

# Czy (i jak) ucieleśnienie może wyjaśniać poznanie?\*

Przemysław Nowakowski

*Who could doubt that the mind is embodied? And given that we are all clear that the mind is embodied, where does that get us? I mean, everybody knows the mind is embodied, unless you've got religious stuff or something, some metaphysical or ideological biases, but now, right, I agree, the mind's embodied, and now what do I do? Search me! (Fodor 2011)*

## 0. Wprowadzenie

Według Shapiro (2011) koncepcja ucieleśnienia w kognitywistyce może odgrywać trzy role: *konceptualizacji, zastąpienia i konstytucji*. Najbardziej doniosłym rozwiązaniem jest całkowite zastąpienie dotychczasowych koncepcji koncepcją ucieleśnionego poznania (Wilson, Golonka 2013). Jednak w świetle aktualnie dostępnych badań nawet dla entuzjasty takiego rozwiązania wydaje się ono zbyt pośpieszne i pochopne. Ucieleśnione poznanie w porównaniu z klasycznymi badaniami kognitywistycznymi nadal jest niezaawansowane teoretycznie i ubogie empirycznie. Ponadto nie jest oczywiste, czy da się zaproponować taką koncepcję ucieleśnionego poznania, która będzie spełniała kryteria jednej i tylko jednej z trzech kategorii wyróżnionych przez Shapiro (2011), czy raczej zastąpienie może być tylko częściowe (np. w kontekście teorii emocji) oraz łączone konstytutywną rolą ciała i koniecznością koncepcji ciała w koncepcji konceptualizacji poznania.

W artykule tym zmierzmy się z prostszym zadaniem: *jak ucieleśnienie wyjaśnia poznanie?* Zakładamy, że dzięki ucieleśnieniu jesteśmy w stanie wyjaśnić dużą część procesów poznawczych. Rozważymy, jakie procesy poznawcze i jakie aspekty tych procesów mogą być (lub już są) wyjaśniane przez odwołanie do ucieleśnienia. Dodatkowo przyjrzymy się temu, jak to wyjaśnianie może przebiegać. Zaproponujemy tu szkic *eksplanacyjnej koncepcji ucieleśnienia*<sup>1</sup>.

## I. Ucieleśnienie .2.0

### I.1 Definiowanie ucieleśnienia poznania

Wilson i Foglia (2012) wyróżnili trzy różne funkcje ciała<sup>2</sup>: (a) *ograniczanie*; (b) *rozdzielanie* oraz (c)

\* **Tekst ten jest pierwszym szkicem artykułu dotyczącego ucieleśnienia poznania. Zawarty w nim materiał w wielu miejscach wymaga modyfikacji: doprecyzowania i rozwinięcia. Sądzę, że dzięki temu może stanowić dobry materiał do dyskusji. Za pomoc i uwagi dziękuję Ani Karczmarczyk i Witoldowi Wachowskiemu.**

- 1 Intuicja, która prowadzi nas w tej pracy, odnosi się do modyfikowanego na wszelkie sposoby – pracy także tutaj – poglądu Kanta na relację pomiędzy intuicjami a pojęciami. Wyniki badań nad poznaniem przestaną być ślepe dopiero wtedy, kiedy zostaną zinterpretowane w kontekście ucieleśnienia. Choć takie twierdzenie początkowo wydaje się dość mocne, to – jak sądzą w kontekście tak teorii, jak i coraz większej liczby badań empirycznych – staje się coraz lepiej umotywowane.
- 2 Wydaje się, że pierwotnie intuicje zawarte w pracach Wilsona i Fogli (2011, 2013) pochodzą z pracy Shapiro (2004),

regulowanie poznania. Po pierwsze: rodzaj ciała determinuje rodzaj procesów poznawczych. Po drugie: ciało – jego nieneuronalne części – realizuje część procesów obliczeniowych istotnych poznawczo. Po trzecie: ciało i jego aktywność reguluje procesy poznawcze. Zadania te są osadzone w tezie ucieleśnionego poznania przedstawionej przez tych autorów:

[TUP<sub>WF</sub>] *Wiele cech poznania jest ucieleśnionych, a to znaczy, że są one silnie zależne od charakterystyki fizycznego ciała sprawcy, tak że ciało (poza mózgiem) tego sprawcy gra ważną rolę przyczynową lub fizycznie konstytutywną w poznawczym przetwarzaniu tego sprawcy.* (Wilson, Foglia 2012)

TUP<sub>WF</sub> nie faworyzuje żadnej z kategorii wyróżnionych przez Shapiro (2011). Wydaje się bardziej umiarkowana<sup>3</sup>, ale daje szansę na wzmocnienie i rozszerzenie roli ucieleśnienia w wyjaśnianiu procesów poznawczych. TUP<sub>WF</sub> można przeformułować w tzw. *eksplanacyjną koncepcję ucieleśnienia*:

[EU] Jeżeli proces poznawczy [P] jest ucieleśniony, to jego wyjaśnienie wymaga uwzględnienia roli fizycznego ciała w P (co wymaga posiadania koncepcji ciała jako poznawczo istotnego<sup>4</sup>).

W trakcie wyjaśniania możemy odwoływać się do wyróżnionych już trzech roli ciała w poznaniu. I jak wynika z TUP<sub>WF</sub> i EU, jest to rola fizycznego ciała, a nie reprezentacji czy doświadczenia ciała. Oczywiście zawarte tu uwagi nie wyczerpują tematu, mogą jedynie stanowić punkt wyjścia dla przyszłej satysfakcjonującej koncepcji ucieleśnienia. Kolejnym krokiem jest wyróżnienie badań (2.1-6), które potwierdzałyby – wspomniane powyżej – rolę ciała w poznaniu<sup>5</sup>.

## 1.2 Fizyczne ciało ucieleśnia poznanie

Nie można uznać za satysfakcjonujące koncepcji, które postulują poznanie jako ucieleśnione, nie odwołując się przy tym do roli *fizycznego ciała* w poznaniu<sup>6</sup>. Dokładniej: roli rozmiaru ciała, jego kształtu, własności materiałowych, rozmieszczenia stawów i ich stopni swobody, rozmieszczenia receptorów i ich własności, postawy ciała itd. Wszelkie próby odwołujące się do

---

która stanowi pierwszą, bardziej teoretycznie interesującą konceptualizację ucieleśnienia umysłu.

3 Propozycje Wilsona i Fogli (2012, 2013) można uznać za złączone ujęcie konstytutywnej roli ciała.

4 Może to być jedna, jak i wiele poznawczo istotnych koncepcji ciała. Aktualnie można wskazać ważną rolę: morfologii ciała, cielesnych afektów, cielesnych, fizycznych działań (jak i układu tych działań zaangażowanych w kontrolę). Podstawowym pytaniem jest, czy te trzy role da się zunifikować w taki sposób, że efekt owej unifikacji byłby przydatny w wyjaśnianiu poznania. Jest to zasadne, ponieważ możliwe jest takie idiosynkratyczne połączenie wspomnianych koncepcji, które nie będzie użyteczne przy wyjaśnianiu jakichkolwiek interesujących procesów poznawczych.

