

Załącznik nr 1

do Zarządzenia nr 16 Rektora UW

z dnia 18 maja 2006 r.

**Uniwersytet Warszawski**

Wydział Fizyki

**Bartosz Jura**

Nr albumu: 307409

# **Czy mamy wolną wolę- analiza doświadczenia Libeta**

Praca licencjacka

na kierunku Zastosowania fizyki w biologii i medycynie

specjalność Neuroinformatyka

Praca wykonana pod kierunkiem

**dr hab. Piotra Suffczyńskiego**

Wydział Fizyki

Warszawa, czerwiec 2013

*Oświadczenie kierującego pracą*

Oświadczam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Data

Podpis kierującego pracą

*Oświadczenie autora pracy*

Świadom odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.

Oświadczam również, że przedstawiona praca nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem tytułu zawodowego w wyższej uczelni.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Data

Podpis autora pracy

## **Streszczenie**

Dokonano przeglądu literatury obejmującej temat doświadczenia Libeta. Zestawiono i porównano doświadczenie oryginalne z badaniami innych autorów, którzy próbowali je odtworzyć. Przeprowadzono analizę doświadczenia pod kątem metodologii i zastosowanych procedur eksperymentalnych, a następnie przedstawiono różne interpretacje i wnioski, jakie wyciąga się z jego wyników. Skupiono się przede wszystkim na pojęciu wolnej woli. Miało to na celu zweryfikować, czy doświadczenie Libeta faktycznie może być uznane za dowód przeciwko istnieniu wolnej woli, gdyż takiemu stwierdzeniu zawdzięcza swój rozgłos. Na końcu dokonano oceny, czy warto jest przeprowadzić podobne doświadczenie na studenckiej pracowni EEG.

## **Słowa kluczowe**

potencjał gotowości, EEG, świadomość, wolna wola, odruch, kora ruchowa, intencja, EMG

## **Dziedzina pracy (kody wg programu Socrates-Erasmus)**

13.2 - Fizyka

## **Tytuł pracy w języku angielskim**

Do we have free will - an analysis of the experiment of Libet

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp.</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Przebieg doświadczenia przeprowadzonego przez Libeta.</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Wyniki eksperymentów odtwarzających doświadczenie Libeta.</b>	<b>9</b>
3.1	Keller i Heckhausen. . . . .	9
3.2	Eimer i Haggard. . . . .	11
3.3	Trevena i Miller. . . . .	13
<b>4</b>	<b>Dyskusja.</b>	<b>16</b>
4.1	Zastrzeżenia do metodologii. . . . .	16
4.2	Różne wnioski wyciągane z uzyskanych wyników. . . . .	19
<b>5</b>	<b>Wnioski końcowe.</b>	<b>22</b>

# 1 Wstęp.

W 1964 roku odkryty został przez dwóch niemieckich badaczy Hansa Kornhubera i Lüdera Deecke tzw. potencjał gotowości (niem. Bereitschaftspotential). W zapisie czynności elektrycznej mózgu jest to wolno narastający, ujemny potencjał, tzw. załamek, pojawiający się na sekundę lub na ponad sekundę przed wykonaniem świadomego, zamierzonego ruchu. Swoje apogeum osiąga na krótko przed samym ruchem, najsilniejszy jest na elektrodach leżących nad okolicami kory ruchowej, jest symetryczny na obu półkulach. Widoczny, wyróżniający się z tła przebieg uzyskać można jedynie uśredniając zapisy z kilku realizacji, czyli sprzed ruchów wykonanych w możliwie podobny sposób i w możliwie zbliżonych warunkach. Został powszechnie uznany za przejaw i wiarygodny wskaźnik procesów korowych prowadzących w efekcie do wykonania ruchu.

Benjamin Libet, amerykański badacz na początku lat osiemdziesiątych, znając szeroko komentowane wyniki badań Kornhubera i Deecke, postawił natomiast pytanie o stosunek czasowy pomiędzy pojawieniem się potencjału gotowości, ruchem, a momentem, w którym osoba podejmuje decyzję o jego wykonaniu. Skłoniony do tego przez długi, ponad sekundowy odstęp czasu jaki mija od początku potencjału do chwili ruchu, sprawiający, że takie pytanie nasuwa się właściwie samo przez się, chciał sprawdzić czy świadoma decyzja o ruchu poprzedza początek procesów mózgowych prowadzących do jego wykonania. Czy w takim razie można ją podjąć najpóźniej na całą sekundę przed ruchem, co wydaje się sprzeczne z codziennym doświadczeniem. Czy może intencja pojawia się później niż potencjał i nie ma wpływu na uruchomienie kryjących się za nim procesów, albo też potencjał ten ma jakieś inne znaczenie od dotychczas przyjętego.

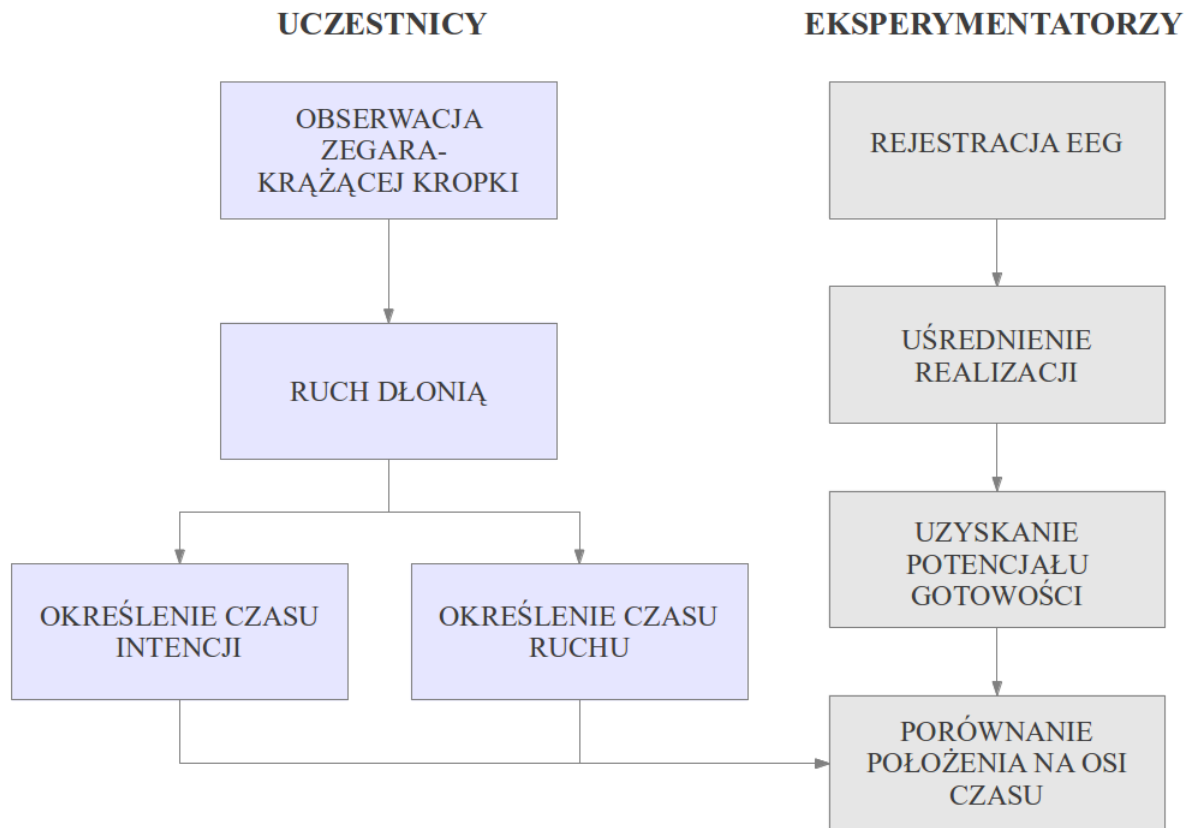
## 2 Przebieg doświadczenia przeprowadzonego przez Libeta.

