of over dependence on a joint logistics concept*. Naval War Coll Newport Ri Joint Military Operations Dept.
- BASAK C., VOSS M. W., ERICKSON K. I., BOOT W. R., KRAMER A. F., 2011. *Regional differences in brain volume predict the acquisition of skill in a complex real-time strategy videogame*. Brain Cognit. 76, 407-414.
- BAVELIER D., ACHTMAN R. L., MANI M., FÖCKER J., 2012. *Neural bases of selective attention in action video game players*. Vision Res. 61, 132-143.
- BEDIOU B., ADAMS D. M., MAYER R. E., TIPTON E., GREEN C. S., BAVELIER D., 2018. *Meta-analy-*

- sis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychol. Bull.* 144, 77-110.
- BEJJANKI V. R., ZHANG R., LI, R., POUGET A., GREEN C. S., LU, Z.-L., BAVELIER D., 2014. Action video game play facilitates the development of better perceptual templates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 16961-16966.
- BLACKER K. J., CURBY K. M., 2013. Enhanced visual short-term memory in action video game players. *Atten. Percept. Psychophys.* 75, 1128-1136.
- BOOT W. R., SIMONS D. J., 2012. Advances in video game methods and reporting practices (but still room for improvement): A commentary on Strobach, Frensch, and Schubert (2012). *Acta Psychol.* 141, 276-277.
- BOOT W. R., KRAMER A. F., SIMONS D. J., FABIANI M., GRATTON G., 2008. The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychol.* 129, 387-398.
- BOOT W. R., BASAK C., ERICKSON K. I., NEIDER M., SIMONS D. J., FABIANI M. i współaut., 2010. Transfer of skill engendered by complex task training under conditions of variable priority. *Acta Psychol.* 135, 349-357.
- BOOT W. R., BLAKELY D. P., SIMONS D. J., 2011. Do action video games improve perception and cognition?. *Front. Psychol.* 2, 226.
- CASTEL A. D., PRATT, J., DRUMMOND E., 2005. The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta Psychol.* 119, 217-230.
- CHISHOLM J. D., KINGSTONE A., 2012. Improved top-down control reduces oculomotor capture: The case of action video game players. *Atten. Percept. Psychophys.* 74, 257-262.
- CLEMENSON G. D., STARK C. E. L., 2015. Virtual environmental enrichment through video games improves hippocampal-associated memory. *J. Neurosci.* 35, 16116-16125.
- COLZATO L. S., 2010. *DOOM'd to switch: superior cognitive flexibility in players of first person shooter games.* *Front. Psychology* 1, 8.
- COLZATO L. S., VAN DEN WILDENBERG W. P. M., ZMIGROD S., HOMMEL B., 2013. Action video gaming and cognitive control: playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychol. Res.* 77, 234-239.
- DIAMOND M. C., LINDNER B., RAYMOND A., 1967. Extensive cortical depth measurements and neuron size increases in the cortex of environmentally enriched rats. *J. Compar. Neurol.* 131, 357-364.
- DOBROWOLSKI P., HANUSZ K., SOBCZYK B., SKORKO M., WIATROW A., 2015. Cognitive enhancement in video game players: The role of video game genre. *Comput. Human Behav.* 44, 59-63.
- DRAGANSKI B., MAY A., 2008. Training-induced structural changes in the adult human brain. *Behav. Brain Res.* 192, 137-142.
- DYE M. W. G., GREEN C. S., BAVELIER D., 2009a. Increasing speed of processing with action video games. *Curr. Direct. Psychol. Sci.* 18, 321-326.
- DYE M. W. G., GREEN C. S., BAVELIER D., 2009b. The development of attention skills in action video game players. *Neuropsychologia* 47, 1780-1789.
- ENTERTAINMENT SOFTWARE ASSOCIATION, 2019. *Essential facts about the computer and video game industry.* Washington, D.C: Entertainment Software Association.
- ERICKSON K. I., BOOT W. R., BASAK C., NEIDER M. B., 2010. Striatal volume predicts level of video game skill acquisition. *Cerebral Cortex* 20, 2522-2530.
- FENG J., SPENCE I., PRATT J., 2007. Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychol. Sci.* 18, 850-855.
- FERGUSON C. J., 2011. Video games. *Encyclopedia of Adolescence*, 3040-3045.
- FERGUSON C. J., 2015. Online games and crime. *The International Encyclopedia of Digital Communication and Society*, 1-7.
- GARTHE A., ROEDER I., KEMPERMANN G., 2016. Mice in an enriched environment learn more flexibly because of adult hippocampal neurogenesis. *Hippocampus* 26, 261-271.
- GASER C., SCHLAUG G., 2003. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *J. Neurosci.* 23, 9240-9245.
- GLOBUS A., ROSENZWEIG M. R., BENNETT E. L., DIAMOND M. C., 1973. Effects of differential experience on dendritic spine counts in rat cerebral cortex. *J. Compar. Physiol. Psychol.* 82, 175-181.
- GONG D., HE H., LIU D., MA W., DONG L., LUO C., YAO D., 2015. Enhanced functional connectivity and increased gray matter volume of insula related to action video game playing. *Sci. Rep.* 5, 9763.
- GONG D., MA W., GONG, J., HE H., DONG L., ZHANG D. i współaut., 2017. Action video game experience related to altered large-scale white matter networks. *Neural Plasticity* 2017, 1-7.
- GREEN C. S., BAVELIER D., 2003. Action video game modifies visual selective attention. *Nature* 423, 534-537.
- GREEN C. S., BAVELIER D., 2006a. Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *J. Exp. Psychol., Human Percept. Perform.* 32, 1465-1478.
- GREEN C. S., BAVELIER D., 2006b. Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition* 101, 217-245.
- GREEN C. S., BAVELIER D., 2007. Action-video game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychol. Sci.* 18, 88-94.
- GREEN C. S., BAVELIER D., 2012. Learning, attentional control, and action video games. *Curr. Biol.* 22, 197-206.
- GREEN C. S., SUGARMAN M. A., MEDFORD K., KLOBUSICKY E., BAVELIER D., 2012. The effect of action video game experience on task-switching. *Comput. Human Behav.* 28, 984-994.
- GREEN E. J., GREENOUGH W. T., 1986. Altered synaptic transmission in dentate gyrus of rats reared in complex environments: evidence from hippocampal slices maintained in vitro. *J. Neurophysiol.* 55, 739-750.
- GREENOUGH W. T., VOLKMAR F. R., JURASKA J. M., 1973. Effects of rearing complexity on dendritic branching in frontolateral and temporal cortex of the rat. *Exp. Neurol.* 41, 371-378.
- HÄNGGI J., KOENEKE S., BEZZOLA L., JÄNCKE L., 2009. Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dancers. *Human Brain Mapping* 31, 1196-1206.
- HYUN G. J., SHIN Y. W., KIM B. N., CHEONG J. H., JIN S. N., HAN D. H., 2013. Increased cortical thickness in professional on-line gamers. *Psychiatry Invest.* 10, 388-392.
- IRONS J. L., REMINGTON R. W., MCLEAN J. P., 2011. Not so fast: Rethinking the effects of ac-