5 Dopiero włączenie odpowiednich konceptualizacji w badania nad poznaniem może pozwolić na docenienie roli ciała w poznaniu.

6 Jest to jednej z głównych powodów, dla którego – pod wieloma innymi względami satysfakcjonujące – koncepcje ucieleśnienia Goldmana (2012), Grusha (2004) czy Gallaghera (2006) wymagają pewnej rezerwy bądź modyfikacji.

neuronalnych/mentalnych reprezentacji ciała, doświadczenia ciała, emocji czy działania omijają centralny punkt ucieleśnienia, a mogą jedynie dostarczać dodatkowych informacji w trakcie poznawania. To przede wszystkim *fizyczne ciało* i jego funkcjonowanie może ograniczać, regulować czy rozdzielać poznanie.

Fizyczne ciało docenianie jest w badaniach nad procesami poznawczymi przez koncepcje obliczeń morfologicznych czy neuroetologii (Pfeifer Bogard 2007, Hauser i inni 2011, MacIver 2009), jak również w pracach uwzględniających biomechanikę ciała w rozwoju i optymalizacji kontroli działania (Alsmith 2012, Chiel i inni 2009, Lillicrap, Scott 2012). Badania te są rozpowszechnione i najczęściej dotyczą elementarnych procesów poznawczych.

Wpływ fizycznego ciała może być pośredni, kiedy nie tyle samo poznanie, ile reprezentacje ciała są silnie kształtowane przez fizyczne własności ciała. Zaznaczmy: nie jest to wpływ ograniczony jedynie do tego, że ciało fizyczne jest tym, co reprezentowane. Haggard i Longo w serii swoich badań (2010, 2011) rozwijają koncepcję *modelu ciała*, czyli reprezentacji kształtu ciała, która okazuje się ściśle powiązana z fizycznymi własnościami ciała, w tym – z geometrią receptorów dotykowych (2011). Corradi-Dell'Acqua i Tessari (2010) wykazali różnicę w reprezentowaniu struktury ciała przez osoby zdrowe i osoby cierpiące na amelię (urodzone bez kończyn). Badania te pokazują, że zrozumienie reprezentacji ciała nie może ograniczać się do badania doświadczenia ciała czy ich neuronalnych realizatorów. Uwzględnienie fizycznego ciała dostarcza „okularów” niezbędnych dla zrozumienia rozwiązań, które rozwijają organizm w kierunku sprawnego działania w świecie i poznawania świata, a poczynając od reprezentowania samego siebie.

W sposób słabiej osadzony empirycznie, ale teoretycznie inspirujący fizyczną strukturę ciała uwzględniają prace Lakoffa i Johnsona (1988) i Frencha (1995). Autorzy ci postulują to, co Shapiro przedstawił jako konceptualizacyjną rolę ciała – mianowicie że fizyczna struktura ciała, postawa ciała, rozmieszczenie receptorów i efektorów ma silny i całościowy wpływ na to, jak konceptualizujemy i rozumiemy świat.

Celem powyższych uwag, nie jest stwierdzenie, że rola doświadczenia ciała czy reprezentacji ciała *per se* jest nieistotna z perspektywy ucieleśnienia. Skoro jednak to określona fizyczna maszyna jest tym, co doświadcza, co – realizując określone zadania (np. kontroli) – reprezentuje niektóre aspekty siebie i własnych działań, to nieuwzględnienie własności tej maszyny uniemożliwia nam zrozumienie ucieleśnienia poznania. Choć doświadczenie prezentuje nam nas jako cielesne podmioty poznawcze, to jednak ucieleśnienie poznania nie musi być doświadczeniowo ewidentne, tzn. fakt, że jakiś proces mentalny prezentuje się w świadomym doświadczeniu jako zupełnie *odcieleśniony* – całkowicie niezależny od naszego cielesnego funkcjonowania – nie może być wystarczającym świadectwem faktycznego *odcieleśnienia* tego procesu [P]. Proces doświadczany jako całkowicie

odcieleśniony może być silnie ucieleśniony (w przypadku uwagi – Ballard ze współpracownikami (2013) a konceptualizacji – French (1995)).

Z podjętych rozważań wykluczamy nie tylko doświadczenie i reprezentacje ciała, ale także często uwzględniane w koncepcjach ucieleśnienia elementy pozacielesne (np. laptopy, zeszyty itd.). Oczywiście zasadne wydaje się twierdzenie, że indywidualizowanie systemu poznawczego wymaga wyróżnienia wszystkich elementów, które są niezbędne do tego, by taki a taki proces poznawczy mógł zostać zrealizowany (Clark, Chalmers 2008). W tych analizach często okazuje się, że system poznawczy nie tyle wykracza poza centralny układ nerwowy, ale i poza fizyczne ciało poznającego (Jacob 2012, Shapiro 2011, 2004, Wilson, Golonka 2013, Clark, Chalmers 2008). Jednak jeżeli naszym celem jest zrozumienie ucieleśnienia poznania, powinniśmy ograniczyć się wyłącznie do cielesnych zasobów wykorzystywanych do realizowania określonego zadania poznawczego.

## **2. Kognitywistyka w poszukiwaniu ucieleśnienia**

Zacniemy od wskazania kilku aktualnych badań kognitywistycznych w celu odnalezienia interesujących świadectw ucieleśnienia poznania. Takich badań jest wiele, a omówienie wszystkich wymagałoby nie artykułu, a serii publikacji książkowych. Wskazuje się na to, że ciało gra ważną rolę w percepcji, w poznaniu społecznym, afekcie, wyobraźni, pamięci, języku i wielu innych (aktualne omówienie tych badań znajdziemy w: Wilson, Foglia 2012, Shapiro 2011).

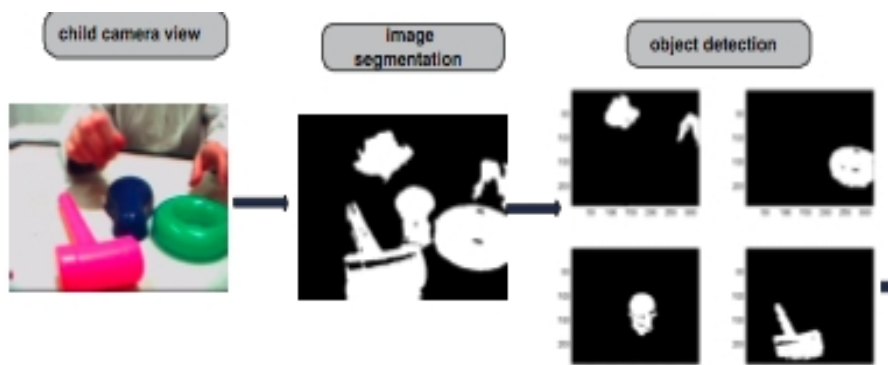
### **2.1 Uczenie się słów – ograniczanie i regulowanie**

Yu i Smith (2012) analizowali przebieg uczenia się słów przez bardzo młode dzieci (18-miesięczne), koncentrując się na problemie niezdeterminowania odniesienia w trakcie uczenia się nazw przedmiotów. Wykorzystując dokładną analizę pola wzrokowego uczącego się dziecka, jego zachowania oraz zachowania i mowy uczącego je rodzica, badacze wykazali, że problem niezdeterminowania odniesienia jest tu rozwiązywany sensomotorycznie.