Główna trudność w znalezieniu wiarygodnego, ilościowego stosunku czasowego leżała w sposobie, w jaki dałoby się wyznaczyć z możliwie dużą dokładnością moment, w którym osoba uświadamia sobie chęć wykonania ruchu. Jako, że akt świadomości jest to coś ze swej natury subiektywnego i nie dającego się bezpośrednio zmierzyć żadnym zewnętrznym przyrządem, w swoim doświadczeniu Libet [*Libet, Gleason, Wright, Pearl, 1983*] powierzył to takiej właśnie osobistej ocenie uczestników badania. Rozwiązanie jakie zastosował to oscyloskop z owalnym ekranem, po obwodzie którego przebiegała kropka świetlna wytworzona przez promień katodowy. Jedno okrążenie trwało 2,56 s, na brzegach umieszczona była podziałka z odstępem co 107 ms, tworząc w ten sposób jakby tarczę zegara, umożliwiającą odniesienie do siebie czasów różnych zdarzeń. Podczas właściwej części doświadczalnej grupa sześciu uczestników wykonywała proste ruchy, podzielone na dwa typy serii, służące określeniu postrzeganej przez uczestników chwili wykonania ruchu i chwili, w której uświadamiają sobie zamiar wykonania ruchu. Zamiar taki odróżniono wyraźnie od pojawiającego się nieraz planowania jakiejś bardziej ogólnej natury lub od zamiaru, po którym nie następował ruch. Starano się żeby ruchy nie były wywołane w

sposób bezpośredni przez instrukcje podane uczestnikowi i były w jak najwyższym stopniu dobrowolne, świadome i zainicjowane przez niego samego. Po uruchomieniu zegara każda z osób miała przeczekać przynajmniej jedno okrażenie, a następnie, co umożliwiała niewielka średnica ekranu, wpatrując się w jego środek i śledząc jednocześnie ruch promienia, w dowolnie przez siebie wybranym momencie zgąć palec lub nadgarstek prawej ręki. Mruganie było dozwolone, jednak aby uniknąć zaburzeń sygnału przez wpływ skrętów gałek ocznych, po każdym mrugnięciu należało odczekać przynajmniej jedno okrażenie zegara. W kilku seriach szczególnie podkreślono aby ruchów nie planować wcześniej, aby ich chęć pojawiała się spontanicznie i niejako sama z siebie. Wyznaczeniu chwili uaktywnienia się mięśni służyły elektrody do pomiaru EMG umieszczone na przedramieniu. Po wykonaniu ruchu, chwili oznaczanej później jako rejestrowany przez komputer PDP-12 punkt zero, zegar kontynuował obrót jeszcze przez pewien losowy okres czasu, następnie zatrzymywał się, a uczestnik miał za zadanie poprzez introspekcję przypomnieć sobie i określić w którym miejscu na tarczy znajdowała się kropka podczas gdy albo poczuł chęć wykonania ruchu albo gdy go wykonał. Przeprowadzono także pomiary o charakterze pomocniczym, polegające na podawaniu w losowych momentach bodźców dotykowych na wierzch prawej dłoni i określeniu kiedy osoba poczuła dotyk. Wymagania od uczestnika co do uwagi, śledzenia i potem odtworzenia pozycji zegara miały ściśle przypominać te z pierwszej części pomiarowej. Posłużyło to aby wykryć ewentualny stały błąd, rozbieżność czasów deklarowanych przez uczestnika i faktycznych czasów podania bodźca, czym można by skorygować późniejsze dane. Przyjęto dwa różne sposoby określania czasu. Sposób absolutny, bezpośredni, polegający na tym, że osoba po ustaniu obrotu zegara miała po prostu spojrzeć na tarczę i określić, gdzie znajdowała się kropka w danej chwili i sposób porządkowy, pośredni, w którym kropka po zatrzymaniu ustawiała się w losowo wybranym miejscu na przestrzeni 600 ms, a osoba miała określić czy dane zdarzenie nastąpiło wcześniej niż jest kropka, czy też kropka stoi wcześniej niż było zdarzenie. Początek i koniec tejże przestrzeni ustalany był dla każdego uczestnika osobiście na podstawie wcześniej przeprowadzonych sesji treningowych, tak aby obejmowała ona cały zakres deklarowanych czasów.

Wyniki pokazały, że metoda określania czasu jakiej użyto, absolutna lub porządkowa, nie miała istotnego wpływu na uzyskane wartości ani tym bardziej na ich sens. Średni czas pojawienia się najwcześniejszej intencji ruchu wyniósł ok. -200 ms względem punktu zero. Czasy odebrania bodźca w sesji pomocniczej na przestrzeni serii i uczestników były zazwyczaj lekko ujemne względem bodźca, średnio ok. 50 ms przed punktem zero. Uznając tę wartość za zdefiniowany powyżej stały błąd, przyjmując, że uczestnicy mylili się stale w podobny sposób, jako przybliżenie można by „poprawić” czas intencji odejmując od niego tę średnią wartość, co daje czas równy ok. -150 ms, względem chwili ruchu. Postrzegany średni czas wykonania ruchu wyniósł -85 ms i nawet odejmując od niego powyższą wartość „błędu” równą -50 ms, otrzymano wynik dość zaskakujący, mówiący że postrzegany czas ruchu poprzedza faktyczne uaktywnienie się EMG. Na przestrzeni serii, a także co do wartości średnich czas uświadomienia intencji poprzedzał postrzegany czas ruchu.

Na podstawie uzyskanych przez siebie wyników Libet podzielił potencjał gotowości na trzy rodzaje, a aby decydować o jego początku, przyjął dwa niezależne kryteria. Kryterium, w którym poprzez spojrzenie na wykres oceniano, że potencjał rozpoczął swój główny spadek w stronę wartości ujemnych i drugie, gdzie sprawdzano, kiedy 90% badanego



Rysunek 1: Schemat doświadczenia Libeta.

obszaru zostanie objęte wyraźną ujemną zmianą. Potencjały typu drugiego i trzeciego zarejestrowane zostały gdy wszystkie ruchy były w pełni spontaniczne, nieplanowane i nieprzygotowywane wcześniej. Średni czas wystąpienia potencjału typu drugiego według kryterium głównego spadku wyniósł ok. -550 ms względem punktu zero i ok. -350 ms względem chwili pojawienia się intencji. Dla potencjału typu trzeciego uzyskano podobne wartości, wykorzystując jednak kryterium 90%. Odstęp ten, w którym początek potencjału poprzedza uświadomienie sobie intencji ruchu jest wyraźny i znaczący jakichkolwiek kryteriów by się użyło i, co ważniejsze, dla poszczególnych serii i osób jest większy niż błąd standardowy wyznaczenia średniego czasu intencji. Potencjał typu pierwszego wystąpił natomiast w seriach, gdzie, według relacji uczestników, występował pewien rodzaj wcześniejszego planowania, koncentrowania się nad nadchodzącym ruchem i nad tym kiedy go wykonać. W tym przypadku czas jego wystąpienia według głównego spadku wyniósł -1025 ms względem chwili ruchu, co może świadczyć o tym, że odzwierciedla on takie właśnie ogólniejsze planowanie lub też procesy, które dobiegają końca jeszcze przed rozpoczęciem formowania się intencji.