- tion video games on attentional capacity. *Austr. J. Psychol.* 63, 224-231.
- JÄNCKE L., 2009. *The plastic human brain*. *Restor. Neurol. Neurosci.* 27, 521-538.
- KIM Y.-H., H. KIM Y., -W. KANG D., KIM D., -J. KIM H., SASAKI Y., WATANABE T., 2015. *Real-time strategy video game experience and visual perceptual learning*. *J. Neurosci.* 35, 10485-10492.
- KOSSUT M., 2018. *Neuroplastyczność*. Medyk Sp. z oo, Warszawa
- KOWALCZYK N., SHI F., MAGNUSKI M., SKORKO M., DOBROWOLSKI P., KOSSOWSKI B. i współaut., 2018. *Real-time strategy video game experience and structural connectivity - A diffusion tensor imaging study*. *Human Brain Mapping* 39, 3742-3758.
- KÜHN S., GALLINAT J., 2014. *Amount of lifetime video gaming is positively associated with entorhinal, hippocampal and occipital volume*. *Mol. Psychiatry* 19, 842-847.
- LATHAM A. J., PATSTON L. L. M., TIPPETT L. J., 2013. *Just how expert are "expert" video-game players? Assessing the experience and expertise of video-game players across "action" video-game genres*. *Front. Psychol.* 4, 941.
- LEE B., PARK J.-Y., JUNG W. H., KIM H. S., OH J. S., CHOI C.-H. i współaut., 2010. *White matter neuroplastic changes in long-term trained players of the game of "Baduk" (GO): a voxel-based diffusion-tensor imaging study*. *NeuroImage* 52, 9-19.
- LI R., POLAT U., MAKOUS W., BAVELIER D., 2009. *Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training*. *Nat. Neurosci.* 12, 549-551.
- LI R. W., NGO C., NGUYEN J., LEVI D. M., 2011. *Video-game play induces plasticity in the visual system of adults with amblyopia*. *PLoS Biology* 9, e1001135.
- LIN S., LEPPER M. R., 1987. *Correlates of children's usage of videogames and computers*. *J. Appl. Soc. Psychol.* 17, 72-93.
- LÖVDÉN M., BODAMMER N. C., KÜHN S., KAUFMANN J., SCHÜTZE H., TEMPELMANN C. i współaut., 2010. *Experience-dependent plasticity of white-matter microstructure extends into old age*. *Neuropsychologia* 48, 3878-3883.
- LÖVDÉN M., WENGER E., MÄRTENSSON J., LINDENBERGER U., BÄCKMAN L., 2013. *Structural brain plasticity in adult learning and development*. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 37, 2296-2310.
- MAY A., 2011. *Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain*. *Trends Cognit. Sci.* 15, 475-482.
- MCDERMOTT A. F., BAVELIER D., GREEN, C. S., 2014. *Memory abilities in action video game players*. *Comput. Human Behav.* 34, 69-78.
- MISHRA J., GAZZALEY A., 2016. *Cross-species approaches to cognitive neuroplasticity research*. *NeuroImage* 131, 4-12.
- MISHRA J., ZINNI M., BAVELIER D., HILLYARD S. A., 2011. *Neural basis of superior performance of action videogame players in an attention-demanding task*. *J. Neurosci.* 31, 992-998.
- MURPHY K., SPENCER A., 2009. *Playing video games does not make for better visual attention skills*. *J. Artic. Support Null Hypothesis* 6, 1.
- OEI A. C., PATTERSON M. D., 2013. *Enhancing cognition with video games: a multiple game training study*. *PLoS One* 8, e58546.
- OEI A. C., PATTERSON M. D., 2015. *Enhancing perceptual and attentional skills requires common demands between the action video games and transfer tasks*. *Front. Psychol.* 6, 113.