Jak pokazują badacze, u 18-miesięcznych dzieci (w odróżnieniu od dorosłych, jednak patrz: Reed i inni 2006) wzrokowa uwaga jest ściśle powiązana z całym ciałem, jest ucieleśniona. Punkt patrzenia rzadko odbiega od kierunku ułożenia głowy. Tak więc obserwacja zachowania może wiele powiedzieć o uczeniu się, w którym ważną rolę powinna pełnić uwaga.

Yu i Smith (2012) badali to, co widzi, a dokładniej – co może widzieć dziecko i jaki ma to wpływ na sposób, w jaki uczy się ono wyrazów. W badaniu autorzy koncentrowali się na perspektywie pierwszoosobowej, z której dziecko obserwuje nazywane przedmioty. Badacze wskazują na to, że uwzględnienie perspektywy pierwszoosobowej jest ważne dlatego, że po pierwsze jest ona ściśle związana z działaniem, w tym – z działaniem na nazywany przedmiot. Po drugie – dopiero dzięki

uwzględnieniu tej perspektywy umożliwia można dostrzec, jak znaczące zmiany w scenie widzianej przez dziecko powoduje pojawianie się nazywanych przedmiotów (rys. 1).



Rys.1 Obraz widziany z kamery zamontowanej na głowie dziecka (za: Smith i inni 2007).

Zmiany w widzianej scenie są tak znaczące, że mogą stanowić ważny sensomotoryczny (choć zewnętrzny) kontekst redukujący złożoności widzianej sceny i umożliwiający łatwe wyróżnienie przez dziecko tego obiektu, którego nazwa została właśnie wymówiona przez opiekuna.

Yu i Smith (2012) wykazali związek między tymi zmianami w scenie widzianej przez dziecko, interakcją dziecka z nazywanym przedmiotem a słyszanych przez dziecko w trakcie tej zabawy nazwami przedmiotu (w trakcie zachęcania dziecka do zaangażowania się w zabawę). Znaczące jest współwystępowanie jednocześnie zaangażowania w zabawę, wypowiedziania nazwy oraz zdominowania widzianej sceny przez nazywany obiekt.

Problem niezdeterminowania odniesienia w procesie uczenia się wyrazów można rozwiązać dzięki odwołaniu się do ograniczeń, jakie nakłada fizyczne ciało i jego działanie na nazywany obiekt. Działanie zarówno ograniczające (widzianą scenę), jak i regulujące (interakcję z obiektem i opiekunem).

Badacze zauważają, że choć takie badania znacznie upraszczają rzeczywistą sytuację – ponieważ (1) dziecko widzi mało przedmiotów, a (2) scena widziana z kamery jest mniejsza niż faktyczne pole wzrokowe dziecka – to jednak sugerują, że w toku badań powinniśmy uwzględnić pierwszoosobową perspektywę badanego dziecka, perspektywę ograniczaną przez fizyczne ciało.

## 2.2 Moduły ucieleśnienia: ograniczanie i regulowanie

Ballard wraz ze współpracownikami (2013) przedstawił – modelując – ucieleśnioną architekturę poznawczą (kontynuując wcześniejsze prace (Ballard i inni, 1997)). Propozycja ta opiera się na specyficznej – ale zbieżnej z proponowaną w tym artykule – koncepcji ucieleśnienia, w której jest ono czasowo (0.3 sek) określonym poziomem przetwarzania informacji, odpowiadającym naszym

fizycznym interakcjom z otoczeniem. Tak więc ciało fizyczne gra tu ważną rolę ograniczającą.

Ballard i inni (2013) proponują, by na określonym tu poziomie – ucieleśnienia – przetwarzanie informacji (poznanie i kontrolę) opisać jako realizowane przez system hierarchiczny i modułarny. W systemie tym moduły są częściowo (lub całkowicie) niezależne (wbrew niektórym teoretykom ucieleśnienia możliwa jest dekompozycja cielesnego systemu poznawczego), ale wzajemnie się modyfikują. Ballard i współpracownicy (2013) uznali, że dla potrzeb ekonomii działania moduły te mogą wykorzystywać uczenie się ze wzmocnieniem. W kontekście takiej architektury badacze ci opisują uwagę i pamięć.

**Uwaga.** Po pierwsze badacze ci zaobserwowali, że uwaga wzrokowa funkcjonuje inaczej w zadaniach tropicznych (np. podnoszenie przedmiotów) i antytropicznych (np. omijanie przeszkód). System, który jako cielesny ma ograniczone możliwości rozwiązywania zadań, przed którymi staje, wypracowuje więc specyficzne sposoby efektywnego radzenia sobie z tymi zadaniami. Uwaga jest tu więc ściśle wiązana z realizowanym zadaniem. Po drugie – uwaga ma trzy główne zadania: (1) wykonawcze, (2) ostrzegające i (3) ukierunkowujące. Autorzy szczególnie akcentują to, że ulokowanie spojrzenia (zadanie nr 3) – poza standardowymi zadaniami uwagi – gra ważną rolę redukcji niepewności informacji w trakcie szacowania/ważenia nagrody (co jest ważne, jeżeli moduły wykorzystują uczenie ze wzmocnieniem).

**Pamięć.** System, który – wykonując zadanie – koncentruje na rozwiązywanym problemie, musi nieustannie śledzić rozwój tego procesu. Głównym zadaniem pamięci jest więc tutaj utrzymywanie wątków, czyli ciągłości realizowanych zadań. W zgodzie z badaniami empirycznymi nad pamięcią autorzy ci postulują sugerują, że system prawdopodobnie może realizować maksymalnie cztery zadania.

Choć Ballard i inni (1997, 2013) nie koncentrują się na zbyt wyrafinowanych zadaniach poznawczych (np. na kontroli w trakcie jazdy samochodem (Ballard i inni 2013)), to jednak proponowane przez nich rozwiązania – jak sami zauważają – dają szansę rozszerzenia na inne, bardziej złożone zadania poznawcze. Szczególnie dzięki proponowanej tu modularnej architekturze cielesnego systemu poznawczego.

### **2.3 Reprezentacje ciała a ciało fizyczne – ograniczanie**

Mentalne reprezentacje ciała nie mogą stanowić podstawy wyjaśnienia ucieleśnienia poznania, nawet gdyby treścią tych reprezentacji było ciało fizyczne. Jak dziwnie by to nie zabrzmiało, reprezentacje ciała też mogą być ucieleśnione i muszą być ucieleśnione, jeżeli mają grać ważną rolę w ucieleśnieniu poznania. Dokładne omówienie relacji pomiędzy fizycznym ciałem a reprezentacjami ciała wymagałoby osobnej pracy. Tu przywołamy badania, które wykazują związek pomiędzy fizycznym ciałem a tzw.

strukturalną reprezentacją ciała (Buxbaum, Coslett 2001).