Jedna z możliwych, nasuwających się interpretacji wyników Libeta jaką on sam podaje, to że aktywność neuronowa, której przejawem jest potencjał gotowości, związana z przygotowaniem i ewentualnym przeprowadzeniem ruchu, rozpoczyna się w mózgu jeszcze zanim możliwa jest jakakolwiek świadoma inicjacja. Mózg sam z siebie „decyduje” aby

zainicjować lub co najmniej przygotować się do zainicjowania ruchu, a dopiero później w umyśle pojawia się subiektywna świadomość, że taka decyzja została podjęta. Ruch postrzegany jako spontaniczny, zamierzony, dobrowolny, w istocie rozpoczyna się nieświadomie. Wedle pewnej hipotezy przytoczonej przez Libeta, przypuszcza się, że potrzeba pewnego okresu czasu korowej aktywności, najprawdopodobniej ok. 500 ms, aby mózg niejako „dojrzał” i wzbudził świadome doświadczenie, np. doświadczenie świadomej intencji wykonania ruchu. Przedstawione wyniki odnoszą się do jednego rodzaju ruchu, jednak uważa się, że prosty ruch palcem pozbawiony wszelkiej złożoności czy znaczenia, jest idealnym przykładem ruchu dobrowolnego. Wydaje się więc, że taka interpretacja nakłada poważne ograniczenia na jednostkę w kwestii kontroli nad własnym zachowaniem, stawiając pod znakiem zapytania pojęcie wolnej woli. Libet twierdzi jednak, że pozostają jej takie narzędzia jak „weto”, gdyż od chwili podjęcia decyzji do chwili ruchu jest jeszcze ok. 150-200 ms i w tym czasie można zdecydować się na rezygnację z niego, ponadto w przypadku potencjału typu pierwszego nie da się wykluczyć możliwości świadomej ingerencji i kontroli.

Wątpliwości i problemy z uznaniem przyjętych przez Libeta metod i procedur doświadczalnych, a które starał się uprzedzić on sam to m.in. jednoczesność ocen. Osoby biorące udział w badaniach musiały obserwować pozycję kropki krążącej po tarczy z dość dużą prędkością i jednocześnie przebieg tego co dzieje się w ich własnym umyśle. Takie śledzenie kilku różnych rzeczy naraz jest, jak się powszechnie uważa, źródłem błędów mogących ważyć na wynikach doświadczenia. Powodzenie lub jego brak zależy wtedy od okoliczności i uwarunkowań osobniczych. Libet twierdzi, że na wyeliminowanie lub co najmniej zniwelowanie ich wpływu na uzyskane rezultaty, pozwoliły mu przeprowadzone serie pomocnicze z bodźcem dotykowym. Zakładając podobieństwo całej procedury określania czasu do tej we właściwej części pomiarowej, korzystając ponadto ze znajomości zarówno deklarowanych jak i faktycznych czasów, potraktowano je jako wyznacznik i miernik potencjalnych błędów. Co istotne, znaleziony błąd w żadnym przypadku nie zaburzył wzajemnej relacji pomiędzy początkiem potencjału, a czasem intencji, a ilościowo wręcz wzmocnił ją i powiększył. Wykorzystując jego wartość i korygując tym samym czas intencji znalazł się on bliżej punktu zero, czyli dalej od początku potencjału i tym samym powiększył ich wzajemną różnicę czasową. Takie podejście wg Libeta uprawdopodobnia wyniki doświadczenia. Inna kwestia to introspektywna ocena uczestnika i brak innych środków żeby ją zweryfikować. Na zarzuty i przypuszczenia, że możliwym jest tylko postrzeżenie końcowej fazy uświadomionej intencji Libet odpowiada jednak, że osoby miały obserwować najwcześniejsze jej oznaki i nie zgłaszały w tym przedmiocie żadnych problemów. Poza tym w przypadku odbierania bodźców dotykowych nie zaobserwowano znaczących opóźnień, a takie odczucie można przełożyć na inne zjawiska umysłowe. Jeśli by przyjąć natomiast, że początkowa faza takiej świadomości nie jest przechowywana w pamięci krótkotrwałej, można na to odpowiedzieć, że uczestnik miał jedynie obserwować położenie kropki na ekranie, a poza tym jest to tylko hipotetyczna konstrukcja nie dająca się potwierdzić na dzień dzisiejszy. Zarzut, że deklarowane czasy pojawienia się świadomości zamiaru wykonania ruchu mogły być zaburzone przez doświadczenie samego ruchu, Libet odpiera mówiąc, że uczestnicy wyraźnie odróżniali te dwa zjawiska. Co więcej, dla



serii z obserwacją intencji przeprowadzonych tuż po seriach z obserwacją ruchu średni czas tych pierwszych był ok. 50 ms wcześniejszy niż podczas serii przeprowadzanych w odwrotnej kolejności.

### 3 Wyniki eksperymentów odtwarzających doświadczenie Libeta.

#### 3.1 Keller i Heckhausen.

Prostota przeprowadzonego przez Libeta doświadczenia i doniosłość wniosków sprawiły, że od chwili ogłoszenia odtwarzano je wielokrotnie. Niektórzy po to tylko aby potwierdzić jego wyniki i samemu przekonać się o ich słuszności, zachowując przy tym warunki i schemat doświadczenia, inni natomiast, żeby wykazać fałszywość któregoś z wniosków lub założeń poczynionych przez Libeta, w odmiennych wariantach, dokonując modyfikacji układu i metod badawczych. W roku 1990 taka próba podjęta została przez Kellera i Heckhausena [*Keller, Heckhausen, 1990*]. Punktem wyjścia do ich badań były wątpliwości czy ruchy wykonywane przez uczestników doświadczenia Libeta były przez nich w pełni kontrolowane i zależne tylko od ich woli, czy też można je potraktować jako prostą reakcję na bodziec wewnętrzny. Dwaj badacze wysunęli przypuszczenie, że instrukcje wydane przez eksperymentatora na początku doświadczenia, nakazujące wykonać konkretny ruch, gdy tylko pojawi się na to chęć, mogły spowodować, że u uczestników powstał ogólny zamiar, intencja jeszcze przed rozpoczęciem pomiarów. Nagłą chęć ruchu można wtedy uznać za bodziec wywołujący prostą reakcję, odruch. Ponadto, według nich, poczucie chęci ruchu nie jest czymś w pełni uświadomionym, chyba, że śledzi się pewne wewnętrzne procesy, jak napięcie w mięśniach kończyn. W takim przypadku Libet w swoim doświadczeniu wykorzystałby ruchy, które normalnie są nieświadome i automatyczne, a żeby tego dowieść należałoby porównać czasy początku potencjału w obu okolicznościach i ustalić czy są do siebie zbliżone. Właśnie to chcieli sprawdzić Keller i Heckhausen. Postarali się poza tym by znaleźć różnice w kształcie potencjału w zależności od położenia rejestrującej go elektrody i rzucić trochę światła na mechanizmy i obszary uczestniczące w jego powstaniu. Przeprowadzili w tym celu trzy różne badania. Pierwsze z nich dotyczyło ruchów samoistnych, nieświadomych. Osoby uczestniczące miały za zadanie, zachowując się jak najswobodniej, liczyć do tyłu, poczynając od 3521 z krokiem co 3. Podkreślono szczególnie aby skupiły na tej czynności całą swoją uwagę, co miało zapobiec jakimkolwiek introspekcjom z ich strony. Podczas całego procesu z przedramienia zbierano na bieżąco zapis EMG, a gdy na jego podstawie wykryto ruch u którejś z rąk, klasyfikowano go jako nieświadomy, uświadomiony i spontaniczny lub uświadomiony i wcześniej planowany, wedle oceny samego badanego. W kolejnym wiernie powtórzono tę część doświadczenia Libeta, w której na podstawie obserwacji krążącego zegara, zbierano oceny uczestników co do najwcześniejszego momentu poczucia chęci ruchu. Wszelkie odstępstwa to nieistotne szczegóły techniczne, możliwe do pominięcia. Przeprowadzenie tej części miało na celu sprawdzić i, wedle oczekiwań, potwierdzić wyniki otrzymane przez kogoś innego i dostać je