- PALAU M., MARRON E. M., VIEJO-SOBERA R., REDOLAR-RIPOLL D., 2017. *Neural basis of video gaming: A systematic review*. *Front. Human Neurosci.* 11, 248.
- POWERS K. L., BROOKS P. J., ALDRICH N. J., PALADINO M. A., ALFIERI L., 2013. *Effects of video-game play on information processing: a meta-analytic investigation*. *Psychono. Bull. Rev.* 20, 1055-1079.
- RAY N. R., O'CONNELL M. A., NASHIRO K., SMITH E. T., QIN S., BASAK C., 2017. *Evaluating the relationship between white matter integrity, cognition, and varieties of video game learning*. *Restor. Neurol. Neurosci.* 35, 437-456.
- SAMPAIO-BAPTISTA C., JOHANSEN-BERG H., 2017. *White matter plasticity in the adult brain*. *Neuron* 96, 1239-1251.
- SCARMEAS N., LEVY G., -X. TANG M., MANLY J., STERN Y., 2001. *Influence of leisure activity on the incidence of Alzheimer's Disease*. *Neurology* 57, 2236-2242.
- SCHOLZ J., KLEIN M. C., BEHRENS T. E. J., JOHANSEN-BERG H., 2009. *Training induces changes in white-matter architecture*. *Nat. Neurosci.* 12, 1370-1371.
- SCHOOLER C., MULATU M. S., OATES G., 1999. *The continuing effects of substantively complex work on the intellectual functioning of older workers*. *Psychol. Aging* 14, 483-506.
- SHERRY J., 2001. *The effects of violent video games on aggression. A meta-analysis*. *Human Comm. Res.* 27, 409-431.
- STROBACH T., FRENSCH P. A., SCHUBERT T., 2012. *Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations*. *Acta Psychol.* 140, 13-24.
- SUNGUR H., BODUROGLU A., 2012. *Action video game players form more detailed representation of objects*. *Acta Psychol.* 139, 327-334.
- TANAKA S., IKEDA H., KASAHARA K., KATO R., TSUBOMI H., SUGAWARA S. K. i współaut., 2013. *Larger right posterior parietal volume in action video game experts: a behavioral and voxel-based morphometry (VBM) study*. *PLoS One* 8, e66998.
- TARDIF C. L., GAUTHIER C. J., STEELE C. J., BAZIN P.-L., SCHÄFER A., SCHAEFER A. i współaut., 2016. *Advanced MRI techniques to improve our understanding of experience-induced neuroplasticity*. *NeuroImage* 131, 55-72.
- UNSWORTH N., REDICK T. S., MCMILLAN B. D., HAMBRICK D. Z., KANE, M. J., ENGLE R. W., 2015. *Is playing video games related to cognitive abilities?* *Psychol. Sci.* 26, 759-774.
- VAN PRAAG H., KEMPERMANN G., GAGE F. H., 2000. *Neural consequences of environmental enrichment*. *Nat. Rev. Neurosci.* 1, 191-198.
- WEI G., ZHANG Y., JIANG T., LUO J., 2011. *Increased cortical thickness in sports experts: a comparison of diving players with the controls*. *PLoS One* 6, e17112.
- WEST G. L., STEVENS S. A., PUN C., PRATT J., 2008. *Visuospatial experience modulates attentional capture: evidence from action video game players*. *J. Vis.* 8, 13.1-13.9.
- WILMS I. L., PETERSEN A., VANGKILDE S., 2013. *Intensive video gaming improves encoding speed to visual short-term memory in young male adults*. *Acta Psychol.* 142, 108-118.
- ZHANG Y., DU G., YANG Y., QIN W., LI X., 2015. *Higher integrity of the motor and visual pathways in long-term video game players*. *Human Neurosci.* 9, 98.