Corradi-Dell'Acqua i Tessari (2010) badali stronną zgodność kończyn, kiedy są prezentowane jako dołączone/niedołączone do ciała, oraz gdy są prezentowane w możliwych i niemożliwych anatomicznie pozycjach. Stronność uznano tu za aspekt strukturalnej, wzrokowej reprezentacji. Badacze wykazali, że wzrokowe informacje na temat ludzkiego ciała i jego struktury są odmiennie przetwarzane przez osoby zdrowe, a inaczej przez osoby z fizycznymi zmianami w budowie ciała. Okazało się, że przetwarzanie informacji o strukturze ciała jest zaburzone u osób z odmienną budową ciała (z tzw. amelią), nie jest natomiast zaburzone u osób z dysfunkcjami sensomotorycznymi (np. apraksjami).

Jak widać, fizyczne ciało nakłada ograniczenia nawet na tak abstrakcyjne elementy poznania jak strukturalne reprezentacje ciała i nie jest to ograniczenie wynikające wyłącznie z tego, że reprezentowane jest fizyczne ciało.

#### **2.4 Budowa ciała i przetwarzanie informacji – rozdzielanie**

W robotyce zaproponowano, by niektóre problemy z kontrolą rozwiązywać przez odwołanie się nie do architektury układu kontrolującego, ale do budowy układu kontrolowanego – do ciała robota. Rozpoczęto badania nad tzw. obliczeniami morfologicznymi. Wyróżniono dwa aspekty tych obliczeń:

(1) upraszczanie złożoności obliczeniowej centralnej kontroli działania przez eksploatawanie mechanicznych i materiałowych własności systemu (Pfeifer i Bongard 2006):

(a) wykorzystanie pasywnej dynamiki w ruchu maszyn kroczących, tak by przemieszczały się jedynie dzięki odpowiedniej budowie (rozmieszczeniu stawów, sprężyn i ciężarów);

(b) wykorzystywanie własności materiałów, z których zrobiony jest robot, w celu redukcji precyzyjności kontroli koniecznej do wykonywania zadań nielokomocyjnych, takich jak np. chwytanie;

(2) realizowanie prostych obliczeń (funkcji logicznych) dzięki określonej budowie systemu (Paul 2006).

Hauser ze współpracownikami (2011) wskazał dodatkowo, że złożoność centralnej kontroli zachowania może być redukowana, nie przez upraszczanie, ale przez zwiększanie złożoności kontrolowanego ciała. Ciało bardziej złożone dostarcza więcej informacji o własnych stanach, a wzajemne uzupełnianie czy ograniczanie się tych informacji pozwala na wspomnianą redukcję złożoności.

Tu ciało *explicite* realizuje zadania, które wcześniej uważano za zadanie centralnego układu kontrolnego.

## 2.5 Propozycja neuroetologiczna – rozdzielenie

MacIver (2009) przedstawił inspirowane obliczeniami morfologicznymi neuroetologiczne wyniki wskazujące na związek pomiędzy fizyczną budową ciała (rodzajem, rozmieszczeniem i budową zmysłów) a przetwarzaniem informacji zmysłowej przez system nerwowy.

Rozmieszczenie receptorów (np. ludzkich oczu), ich fizyczny kształt, (np. uszy nietoperzy, oczy niektórych owadów)<sup>7</sup>, determinuje to, jakie informacje (np. częstotliwość dźwięku) są dostępne dla określonego zwierzęcia. Nie mniej ważne są różnice pomiędzy receptorami, ze szczególnym uwzględnieniem ich dystalnego (wzrok, słuch, elektrocepcja) i proksymalnego (dotyk, smak) charakteru oraz ukierunkowania (jak w wypadku wzroku) czy braku ukierunkowania (jak w wypadku elektrocepcji, patrz: Snyder i inni 2007).

Ważne jest również rozmieszczenie, rodzaj i funkcja efektorów, które silnie determinuje interakcje z otoczeniem (np. strategie lokomocyjne ducha brazylijskiego, Curren i inni 2011).

Lungarella i Sporns (2006) zauważyli, że w trakcie działania systemu o określone rozmieszczenie zmysłów i efektorów kształtuje statystyczną regularność informacji dostępnej dla systemu.

Tak więc także w wypadku organizmów żywych kształt, rozmiar czy własności materiałowe ciała uczestniczą w przetwarzaniu informacji przez system. Stanowią konstytutywne części tego systemu.

## 2.6 Predykcje dużych ciał. Ograniczanie i ucieleśnione strategie poznania

Jako ostatnie wskażmy pewne – naszym zdaniem istotne – koncepcje przetwarzania informacji przez system. Hooper (2012) przedstawił wyniki badania nad związkiem pomiędzy rozmiarem (i złożonością) ciała, prędkością jaką to ciało może rozwinąć w trakcie przemieszczania się a procesami niezbędnymi do kontroli tego procesu.

Zwierzę, które porusza się na tyle szybko, że zatrzymanie jego ruchu nie może polegać wyłącznie na wstrzymaniu poleceń ruchowych (jak to ma miejsce u niektórych owadów<sup>8</sup>), wymaga takich wewnętrznych strategii rozwiązywania tego problemu, które nie będą się odwoływały do korygowania ruchu zgodnie z napływającymi informacjami zwrotnymi. Zdaniem Hooper'a, dzięki zmysłom dystalnym (np. wzrokowi) zwierzę może łatwo przewidywać (dokonywać antycypacji) konsekwencji aktualnych działań i koordynować je w zgodzie z tymi przewidywaniami.

Jeżeli intuicje Hoopera (2012) są poprawne, to fizyczne – a więc biomechaniczne i morfologiczne – własności ciała mogą stanowić przyczynę powstania w systemie mechanizmów

<sup>7</sup> Interesująco i *explicite* w kontekście związków ucieleśnienia i ewolucji zagadnienie to omawia Anderson (1997).

<sup>8</sup> Jest to dość karykaturalny obraz sytuacji. Wyjaśnienie złożoności sterowania ruchem u żywych organizmów zdecydowanie wykracza poza kategorię wielkości ciała i prędkości.



obliczeniowych, które umożliwiają takie predykcyjne kontrolowanie ciała (np. emulacyjnych (Grush 2004), predykcyjnych (Clark 2013) czy bayesowskich (Chater, Oaksford 2008))<sup>9</sup>, a następnie stanowiły podstawę dla pojawiania się w systemie zdolności do rozwiązywania zadań bardziej wyrafinowanych poznawczo (Grush 2004).

W punktach 2.1-6 wskazaliśmy tylko kilka badań potwierdzających, eksperymentalnie czy też modelująco, rolę ciała w poznaniu. Pominęliśmy niezmiernie ważne badania nad neuronami lustrzanymi i rolę ciała w poznaniu społecznym, nad rolą układu ruchowego w wyobraźni, rolą emocji w podejmowaniu decyzji, układu ruchowego (i afordancji) w rozumieniu języka, związków pomiędzy działaniem a postrzeganiem, rolą gestów. Jednak, jak sądzimy, wskazaliśmy role ograniczające, regulujące i konstytutywne ciała w poznaniu (Shapiro 2004, 2011, Wilson, Foglia 2012, 2013).