samemu w warunkach laboratoryjnych takich, jak całą resztę. Podczas ostatniego badania osoby siedziały nieruchomo na krześle, przez cały czas koncentrując się na swoich rękach, a gdy dzięki zapisowi EMG wykryto ruch, klasyfikowano go wedle procedury podobnej jak wcześniej. Z badania pierwszego uzyskano pewną liczbę ruchów uświadomionych, głównie różnego rodzaju rozciągnięcia mięśni i zmiany pozycji całego ciała, pominięto je jednak jako nie będące przedmiotem zainteresowania i skupiono się na tych nieuświadomionych i poprzedzającym je potencjale gotowości. Potencjał został zarejestrowany przez elektrody na niemal wszystkich pozycjach, to jest FCz, Cz, C3 i C4, średnia wartość czasu wyniosła ok. -460 ms względem punktu zero, w tym dla samej elektrody Cz było to ok. -490 ms, co odpowiada wartości uzyskanej przez Libeta. W badaniu drugim, odtwarzającym jego własne, także uzyskano potencjały gotowości, ich czasy były podobne do tych w pierwszym, nie wykazując żadnej istotnej statystycznie różnicy. Co do amplitud natomiast, w badaniu pierwszym, dla ruchów nieuświadomionych były w ogólności znacznie mniejsze niż w drugim, dla świadomych ruchów dobrowolnych. W badaniu drugim największe wartości odebrano na linii środkowej głowy, na elektrodach FCz i Cz, w pierwszym natomiast na elektrodzie C po stronie przeciwnej względem poruszającej się ręki. Sygnał EMG był znacząco silniejszy podczas ruchów świadomych wykonywanych w drugim badaniu. Deklarowane przez uczestników czasy pojawienia się intencji następowały średnio na ok. 260 ms po początku potencjału pokrywając się tym samym z tymi u Libeta. Pomiary części trzeciej, spoczynkowej, dały ruchy pogrupowane w dwie kategorie, nieuświadomione i zamierzone, dla których postać potencjałów gotowości przypominała te otrzymane w badaniach, odpowiednio, pierwszym i drugim.

Dwa rodzaje potencjałów z części spoczynkowej, odpowiadające tym zarejestrowanym w częściach poprzednich świadczą o tym, że ani zadanie polegające na liczeniu ani obserwacja zegara nie miały wpływu i nie zaburzyły EEG w zakresie badanego elementu. Brak różnicy niemal, pomiędzy czasami początków potencjału dla ruchów uświadomionych i nieuświadomionych skłonił Kellera i Heckhausena do wyciągnięcia wniosku, że potencjał narastający już tak wcześnie, jak na niemal 500 ms przed ruchem może ale wcale nie musi osiągnąć poziomu świadomości, w którym niejako "ujawnia się" i daje o sobie znać. Amplituda potencjału gotowości stoi natomiast w ścisłym związku z siłą ruchu do którego prowadzi i ten fakt mógłby być jakimś wytłumaczeniem dla istotnych, zaobserwowanych przez Kellera i Heckhausena różnic, jednak oni sami dopatrują się innych tego przyczyn. Wykonując zadanie liczenia wstecz, osoba nie zwraca uwagi na mimowolne zgięcia dłoni lub palca i co pokazuje zapis EEG, brak jest wtedy maksimum potencjału na elektrodach FCz i Cz, leżących nad obszarem dodatkowej kory ruchowej. Obszar ten uważany jest natomiast za jedno z głównych miejsc skąd pochodzi aktywność poprzedzająca ruchy zamierzone, dobrowolne. W takim razie świadczyłoby to, że ruch nieuświadomiony przygotowywany jest przez inne struktury znajdujące się, sądząc po maksimach na elektrodzie C po stronie przeciwnej niż ręka, w bocznych rejonach kory. Według przypuszczeń Kellera i Heckhausena uczestnicy poddając się poleceniom wydanym przez Libeta, są przygotowani od samego początku i przez cały czas oczekują bodźca, który wywoła ich działanie, tak, że gdy mięśnie kończyn napinają się mimowolnie, osoba postrzega to i zdaje sobie sprawę z nadchodzącego ruchu, który w innych okolicznościach pozostałby nieuświadomiony. Dzięki temu dodatkowa kora ruchowa uruchamia się. Przejęcie kontroli nad przygotowaniem ruchu przez inny obwód objawia się osobie jako nagła chęć, zamiar, a następuje to po ok.

250 ms od początku potencjału gotowości i tylko dzięki wzmożonej uwadze, nakazanej przez eksperymentatora. O ile więc zgadzają się oni co do poprawności wyników ogłoszonych przez Libeta to jednocześnie twierdzą, że dyskusja o wolnej woli na ich podstawie jest bezzasadna, bo natura wykonywanych ruchów była inna niż on sam sądził.

### 3.2 Eimer i Haggard.

Temat doświadczenia podjęli także Eimer i Haggard w roku 1998 [*Eimer, Haggard, 1998*]. Co zwróciło ich uwagę, to że w instrukcjach którym mieli podporządkować się uczestnicy nie było pola do żadnej dowolności i wykonywali oni tylko jeden, narzucony z góry ruch. Wobec tego, jak mówią Eimer i Haggard, powstaje pytanie o stan, jaki kryje się z jednej strony za momentem określanym przez osoby jako pojawienie się chęci ruchu, a z drugiej za potencjałem gotowości. Czy dotyczą one i odzwierciedlają przygotowanie i tzw. specyficzną chęć wykonania konkretnego ruchu określoną częścią ciała, czy może jakiś bardziej ogólny, niespecyficzny stan, zapowiedź jakiegokolwiek zbliżającego się ruchu. Poza potencjałem gotowości mierzonym elektrodą Cz, w ustaleniu tego pomóc miał im tzw. boczny potencjał gotowości. Służy on do pomiaru aktywności korowej na półkuli przeciwnej do części ciała wykonującej ruch i pełni dzięki temu rolę dokładniejszego wskaźnika procesów przygotowawczych. Aby go uzyskać należy od różnicy C3' – C4', gdzie C3' i C4' to elektrody leżące centymetr poniżej elektrod C3 i C4, dla ruchów angażujących lewą stronę ciała, odjąć taką samą różnicę dla ruchów prawej strony ciała. W zapisie EEG daje to załamek odchylony w stronę wartości dodatnich. Z kolei żeby zweryfikować postulowany przez Libeta związek przyczynowo skutkowy posłużyli się obserwacją Johna Stewarta Milla, że cechą charakterystyczną związków tego rodzaju jest wzajemna odpowiedniość wariancji. Jest to relacja kierunkowa, wcześniejszym przyczynom przypisać można wcześniejsze skutki, a późniejszym późniejsze i wobec tego aby to ustalić, odpowiedni jest jednostronny test statystyczny. Układ doświadczalny wykorzystany przez Eimera i Haggarda podobny był do tego u Libeta z taką różnicą, że uczestnicy zatrzymywali zegar własnoręcznie, naciskając klawisz na klawiaturze komputera. Wszelkie czasy porównywane były później z chwilą naciśnięcia przycisku, a że następowało to zawsze na 30 do 50 ms po uaktywnieniu EMG, aby móc zestawić je z wynikami innych badaczy, taką wartość należy dodać do punktu zero. Schemat doświadczenia rozszerzony został o serie pomiarowe, w których osoby mogły wybrać spośród dwóch możliwości, którą ręką chcą ruszyć.