KOSMOS Vol. 69, 1, 233–241, 2020

NATALIA KOWALCZYK¹, ANETA BRZEZICKA^{1,2}

¹*Institute and Faculty of Psychology, The University of Social Science and Humanities, 19/31 Chodakowska Str., 03-815 Warsaw,*

²*Cedars-Sinai Medical Center, 8700 Beverly Blvd, Los Angeles, CA 90048, USA,*

E-mail: nkowalczyk2@gmail.com; Aneta.Brzezicka@cshs.org

VIDEO GAMES AND STRUCTURAL BRAIN CHANGES

Summary

Although the initial purpose of video games, also called computer games, was not to learn, they can be used to study neuroplasticity, i.e. brain ability to plastic reorganization after specific experience. Studies show that playing computer games regularly, especially action video games, improves basic cognitive functions, such as reaction time, contrast sensitivity or selective and divided attention. Single experiments have shown improvement in executive functions. Less is known about neural basis of such improvement. In this article we have summarized the results of studies in which structural changes in the brain as a result of video game experience were measured. We summarize results of experiments that used two methods for studying brain plasticity - voxel based morphometry (VBM) (on gray matter volume) and diffusion tensor imaging (DTI) (on white matter volume). We discuss also studies examining structural brain changes with magnetic resonance imaging technique which provide examples of possible benefits resulting from playing computer games.

Key words: neuroimaging, structural brain changes, video games