W części 2.6 wyszliśmy poza badania nad ucieleśnieniem i wskazaliśmy możliwe rozwinięcie tych badań, wskazujące kierunek, w którym może podążać teoria ujmująca rolę ciała w poznaniu. Proponowane tu rozwinięcie jest naszym zdaniem szczególnie spójne z propozycjami Kiversteina (2012), Clarka (2013) i Grusha (2004).

### 3. Dokładniej o ucieleśnieniu 2.0 część I

Jaką odpowiedź na tytułowe pytanie są w stanie nam zaoferować opisane powyżej badania? Według eksplanacyjnej koncepcji ucieleśnienia, zgodnej z propozycją Wilsona i Fogli (2012), nie jesteśmy w stanie należycie wyjaśnić wielu aspektów poznania bez uwzględnienia roli fizycznego ciała<sup>10</sup>.

Koncentrowanie się na roli reprezentacji ciała czy doświadczeniu ciała nie może stanowić naszego przewodnika w poszukiwaniu koncepcji ucieleśnionego poznania, skoro nawet strukturalne reprezentacje ciała są zależne od ciała fizycznego. Dobrych przewodników możemy natomiast poszukać w przywołanych powyżej badaniach. Jeżeli cielesność systemu poznawczego jako systemu obliczeniowego ma być dla nas kluczowa, to powinniśmy się skoncentrować na opisanu tego, jak ten cielesny system realizuje/ucieleśnia poznanie. Ważne będzie uwzględnienie tego,

(a) jakimi informacjami dysponuje (i jakim źródłem informacji); (Yu i Smith, 2012, Maclver 2009),

(b) jaką ilością informacji dysponuje; (Ballard i inni 1997, 2013) i

(c) w jaki sposób przetwarza informacje (Clark, 2013, Grush 2004)

cielesny system poznawczy. Wymienione aspekty zależą od fizycznych własności naszych ciał.

<sup>9</sup> Niektóre z tych propozycji, szczególnie koncepcja emulacyjna (Grush 2004), były krytykowane z perspektywy ucieleśnienia (Alsmith, de Vignemont 2012). Jednak krytyka ta zdaje się mylić kierunek w kontekście ucieleśnionego poznania. Problem nie leży w tym, dlaczego ciało potrzebne jest systemowi poznawczemu, ale w tym, jak takie a takie ciało może rozwiązywać takie a takie problemy poznawcze.

<sup>10</sup> Można zaryzykować tezę, że ucieleśnienie stanowi najlepsze wyjaśnienie dla opisanych procesów poznawczych.

Bezpośrednio – odnośnie od tego, jakimi informacjami i z jakiego źródła dysponuje system, w tym także jaką ilością informacji dysponuje system. Pośrednio – determinując (centralny) mechanizm przetwarzania. Wskazują na to, jak sadzimy, badania wymienione w punktach 2.1-6.

Jednym z centralnych punktów (inspirowanych pracami Newella) koncepcji rozwijanej przez Ballarda i współpracowników (1997) jest uznanie, że ucieleśnienie stanowi wyróżniony poziom przetwarzania informacji, odpowiadający naszym fizycznym interakcjom z otoczeniem (ok. 0.3 sek). Ballard (1997) dla wyróżnienia ucieleśnienia stosuje kryterium czasowe. Nie jest to zapewne kryterium jedyne, ale wystarczy ono dla celów niniejszego artykułu. Badania te, tak jak i wyniki Hoopera (2012), mogą wskazywać na źródła tzw. *wąskiego gardła* informacyjnego dla ucieleśnionego poznania, wielokrotnie wskazywanego w badaniach nad ucieleśnieniem (Clark 1997) a charakteryzującego system realizujący zadania poznawcze pod presją czasu (van Gelder 1995, Wilson 2002, jeden z modeli ucieleśnienia). W tej sytuacji system dysponuje co najmniej trzema możliwościami, ponieważ może:

- (a) realizować tylko proste zadania poznawcze;
- (b) wykorzystywać zewnętrzne zasoby do realizacji zadań poznawczych;
- (c) wypracować takie wewnętrzne strategie obliczeniowe, które będą „radziły sobie” ze wspomnianym *wąskim gardłem*.

Sądzymy, że ludzie realizują zadania poznawcze, wykorzystując dwie strategie, b i c. Tu jednak skoncentrujemy się na krótkim opisie strategii c. Poprzedzimy go uwzględnieniem tego, jakie informacje może posiadać system.

Z jednej strony tak złożony system jak ludzki organizm, funkcjonując w świecie, musi sobie radzić zarówno z szumem w nadpływających informacjach (i związaną z tym niepewnością informacji), jak i z ilością tych informacji (Faisal i inni 2008). Z drugiej strony jest tak, że dysponując ciałem o określonej budowie i określonych wzorcach zachowań system może eksploatować pewne wzorce zachowań, i dzięki nim odkrywać pewne – najczęściej statystycznie interpretowane (Lungarella, Sporns 2006) – regularności w dostępnych mu informacjach. Pojawia się tu charakterystyczny sznyt (*bias*) naszego poznania, który jest efektem budowy i funkcjonowania ludzkiego ciała. Procesy obliczeniowe, jakimi dysponujemy w toku poznawczego radzenia sobie z otoczeniem, zdeterminowane są fizycznymi własnościami ciała. Tu ważne były badania omówione w punktach 2.1-5.

Badania, o których mowa w punkcie 2.6, kierują naszą uwagę ku (centralnym) sposobom przetwarzania informacji przez system. Kiedy rozważamy system poznawczy jako system obliczeniowy, musimy, uwzględniać własności tego systemu, żeby rozstrzygnąć jaki proces obliczeniowy jest realizowalny przez ten system (van Rooij 2008). Następnie, kiedy rozważmy neuronalny system jako system obliczeniowy, wyjaśnienie wymaga odwołania się do konkretnych rodzajów obliczeń, a nie

wyłącznie teorii obliczeń *per se* (Piccinini, Bahar 2012). Następnie, jeżeli ma to być system neuronalny rozważany w kontekście ucieleśnienia, to musimy mieć do czynienia z takim rodzajem obliczeń, które mogą być realizowane zarówno przez neuronalne, jak i nieneuronalne elementy systemu (Wilson, Foglia 2011). Rodzi się tu pytanie o taki rodzaj procesów obliczeniowych, które są w stanie spełnić omawiane tu warunki.

#### 4. Dokładniej o ucieleśnieniu 2.0 część 2

Chcielibyśmy tutaj zaproponować *cielesnie determinowane kodowanie i przetwarzanie informacji*. Centralnym punktem proponowanego rozwiązania jest wskazanie określonego sposobu przetwarzania, zdeterminowanego przez to, że mamy takie a takie ciała. Clark (1999), opisując ucieleśnione poznanie, pisze o rozmaitych *trikach i sztuczkach, które wykorzystują cielesne działanie i środowisko* (ożywione widzenie, Ballard) czy o „*dopasowaniu*” *pomiędzy fizyczną strukturą sprawcy, zdolnościami i umiejętnościami a związanymi z działaniem własnościami samego środowiska* (psychologia ekologiczna, Gibson) (Clark 1999, 346). Ucieleśnienie można powiązać z ideami procesów leniwych (Haselager i inni 2008), sprytnych (Wilson, Golonka 2013), doraźnych tricków i sztuczek (Dennett, 1997), czy też łagodnych ograniczeń (Kiverstein 2012). Te strategie są ważne, ale nie są wystarczające.