Na podstawie otrzymanych wyników dokonano porównania między warunkami, gdzie ruch był ściśle określony, jedną ręką, a tymi gdzie należało dokonać wyboru. Nie stwierdzono znaczących różnic ani w postrzeganych czasach wykonania ruchu, średnio -90 ms względem punktu zero, ani w czasach uświadomienia sobie zamiaru, średnio -350 ms, ani w czasach początku i amplitudy potencjału gotowości, ani też w czasach początku bocznego potencjału gotowości. Metoda zastosowana w celu wykrycia początku bocznego potencjału gotowości polegała na dopasowaniu jego przebiegu przy użyciu dwóch regresji. Regresji liniowej, mającej dać płaski poziom odniesienia przed początkiem potencjału i regresji o wyrazach liniowych i kwadratowych, która miała uchwycić nagły wzrost i szczyt potencjału. Punkt rozdzielający dwa dopasowania, oznaczający początek, wypadł na średnio

-800 ms względem punktu zero.

Rezultaty pomiarów rozdzielono także w inny sposób, mieszając wpierw ze sobą te uzyskane przy obu warunkach doświadczalnych. Zaobserwowano, że deklarowane czasy poczucia chęci ruchu da się pogrupować na wyraźnie wcześniejsze i późniejsze. Jako, że nieznanym jest ich „poprawny” czas, zrobiono to w ten sposób, że dla każdej z osób wykreślono histogram i postawiono granicę na środku obszaru o największej liczbie pustych komórek. Dla tych dwóch grup porównano potencjały gotowości i boczne potencjały gotowości. W ogólności udało się potwierdzić obserwacje Libeta, że potencjał gotowości rozpoczyna się wcześniej niż uświadomienie sobie chęci ruchu. Zauważono też, że na całym dostępnym odcinku czasu, od punktu zero, aż do chwili -2600 ms nie dało się znaleźć wyraźnego, wyjściowego poziomu odniesienia. Nie wykryto żadnego związku między wariancją początku potencjału gotowości, a czasami z dwóch grup. Dla bocznego potencjału gotowości, o gwałtowniejszym wzroście, podkreślono przede wszystkim wpływ na interpretację wyników jaki ma metoda służąca jego wykryciu. Ta użyta przez Eimera i Haggarda pozwoliła wykryć taki związek. Boczne potencjały gotowości poprzedzające ruchy z grupy o wcześniejszych zamiarach rozpoczynają się wcześniej niż te z grupy późniejszej. Odpowiednio potencjały -906 ms i ok. 700 ms i czasy zamiaru -530 ms i ok. -180 ms względem punktu zero.

Podążając za Eimerem i Haggardem i zakładając etapowy model wytwarzania ruchu, brak różnic w postrzeganych czasach pojawienia się intencji pomiędzy oboma warunkami doświadczalnymi wyjaśnić można tym, że świadomość takiej intencji dotyczy konkretnego, specyficznego ruchu. Jeśli wybór jednego z możliwych ruchów jest dyskretnym, określonym w czasie etapem na ścieżce prowadzącej w efekcie do jego wykonania, to jeśli w warunkach gdzie należy dokonać wyboru, świadomość nie pojawia się wcześniej, znaczy to, że przy obu warunkach musi dotyczyć ona procesów następujących później, już po tym etapie. Druga kwestia, czyli brak różnic w potencjale gotowości i bocznym potencjale gotowości pomiędzy warunkami doświadczalnymi, jak twierdzą sami Eimer i Haggard, stoi w sprzeczności z obserwacjami innych badaczy, u których potencjały są zazwyczaj silniejsze gdy trzeba dokonać wyboru. Wg nich można to wytłumaczyć tym, że w ich badaniu należało dokonać wyboru spośród tylko dwóch możliwości. Pewne teorie mówią natomiast, że reprezentacje dwóch ruchów mogą znajdować się w przygotowaniu korowym jednocześnie, a większa liczba już nie. Wybór spośród wcześniej dobrze przygotowanych możliwości jest więc prostszy, szybszy i mniej angażujący niż wybór dowolnego, nie przygotowanego wcześniej ruchu.

Według twierdzenia Milla i w świetle wyników Eimera i Haggarda wykluczyć należałoby potencjał gotowości jako nieświadomą przyczynę uświadomionej chęci ruchu, a rolę taką przypisać można bocznemu potencjałowi gotowości. Świadczyłoby to, że dla świadomości dostępne są tylko procesy zachodzące już po fazie wyboru ruchu, a odcinek czasowy jaki należy wyjaśnić aby ocalić pojęcie wolnej woli w dotychczasowym znaczeniu, zmniejsza się do różnicy między początkiem bocznego potencjału gotowości, a chwilą zamiaru. Jako, że jednak potencjał ten odzwierciedla fazę gdy ogólna aktywność przekładana jest na jedną z konkretnych możliwości, może nie być on punktem gdzie rozpoczynają się wszelkie procesy prowadzące do przeprowadzenia dobrowolnego ruchu, a raczej tylko punktem, gdzie rozpoczyna się ich świadome postrzeganie. Mimo więc, że Eimer i Haggard zgadzają się z Libetem co do ogłoszonych przez niego jakościowych wyników to, podobnie jak Keller i

Heckhausen [*Keller, Heckhausen, 1990*], kwestionują ich znaczenie przyjęte przez autora i przestrzegają przez wyciąganiem zbyt daleko idących wniosków.

### 3.3 Trevena i Miller.

W roku 2002 Trevena i Miller [*Trevena, Miller, 2002*] wysunęli w swojej pracy przypuszczenie, że w sposobie analizy danych doświadczalnych u Libeta, mogą kryć się zasadnicze nieprawidłowości. Chodziło o tzw. efekt smużenia, rozmazywania (ang. smearing). Trevena i Miller sądzą, że efekt ten może być przyczyną nieprawidłowej interpretacji i przeinaczenia danych i prowadzić do fałszywego, nieuzasadnionego wniosku, będącego głównym wnioskiem Libeta, że potencjał gotowości pojawia się wcześniej niż świadoma decyzja, a co w rzeczywistości nie ma miejsca. Winnym wszystkiego miałyby być metoda wyznaczania średniego czasu początku potencjału, wedle której Libet najpierw uśrednił przebiegi zapisu EEG ze wszystkich realizacji, a następnie wyznaczył początek przebiegu średniego. Rezultatem tego był czas potencjału typu drugiego, który wypadł średnio na 350 ms przed średnim czasem intencji. Podejścia takiego nie da się w tym wypadku uniknąć, gdyż w pojedynczych realizacjach potencjał nie ujawnia się, jest też jednak podatne na efekt smużenia. Przejawia się on tym, że uśredniając pewną liczbę przebiegów, jeśli zaledwie kilka z nich rozpoczyna się wyraźnie wcześniej niż zdecydowana większość pozostałych, to początek tak uśrednionego przebiegu znajdzie się w pobliżu tej nielicznej grupy najwcześniejszych. W konsekwencji u Libeta mogło zdarzyć się tak, że w każdej pojedynczej próbie czas intencji poprzedzał początek potencjału o jakąś niewielką wartość, a po uśrednieniu otrzymano wynik, wedle którego to średni potencjał gotowości był przed średnim czasem intencji. Żeby stwierdzić czy tak jest faktycznie, Trevena i Miller zamierzali zamiast wartości średniej wziąć do porównań najwcześniejsze czasy intencji. Wykorzystali do tego metodę zwaną oceną kolejności w czasie. Przypomina ona metodę porządkową wyznaczania czasu zastosowaną przez Libeta. Przystosowana do układu doświadczalnego polegała na znalezieniu całego rozkładu, mówiącego jakie jest prawdopodobieństwo, że dla danego punktu na podziałce zegara względem punktu zero, intencja ruchu pojawia się wcześniej. Zaletami takiego rozkładu są zawarte informacje, zarówno o wartości średniej jak i o rozrzucie pojedynczych elementów.

Inna wątpliwość, jaka skłoniła Trevenę i Millera do odtworzenia doświadczenia Libeta to brak przekonania, aby słusznym było uznać zwykły potencjał gotowości za niezawodny wskaźnik rozpoczęcia przygotowywania ruchu. Wiele okoliczności skłania raczej do wniosku, że o kształcie, przebiegu, sile potencjału gotowości decydują w głównej mierze pozaruchowe czynniki i dlatego właśnie rozpoczyna się on tak wcześnie. Różne obserwacje wydają się to potwierdzać, jak np. że potencjał pojawia się już w oczekiwaniu na wystąpienie bodźca pobudzającego, że silniejszy jest gdy osoba spodziewa się reakcji otoczenia na swoje działanie, silniejszy jest przed ruchami zamierzonymi niż przed nieuświadomionymi i mimowolnymi, słabszy gdy ruch jest prostą odpowiedzią na bodziec, a całkiem zanika gdy osoba traci zainteresowanie wykonywaną czynnością. Najprawdopodobniej więc potencjał gotowości składa się z wielu elementów, a niektóre z nich mogą być w zależności od okoliczności pominięte. Wobec tego, żeby zweryfikować twierdzenie Libeta, że mózg niejako wyprzedza człowieka w podejmowaniu decyzji, Trevena i Miller uznali, że to

boczny potencjał gotowości może być tego lepszym dowodem. Liczyli go jednak w trochę odmienny sposób niż Eimer i Haggard [*Eimer, Haggard, 1998*], bo jako średnią z różnic  $C3' - C4'$  dla ręki lewej i  $C4' - C3'$  dla ręki prawej.

Układ i przebieg doświadczenia były możliwie zbliżone do tego u Libeta. Modyfikacja wprowadzona przez Trevenę i Millera to litera wyświetlana na ekranie przed rozpoczęciem obrotu zegara i oznaczająca rękę lewą lub prawą, pełniąca funkcję instrukcji mówiącej uczestnikom jaki ruch mają wykonać w danym podejściu. Polecono aby ruchów nie planować wcześniej i aby pojawiały się spontanicznie. Po naciśnięciu klawisza przez uczestnika którąś ręką, zegar kontynuował obrót jeszcze przez pewien czas, aby wykluczyć sugerowanie się jego pozycją w chwili zatrzymania. Wszelkie czasy porównywano później z momentem naciśnięcia przycisku, w przeciwieństwie do Libeta, u którego punkt odniesienia stanowił zapis EMG. Następnie, żeby wyznaczyć granicę przed którą powinna znajdować się określona liczba deklarowanych czasów pojawienia się zamiaru ruchu, zastosowano metodę Kaenbacha. Dla przykładu, aby znaleźć 25% najwcześniejszych, zegar ustawiał się początkowo w miejscu na 400 ms przed czasem naciśnięcia przycisku. Jeśli osoba uznała, że decyzja nastąpiła później niż wskazuje to zegar, w następnym podejściu zegar kończył bieg na pozycji o 10 ms późniejszej, jeśli natomiast stwierdziła, że decyzja nastąpiła wcześniej, na pozycji o 30 ms wcześniejszej.

Po uśrednieniu zapisów z elektrody Cz dla prób z obu rąk i dla wszystkich uczestników, otrzymano przebieg potencjału gotowości, którego lekki aczkolwiek zauważalny wzrost rozpoczyna się już na -1300 ms względem punktu zero. Wartość tę oszacowano poprzez spojrzenie na zapis, wyraźna i istotna statystycznie wartość wyniosła ok. -800 ms. Której z nich by nie wiać, jest to i tak znacznie wcześniej niż u Libeta, a także Kellera i Heckhausena [*Keller, Heckhausen, 1990*]. Na podstawie zapisów bocznego potencjału gotowości, z całą pewnością można powiedzieć, że zaczyna się on na ok. 300 ms przed punktem zero.

Jako, że średni czas decyzji wyniósł ok. -120 ms, a najwcześniejsze z nich pojawiły się na nie mniej niż 400 ms przed ruchem, czyli znacznie później niż początek potencjału gotowości, należałoby wykluczyć efekt smużenia jako czynnik mogący podważyć najważniejsze wnioski Libeta. Co do bocznego potencjału gotowości, to jego początek, choć wypadł na ok. 150 ms przed średnią wartością czasu decyzji, to jednak już po aż ok. 20% pojedynczych decyzji.

Zastanawiającym rezultatem doświadczenia Treveny i Millera jest wyjątkowo wczesny czas początku potencjału gotowości, podobny do uzyskanego przez Libeta dla ruchów poprzedzonych wcześniejszym planowaniem, a przecież Trevena i Miller tego rodzaju próby odrzucili, jak również wyjątkowo późny średni czas decyzji, który różni się od tego u innych, a przede wszystkim fakt, że aż 40% deklarowanych czasów podjęcia decyzji wypadło już po wykonaniu ruchu. Najprostszym wyjaśnieniem jest, że uczestnicy po prostu mylili się co do swoich odczuć i sugerowali bardziej odpowiedzią układu somatosensorycznego po naciśnięciu przycisku albo też nie mogli poprawnie zapamiętać pozycji zegara. Stawia to pod znakiem zapytania możliwość dokładnego śledzenia przebiegu zdarzeń we własnym umyśle i wiarygodność opartych na tym doświadczeń, Trevena i Miller nie wpadli jednak na żadne inne, zadowalające rozwiązanie.

Przeprowadzili oni także drugi eksperyment. Zaciekał ich uzyskany rezultat, że boczny potencjał gotowości rozpoczyna się po ok. 20% decyzji, a fakt ten w połączeniu z efek-

tem smużenia mógłby sprawić, że tak naprawdę w każdej pojedynczej próbie potencjał miał swój początek dopiero po podjęciu świadomej decyzji. Prawdopodobne jest, że w pewnym stopniu boczny potencjał gotowości ujawnia się już po wydaniu instrukcji, co do tego którą ręką należy wykonać ruch, także żeby wyeliminować tę okoliczność zmodyfikowali schemat doświadczalny. Przeprowadzono pomiary, w których uczestnicy określali czas kiedy uświadomili sobie zamiar wykonania ruchu i czas kiedy zdecydowali się na wybór którejś ręki. Na ekranie nie wyświetlano poleceń, osoby same miały wybrać rękę, którą chcą ruszyć.