Podobnie jak Wilson i Golonka (2013), przyjmujemy w niniejszej pracy, że wpływ ciała na proces poznawczy jest całościowy i nie polega na jakimś głównie wybiórczym modyfikowaniu np. postrzegania jakiegoś aspektu widzianej sceny. Ale w odróżnieniu od tych autorów sądzymy, że ucieleśnienie poznania jest ściśle powiązane z centralną architekturą systemu poznawczego. Aby cielesny system poznawczy był w stanie realizować tak wyrafinowane procesy poznawcze jak te realizowane przez ludzkie systemy poznawcze, musi dysponować mechanizmami, które będą kompensowały jego ograniczenia.

Wbrew dotychczasowym propozycjom sądzymy, że **niezbędny jest duży wpływ procesów odgórnych**. Aktualnie jedną z takich propozycji jest koncepcja predykcijna (Rao i Ballard 2001, Friston 2011, Clark 2013), zgodnie z którą poznanie jest realizowane przez hierarchiczny system, którego funkcjonowanie opiera się na ciągłych predykcjach. Nie przedstawimy tutaj dokładnej charakterystyki tego modelu poznania, jednak wyczerpującą charakterystykę zawierają prace Clarka (2012, 2013). Przyjrzyjmy się natomiast podstawowym własnościom tego modelu.

System predykcijny jest systemem hierarchicznym, w którym kolejne poziomy połączone są licznymi szlakami, zarówno wstępującymi, jak i zstępującymi. Dokonuje on nieustannych predykcji, przy czym poziom wyższy dokonuje predykcji stanu poziomu niższego – aż do stanów otoczenia i ciała. Głównym zadaniem systemu jest minimalizacja błędów predykcji (różnicy pomiędzy stanem aktualnym

a przewidywanym). Jest to oczywiście minimalizacja w świecie o określonych warunkach<sup>11</sup>. Nie ma jednego modelu predykcyjnego. W jednej wersji (Friston 2011) funkcjonowanie systemu powiązane jest ze statystyką świata, w którym system funkcjonuje<sup>12</sup>; to ona stanowi wiedzę uprzednią, a system jedynie predykcyjnie przetwarza informacje, minimalizując błędne predykcje. W innej wersji ważną rolę odgrywa wiedza, jaką dysponuje system – nieredukowalna do statystyki otoczenia. Kluczowe jest rozstrzygnięcie kwestii wiedzy uprzedniej, jaką dysponuje system<sup>13</sup> (patrz: Feldman 2013).

Wykorzystując tę koncepcję, wyjaśniano kodowanie informacji przez siatkówkę (Hosoya i inni, 2005), funkcjonowanie układu wzrokowego (Rao, Ballard 1999), działanie (Friston 2011). Clark (2012, 2013) rozwija filozoficzne/teoretyczne konsekwencje ujęcia predykcyjnego. Zgodnie z tym modelem system poznawczy unifikuje działanie, postrzeganie, wyobraźnię i inne kompetencje (Clark 2012), skoro całość poznania jest realizowana przez minimalizację błędnych predykcji. Najogólniej: postrzeganie polega na dokonywaniu predykcji (ta sama informacja, inna hipoteza), a działanie – na dostarczaniu nowych informacji (inne informacje, ta sama hipoteza).

Choć ujęcie predykcyjne jest jeszcze rozwijane, to wydaje się, że stanowi ono aktualnie najbardziej obiecującą drogę do satysfakcjonującego rozwijania koncepcji ucieleśnionego poznania (patrz: Kiverstein 2012).

## 5. Krytyka ucieleśnienia v2.0

Krytyka prezentowanej tu koncepcji może płynąć z kilku źródeł. Po pierwsze: samo wiązanie ujęć obliczeniowych z ujęciem ucieleśnionym nie jest powszechnie akceptowane. Tego zarzutu nie będziemy tu jednak odpiarać. Głównie dlatego, że w literaturze nie ma prac, które by czyniły zadość stawianym w tej pracy wymaganiom względem ujęć ucieleśnionych i były jednocześnie ucieleśnione, ale nie obliczeniowe. Rozważmy natomiast – bardzo skrótowo – inne zarzuty.

### 5.1 Ucieleśniony Piętaszek

Jednym z zarzutów (szczególnie obecnym w pracach Shauna Gallagera 2006) jest zarzut stawiany koncepcjom, które akcentując rolę ciała w poznaniu, pomijają społeczno-kulturowy kontekst poznania, przez co tworzą nierealistyczny i nieprawdziwy obraz „poznawczego Piętaszka”. Coraz więcej prac pokazuje, że poznanie jest silnie zależne od kontekstu społecznego (Kovces i inni, 2011), poza tym

---

11 Często pojawia się tu *problem ciemnego pokoju*, czyli tego czemu system dążący do minimalizacji błędnych nie zaszyje się w ciemnym pokoju, w którym będzie mógł doskonale przewidywać. Jak argumentują badacze (Friston i inni 2012), taka sytuacja – przebywania w ciemnym pomieszczeniu jest trudniejsza, bo bardziej niespodziewana od określonej i znajomej dynamiki świata.

12 Friston (Friston, Stephan 2007) opisuje taki system w terminach energii swobodnej, jako dążący do redukcji tej energii.

13 W ujęciu probabilistycznym – pierwotnego rozkładu prawdopodobieństwa.

wskazuje się na silny wpływ kultury na wiele z procesów poznawczych (Reynolds Losin i inni, 2010), na to, że kultura przearanżowuje umysł (Wilson 2010).

Nie da się zaprzeczyć roli społeczno-kulturowego kontekstu w poznaniu. Jednak nie wydaje się zasadne domaganie się od koncepcji ucieleśnionych nadmiernego uwzględniania tych kwestii, ponieważ ich głównym zadaniem jest zrozumienie roli fizycznego ciała w poznaniu.

## 5.2 *Umysł chłodny i gorący*<sup>14</sup>

Stapleton (2012) krytykuje koncepcję zbliżoną do prezentowanej w tym artykule za brak odniesienia do procesów emocjonalnych jako kluczowych dla ucieleśnienia poznania. Wskazuje na to, że wiele procesów poznawczych okazuje się zrozumiałymi dopiero, gdy się je konceptualizuje w kontekście stanów afektywnych, w jakich znajduje się system (Damasio 2000, Craig 2010, Crithley, Harrison 2013). Dlatego poza dotychczas omawianym w tym artykule tzw. „chłodnym ucieleśnieniem” czynienia należy także wyróżnić „gorące ucieleśnienie”, czyli ucieleśnienie związane z afektem i motywacją (Alsmith, de Vignemont 2012, Cussins 2012). Czasami zagadnienie opisywane jest w kontekście podziału reprezentacji ciała na zimne i gorące (de Vignemont 2012). Zagadnienie to jest bardziej złożone niż się wstępnie wydaje.

Seth ze współpracownikami (2011) zaprezentowali model, w którym wykorzystywano mechanizmy predykcyjne (wskazywane tu jako centralne dla ucieleśnionej koncepcji poznania) do wyjaśnienia interoceptywno-afektywnej świadomości ciała. Grush (2004) proponuje, by opisywać mechanizm *as-if loop*, któremu Damasio (2000) przypisywał centralną rolę w regulacji afektu, jako formę zdegradowanego emulatora, czyli mechanizmu kontrolno-predykcyjnego. To podtrzymuje aktualność pytania o rolę afektu w poznaniu i związek pomiędzy nim a kodowaniem informacji przez system, związek wynikający z badań Setha i współpracowników (2011).

## 5.3 *Realizacja predykcyjnego ucieleśnienia*

Zasadna krytyka proponowanych tu rozwiązań powinna się koncentrować nie na wypominaniu braku społecznych czy afektywnych kontekstów poznania, ale na wykazaniu, że brak uwzględnienia tych kontekstów powoduje, że nie jesteśmy w stanie należycie zrozumieć wpływu fizycznego ciała na to, jak procesy obliczeniowe są wykorzystywane przez organizm w procesach poznawczych.

Najpoważniejsze zarzuty, jaki można wysunąć prezentowanej tu koncepcji, są następujące:

(a) *nic nie wskazuje na to, że można połączyć ze sobą ograniczającą, regulującą i rozdzielającą rolę ciała w poznaniu z koncepcją kodowania predykcyjnego.* Sądzymy, że jest to raczej problem techniczny, a nie pojęciowy. Związek między tymi dwoma aspektami proponowanego tu rozwiązania zdaje się

---

<sup>14</sup> Czasami wspomina się również o „chłodnych” i „gorących” reprezentacjach ciała (Alsmith, de Vignemont 2012). Chodzi tu o reprezentacje „chłodne”, przestrzenno-poznawcze oraz reprezentacje emocjonalno-motywacyjne.

wynikać z rozważenia tego, jak swoje zadania poznawcze może realizować system rozwiązujący ludzkie zadania poznawcze dysponujący ludzkim ciałem.

(b) *kodowanie predykcyjne nie jest koncepcją, która by oferowała rozwiązanie problemu realizowalności poznania takiego jak ludzkie poznanie pod presją czasu (w czasie rzeczywistym)*. Ten zarzut wydaje się dużo poważniejszy. Wydaje się, że nie ma aktualnie pełnego rozwiązania tej kwestii. Jednak nie ma również lepszego kandydata do rozwiązania owej kwestii niż koncepcje predykcyjne.

## 6. Podsumowanie

Celem artykułu było naszkicowanie możliwej koncepcji poznania jako ucieleśnionego. Akcentowaliśmy kluczową rolę fizycznego ciała w poznaniu i związek pomiędzy tym ciałem a koncepcjami predykcyjnymi. Na zakończenie wróćmy do uwag z początku tej pracy.

W cytacie rozpoczynającym niniejszy artykuł Fodor przedstawia dość powszechną intuicję: poznanie jest ucieleśnione, ale z tego nic nie wynika dla naszego rozumienia poznania. Inaczej mówiąc: to, że poznanie jest ucieleśnione, nie ma wpływu na to, jak powinniśmy je wyjaśniać. Z przedstawionej w tej pracy EU wynika, że jeżeli ucieleśnienie nie wpływa na wyjaśnianie poznania, to nie mamy do czynienia z ucieleśnieniem, nie mamy uprawnień, by głosić tezę o ucieleśnieniu. Mamy jednak nadzieję, że niniejsza praca pokazuje, jak silny (regulujący, ograniczający, rozdzielający) wpływ ma ciało na poznanie.

Skoro ciało jest tu ważne eksplanacyjnie, problematycznym staje się trójpodział Shapiro (2011). Ciało jest ważne dla konceptualizacji, jednak jego rola nie ogranicza się do kształtowania konceptualizowania. Prezentowana tu koncepcja nie jest również jedynie prostym rozszerzeniem klasycznych, kognitywistycznych koncepcji poznania, choć nie odrzuca ich w całości. Na koniec, choć uważamy, że koncepcja ciała umożliwia wyjaśnienie wiele procesów poznawczych, to nie zawsze w tych wyjaśnieniach ciało konstytuuje proces poznawczy.

Praca ta stanowi jedynie wstęp, który wymaga rozwinięcia:

- (a) szczegółowego opisanie relacji pomiędzy fizycznym ciałem a kodowaniem predykcyjnym;
- (b) opisanie w zgodzie z (a) bardziej wyrafinowanych funkcji poznawczych;
- (c) wyjaśnienia relacji między ciałem fizycznym, kodowaniem predykcyjnym i poszczególnymi reprezentacjami, jak i doświadczeniem ciała;
- (d) opisanie związku pomiędzy kodowaniem predykcyjnym a wykorzystywaniem zewnętrznych zasobów do realizacji zadań poznawczych.

Literatura:

- Alsmith A. (2012)**, Pojęcie afordancji strukturalnej, *Avant* 2(3): 305-319;
- Alsmith, A. de Vignemont, F. (2012)** Embodying the mind and representing the body. Review of Philosophy and Psychology, Special issue, 2012, 3 (1).
- Anderson, M.L. (2007)**, How to study the mind: An introduction to embodied cognition, w F. Santoianni and C. Sabatano, eds. *Brain Development in Learning Environments: Embodied and Perceptual Advancements* , Cambridge Scholars Press, pages 65-82,
- Ballard, D., Hayhoe, M., Pook, P., & Rao, R. (1997)**. Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 723-767.
- Ballard, D. H., Kit, D., Rothkopf C. A., Sullivan B. (2013)** 'A hierarchical modular architecture for embodied cognition, *Multisensory Research*; 26, 177–204;
- Buxbaum, L. J., Coslett, H. B. (2001)**. Specialised structural descriptions for human body parts: Evidence from autotopagnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 18, 289–306.
- Chiel H.J., Ting L.H., Ekeberg Ö., Hartmann M.J.Z. (2009)**, The Brain in Its Body: Motor Control and Sensing in a Biomechanical Context, *The Journal of Neuroscience*, 29(41):12807-12814;
- Clark, A. (1997)** *Being There: Putting Brain, Body and World Together Again*, MIT Press, Bradford Books
- Clark, A. (1999)** An embodied cognitive science? *Trends in Cognitive Science* 3(6);
- Clark A. (2012)**, Dreaming the Whole Cat: Generative Models, Predictive Processing, and Enactivist Conception of Perceptual Experience, *Mind*, 121(483): 753-771
- Clark, A. (2013)**, Whatever Next? Predictive Brains, Situated Agents, and the Future of Cognitive Science, *Behavioral and Brain Sciences*, w druku
- Clark A., Chalmers D.J. (2008)**, *Umysł rozszerzony*, [w:] *Analityczna metafizyka umysłu*. Najnowsze kontrowersje, red. M. Miłkowski, R. Poczobut, IFiS PAN, Warszawa, ss. 342-357.
- Corrado Corradi-Dell'Acqua, Alessia Tessari (2010)** Is the body in the eye of the beholder?: Visual processing of bodies in individuals with anomalous anatomical sensory and motor features *Neuropsychologia*, Volume 48, Issue 3, Pages 689–702;
- Craig A. D. (Bud) (2010)**, The sentient self, *Brain Structure and Function*, Volume 214, Issue 5-6, pp 563-577
- Critchley HD Harrison NA (2013)**, Visceral influences on brain and behavior. *Neuron*, 77(4):624-38
- Curet, O. M., N. A. Patankar, G. V. Lauder, and M. A. MacIver (2011)** "Aquatic manoeuvring with counter-propagating waves: a novel locomotive strategy", *Journal of The Royal Society Interface*, vol. 8, no. 60: The Royal Society, pp. 1041–1050,
- Cussins A. (2012)** Environmental Representation of the Body, *Review of philosophy and psychology*, 3(1): 15-32