Nie stwierdzono różnic w potencjale gotowości pomiędzy warunkami, który w obu miał swój nieznaczny początek już na 2000 ms przed punktem zero. Zauważono jednocześnie, że dla części pomiarowej przeprowadzanej później, niezależnie od warunku, amplituda potencjału była mniejsza, co mogłoby potwierdzać, że gdy osoba traci zainteresowanie, potencjał słabnie. Boczny potencjał gotowości był nieco silniejszy i wypadł wcześniej dla warunku wyboru ręki. Dla warunku intencji rozpoczął się natomiast już po ok. 30% decyzji, co wobec faktu że nie wydawano wcześniej żadnych instrukcji, wzmacnia wnioski Trevena i Millera z doświadczenia pierwszego. Co ciekawe w pewnym okresie czasie używano ujemny potencjał, co może świadczyć, że osoba początkowo planowała ruszyć jedną ręką, a potem zmieniała ją i ruszała drugą, żeby wyszło to bardziej spontanicznie.

Najwcześniejsze z deklarowanych czasów wyboru ręki nastąpiły wcześniej niż czasy uświadomienia sobie intencji wykonania ruchu, z których to wiele wypadło już po samym ruchu. Rozrzut ten może dziwić, zważywszy, że przed każdym poszczególnym ruchem należało podjąć tak naprawdę obie decyzje, zarówno kiedy, jak i którą ręką ruszyć. Różnica dotyczyła tylko tego co trzeba było potem zgłosić. Wartości średnie natomiast były zbliżone przy obu warunkach, co z kolei może wskazywać, że albo osoby nie były w stanie odróżnić tych dwóch typów zdarzeń umysłowych albo stanowią one jedną, zawierającą się w sobie całość.

Porównując warunek czasu intencji z doświadczeniem pierwszym, nie znaleziono żadnych istotnych różnic, co wskazuje, że instrukcja co do konkretnego ruchu nie ma wpływu na kształt potencjałów gotowości.

Trevena i Miller, jak sami twierdzą, wykazali, że zwykły potencjał gotowości nie jest odpowiednim wskaźnikiem procesów inicjujących ruch, który ma nastąpić tu i teraz, dotyczy on raczej planów na bardziej odległą przyszłość, a wpływ na niego ma wiele rozmaitych okoliczności. Podkreślają jednocześnie, że kluczem może być tu boczny potencjał gotowości i to on mógłby przejąć jego rolę. Jak wskazują wyniki przeprowadzonych przez nich doświadczeń, w połączeniu z efektem smużenia, nie wykluczone jest, że rozpoczyna się on za każdym razem już po podjęciu przez człowieka świadomej decyzji o inicjacji ruchu i wobec tego nie stanowi dla wolnej woli zagrożenia tak wielkiego jak zwykły potencjał. Przyłączają się tym samym Trevena i Miller do Eimera i Haggarda [Eimer, Haggard, 1998], którzy twierdzili, że to właśnie na bocznym potencjale gotowości należy się skupić, w dodatku postulują coś więcej, mianowicie że odstęp pomiędzy jego początkiem a czasem intencji da się zniwelować całkowicie. Ważnym choć niepokojącym wynikiem ich doświadczenia jest, że znaczna liczba subiektywnych ocen co do czasu pojawienia się intencji była zupełnie fałszywa, całkowicie nie do przyjęcia. Stanowi to poważny problem i poddaje w wątpliwość tego rodzaju badania, przynajmniej dopóki nie dowiemy się czegoś więcej o takiej gałęzi nauki jak psychofizjologia intencji.

## 4 Dyskusja.

### 4.1 Zastrzeżenia do metodologii.

Wydaje się, że choć istnieje tylko jeden sposób na stwierdzenie, że ktoś sobie coś uświadomił, to wśród metod doświadczalnych przyjętych przez Libeta, właśnie ta wzbudza największe kontrowersje. Oparcie całego badania na subiektywnych ocenach zdarzeń umysłowych kwestionowali liczni autorzy, w tym Gomez w roku 1998 i 2002 [*Gomez, 1998, 2002*]. Główną jego tezą jest, że gdy rozważyć rodzaj ruchów badanych przez Libeta i jego zespół, to wyodrębnienie z całego, towarzyszącego im ciągu świadomości dwóch oddzielnych zdarzeń, to jest pojawienia się intencji i uzmysłowienia sobie, że nastąpił ruch, jest sztuczne i nie ma miejsca w rzeczywistości. Według Gomeza, wykonanie tego typu prostej czynności jest zazwyczaj przez człowieka postrzegane jako spójne, jednostkowe zdarzenie. Po fakcie, jedyne co można powiedzieć, to że „przed chwilą ruszyłem palcem”. Pod tą obserwacją kryje się w domyśle wiele elementów koniecznych, żeby taki ruch przygotować i przeprowadzić, jednak nie da się stwierdzić, żeby na odcinku czasu przed i po ruchu, pojawiały się one w świadomości jedna po drugiej, w jakiejś określonej kolejności. Wydając natomiast instrukcję, polecając uczestnikom żeby w niektórych seriach skupili się na pojawieniu intencji, a w innych na uzmysłowieniu sobie wykonania ruchu, wymusza się, żeby odróżnili od siebie te dwa zjawiska. Zdarza się, że gdy upłynie chwila od pewnego zdarzenia, to dokonując retrospekcji odnajdujemy nawet w tak nieodległej przeszłości rzeczy, których tam w ogóle nie było, ale których kazano nam się spodziewać albo co do których jesteśmy przekonani, że powinni tam być. W tym przypadku uczestnicy, żeby sprostać wymaganiom eksperymentatora, a także poprzez siłę sugestii, zaczynali, wbrew faktom, odnajdywać wyraźny moment pojawienia się intencji. Ponadto wiedząc z góry, że wedle zdrowego rozsądku taka intencja powinna powodować ruch i być na krótko przed nim, właśnie tam ją umiejscawiali. Potwierdzać to mogą poniekąd relacje samego Libeta, że w próbach z badaniem czasu intencji i w próbach z badaniem postrzegania ruchu, nastawienie uczestników było inne i skupiali się szczególnie na śledzeniu tylko jednego z tych zdarzeń. Mogło się to również odbywać w taki sposób, że patrząc na obrót zegara, w pewnym momencie wydawali sobie w umyśle komendę „teraz”, co pozwalało im na dostarczenie oczekiwanej od nich, konkretnej, liczbowej wartości czasu. Różni się to jednak zasadniczo od spontanicznego uświadomienia sobie intencji.

Na poparcie swojej tezy Gomez przytacza znaczny rozrzut czasów intencji pojawiający się między pracami różnych autorów, w tym Eimera i Haggarda [*Eimer, Haggard, 1998*], Kellera i Heckhausena [*Keller, Heckhausen, 1990*] i Treveny i Millera [*Trevena, Miller, 2002*]. Ponadto zwraca uwagę na pewien rezultat doświadczenia Libeta, mianowicie, że w seriach pomiarowych, które przeprowadzono po tzw. seriach treningowych, zarówno czasy intencji jak i czasy postrzeżenia ruchu, miały wartości mniejsze, czyli leżały bliżej punktu zero. Podczas serii treningowych, polegających na podawaniu bodźca dotykowego, uczestnikom na bieżąco podawano informację o rozbieżności, pomiędzy czasem podania, a odczucia przez nich bodźca. Serie te miały na celu „wytrenować” ich w postrzeganiu i zapamiętywaniu czasu swoich odczuć. Według Gomeza najprawdopodobniej wywarły one jedynie złe pojęty wpływ na uczestników, tak, że ci, chcąc się poprawić, we właści-



wych seriach pomiarowych zaczęli dostrzegać pojawienie się intencji lub wykonanie ruchu w miejscach przesuniętych o tę stałą wartość błędu. Wzmacniałoby to twierdzenie, że odczucia tego rodzaju są tylko czymś zasugerowanym przez wydane instrukcje.