- Damasio AR. (2000)** „Tajemnica świadomości. Jak ciało i emocje współtworzą świadomość”, Rebis.
- Dennett D. (1997)** *Natura umysłów*, Warszawa Wyd. CiS,
- de Vignemont, F. (2012)** Jak wiele ciał można znaleźć w jednym umyśle... Wywiad, *Avant* 2/3
- Faisal AA, Selen LPJ & Wolpert DM (2008)** Noise in the nervous system *Nature Reviews Neuroscience* 9(4):292-303
- Feldman, J. (2013)**, Tuning Your Priors to the World. *Topics in Cognitive Science*, 5:13–34. doi:10.1111/tops.12003
- Foglia, L., Wilson, R. A. (2013)** Embodied Cognition, *WIREs Cognitive Science* doi: 10.1002/wcs.1226
- French, R. M., (1990). Subcognition and the Limits of the Turing Test. *Mind* 99(393) 53-65.
- Friston K. (2011)** Embodied Inference: or “I think therefore I am, if I am what I think” In: *The Implications of Embodiment (Cognition and Communication)* Eds. Wolfgang Tschacher and Claudia Bergomi Imprint Academic;
- Friston K, Stephan KE. (2007)** Free energy and the brain. *Synthese* 159:417–458
- Friston K, Thornton C and Clark A (2012)** Free-energy minimization and the dark-room problem. *Front. Psychology* 3:130. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00130
- Gallagher, S. 2005.** *How the Body Shapes the Mind*. Oxford: Oxford University Press
- Goldman A. (2012)** "A Moderate Approach to Embodied Cognitive Science," *Review of Philosophy and Psychology*, 3,
- Grush, Rick (2004).** The emulation theory of representation: motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences* 27:377-442.
- Haselager, W.F.G., van Dijk, J., & van Rooij, I. (2008).** A lazy brain? Embodied embedded cognition and cognitive neuroscience. In F. Calvo Garzon & A. Gomila (Eds.) *Handbook of Embodied Cognitive Science*. Oxford: Elsevier. (pp. 273-290).
- Helmut Hauser, Auke J. Ijspeert, Rudolf M. Fuchslin, Rolf Pfeifer, Wolfgang Maass (2011)**, Towards a theoretical foundation for morphological computation with compliant bodies, *Biological Cybernetics*, Volume 105, Issue 5-6, pp 355-370,
- Hooper S.L.(2012)** Body size and the neural control of movement, *Current Biology*, Vol. 22, Issue 9, pp. R318-R322,
- Hosoya, T., Baccus, S.A., and Meister, M. (2005) Dynamic predictive coding by the retina. *Nature* 436:7: 71-77
- Jacob, P. (2012)**, Embodying the Mind by Extending It, *Review of Philosophy and Psychology*, Volume 3, Issue 1, pp 33-51
- Kiverstein, J. (2012)**, The Meaning of Embodiment, *Topics in Cognitive Science*, 4: 740–758. doi: 10.1111/j.1756-8765.2012.01219.x



- Kovács, Á.M., Téglás, E., Endress, A.D. (2010).** The social sense: susceptibility to others' beliefs in human infants and adults. *Science*, 330(6012), 1830-1834.
- Lakoff G., Johnson M.(1988)** *Metafory w naszym życiu*, PIW Warszawa;
- Longo, M. R., & Haggard, P. (2011).** Weber's illusion and body shape: Anisotropy of tactile size perception on the hand. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 720-726.
- Longo, M. R., & Haggard, P. (2010).** An implicit body representation underlying human position sense. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 107, 11727-11732
- Lungarella M., Sporns O. (2006)** Mapping Information Flow in Sensorimotor Networks. *PLoS Computational Biology* 2(10);
- Maclver, M. A. (2009).** Neuroethology: From Morphological Computation to Planning. *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. P. Robbins and M. Aydede. New York, NY, Cambridge University Press: 480-504.
- Paul Ch. (2006)** Morphological computation A basis for the analysis of morphology and control requirements *Robotics and Autonomous Systems* 54 (2006) 619–630
- Pfeifer R., Bongard J. (2006),** *How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence* Bradford Books
- Piccinini, G. and Bahar, S. (2012),** Neural Computation and the Computational Theory of Cognition. *Cognitive Science*. Doi: 10.1111/cogs.12012
- Rao, R.P.N. and D.H. Ballard, (1999),** Predictive coding in the visual cortex: A functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects, *Nature Neuroscience* 2, 1, 79
- Reed, C.L., Grubb, J.D., Steele, C. (2006).** Grasping attention: the effects of hand proximity on visual covert orienting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 32, 166-177.
- Reynolds Losin E.A, Dapretto M. AndIacoboni M. (2010),** Culture and neuroscience: additive or synergistic?, *SCAN* (2010) 5, 148-158
- Van Rooij, I. (2008),** *The Tractable Cognition Thesis*. *Cognitive Science*, 32: 939–984. doi: 10.1080/03640210801897856
- Seth, Anil K, Suzuki, Keisuke and Critchley, Hugo D (2012)** An interoceptive predictive coding model of conscious presence. *Frontiers in Psychology*, 2. p. 395.
- Shapiro, L. (2004).** *The mind incarnate*. Cambridge: The MIT Press.
- Shapiro, L. (2011)** *Embodied Cognition* London and New York: Routledge,;
- Smith, L.B., Yu, C. & Pereira, A.F. (2007).** From the Outside-In: Embodied Attention in Toddlers. In *Proceedings of 9th European Conference of Artificial Life (ECAL2007)* (pp. 445-454).
- Stapleton, M. (2013)** Steps to a "Properly Embodied" cognitive science *Cognitive Systems Research*,

22–23, 1–11 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2012.05.001>

**Van Gelder, T. (1995).** What might cognition be, if not computation? *Journal of Philosophy*, 92, 345–381.

**Wilson RA, Foglia L. (2011)** Embodied cognition. w: Zalta EN, red. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2011 Edition).

**Wilson AD and Golonka S (2013)** Embodied cognition is not what you think it is. *Front. Psychology* 4:58. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00058

**Wilson, M. (2010).** The re-tooled mind: How culture re-engineers cognition. *Social, Cognitive, and Affective Neuroscience*, doi:10.1093/scan/nsp054.

**Wilson, M. (2002).** Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 625-636.

**Yu, C., & Smith, L.B. (2012).** Embodied Attention and Word Learning by Toddlers. *Cognition*.