Znaczący problem stanowi według Gomeza także sposób zastosowania zegara do porównywania czasów zdarzeń. Postrzeżenie złożonego bodźca wzrokowego, jakim jest pozycja szybko poruszającej się kropki względem podziałki, trwa dość długo. Jeśliby natomiast uznać, że świadomość intencji jest czymś odrębnym od samej intencji należy uwzględnić także czas jaki mija do jej ujawnienia się. Dodając do tego jednoczesność obserwacji zegara i bodźców czuciowych lub przebiegu własnych procesów umysłowych, sprawia to, że cała procedura staje się bardzo niedokładna, a przy porównywaniu ze sobą różnych wartości należy uwzględnić nieznane zmienne.

Według Gomeza więc, i bez doświadczenia Libeta wiadomo było, że potencjał gotowości poprzedza intencję, gdyż ta jako taka jest nierozzerwalnie związana z samym ruchem lub następuje tuż przed nim, niekoniecznie w postaci wyraźnie uświadomionej. Tak wcześnie potencjał pojawia się natomiast w następstwie wydanych instrukcji, jest przejawem intencji innego rodzaju, dotyczących planowania bardziej ogólnej natury.

Bardziej szczegółowego wyjaśnienia wpływu zegara i pominiętych przez Libeta zmiennych czasowych, podjęła się Pockett w roku 2002 [*Pockett, 2002*]. Możliwości wyjaśnienia tych kwestii dostrzegła w wynikach doświadczenia Libeta, z serii dotyczących pomiaru czasu odczucia bodźca dotykowego i postrzeganego czasu wykonania ruchu. Wartości średnie obu tych zdarzeń leżały przed punktem zero, czyli odpowiednio na ok. 50 ms przed faktycznym czasem podania bodźca i na ok. 85 ms przed wskazaniem EMG. Według Pockett odpowiedzialność za taki stan rzeczy ponosi przede wszystkim zegar. W metodę jego użycia wbudowany miałby być stały błąd, najprawdopodobniej z takiego właśnie zakresu, między mniej więcej 50 a 85 ms, biorący się z tego, że aby bodziec wzrokowy dotarł do świadomości poprzez rozbudowaną korę wzrokową, upłynąć musi pewien okres czasu. Przystając na taką interpretację, należy uznać, że człowiek jest niejako opóźniony względem przebiegu zewnętrznych zdarzeń. Wtedy, wykonując ruch podczas doświadczenia, osoby mogłyby odczuć go w tej samej chwili, w której w istocie nastąpił, jednak na zegarze widziałyby czas faktyczny minus ok. 80 ms. Nie do końca zgadza się to jednak dla przypadku z czasem bodźca dotykowego. Zakładając prawdopodobną wielkość 80 ms, jaka potrzebna jest aby prosty bodziec czuciowy dotarł do świadomości i biorąc 80 ms opóźnienia w postrzeganiu rzeczywistego czasu, stwierdzone na podstawie zegara odczucie bodźca powinno wypaść w tej samej chwili co jego faktyczne podanie. Wyniki doświadczenia mówią jednak, że odczucie bodźca miało miejsce średnio na ok. 50 ms przed bodźcem, co nawet przy 80 ms opóźnieniu daje tylko 30 ms, zamiast 80, jakie musi minąć od podania bodźca do jego odczucia. Wyjaśnieniem tej niezgodności może być znaczny rozrzut wyników doświadczalnych, brak dokładności wynikający z charakteru badania bądź z różnic międzyosobniczych, z innego czasu postrzegania bodźców wzrokowych i czuciowych przez każdą z osób. Rozwiązać tę rozbieżność można by także zakładając dwie stałe wartości, to jest, że na dotarcie do świadomości bodziec czuciowy potrzebuje ok. 70 ms, a bodziec wzrokowy, z racji większej złożoności kory wzrokowej, 120 ms. To wyjaśniłoby deklarowane odebranie bodźca czuciowego na 50 ms przed punktem zero, a wrażenie wykonania ruchu ustaliłoby na 35 ms obiektywnego czasu po uaktywnieniu EMG.

Choć szczegółowe przypuszczenia Pockett nie są powszechnie przyjęte, to podkreśla

ona przede wszystkim, że aby wyciągać wnioski z wyników uzyskanych przez Libeta, trzeba wziąć poprawkę na rzeczy, na które on sam nie zwrócił uwagi.

Sam Libet w roku 2002 zabrał głos w sprawie swojego doświadczenia [*Libet, 2002*], starając się odeprzeć zarzuty Treveny i Millera przedstawione przez nich w swojej pracy [*Trevena, Miller, 2002*], a dotyczące efektu smużenia. Przede wszystkim, według Libeta Trevena i Miller, wbrew temu co sami twierdzą, wcale nie odtworzyli jego doświadczenia. W ich badaniu uczestnicy mieli skupiać się na ręce, którą zamierzają ruszyć, co jest czymś zupełnie różnym od prostego poruszania tą samą ręką w każdym podejściu. Miało to wprowadzić komplikacje w kwestii badanych czasów i ich wzajemnych relacji. Ponadto, instrukcje wydane w wersji Treveny i Millera, w swym dokładnym brzmieniu nakazujące aby śledzić czas podjęcia decyzji o ruchu, mogły dotyczyć innego zjawiska niż najwcześniejsze uświadomienie sobie chęci wykonania ruchu, jak w doświadczeniu oryginalnym. Potwierdzają to wartości czasów, które różnią się znacznie. Te u Libeta są natomiast zbliżone do tych z doświadczenia Kellera i Heckhausena [*Keller, Heckhausen, 1990*], którzy, wedle jego słów, wiernie odtworzyli jego własne.

Libet porusza też kwestię bocznego potencjału gotowości. Trevena i Miller, z faktu, że ok. 20% deklarowanych czasów podjęcia decyzji leżało przed początkiem potencjału, wyciągają wniosek, że prawdopodobne jest, że w każdej pojedynczej próbie potencjał zaczyna się dopiero po decyzji i wobec tego aktywność korowa zaczyna się już po umyślnej inicjacji ruchu. Dla Libeta jednak przypisanie takiej wagi tym 20% i zignorowanie pozostałych 80% jest niezrozumiałe. Zwraca on ponadto uwagę na te 40% decyzji, które, jak wykryto, zapadły już po przeprowadzeniu ruchu i w znacznym stopniu podważają wiarygodność reszty wyników. Dziwi się także temu, że z jednej strony Trevena i Miller uznają początkową fazę potencjału za nieistotny skutek efektu smużenia, a z drugiej na małej garstce najwcześniejszych decyzji opierają ważne, daleko idące wnioski. Ich zaprzeczenia można by się natomiast doszukać u Haggarda i Eimera [*Eimer, Haggard, 1998*], którzy podzielili boczny potencjał gotowości na wczesny i późny i ustalili, że początek wczesnego potencjału znacząco poprzedza te z decyzji, które także uznano za wczesne.

Odpowiedź od Treveny i Millera nadeszła w roku 2002 [*Trevena, Miller, 2002*]. Dali wtedy Libetowi do zrozumienia, że chyba nie do końca zrozumiał ich tok myślenia, a te 20%, które wzbudziły tyle emocji, są wystarczającym dowodem na to, że w istocie całe 100%, czyli wszystkie czasy intencji mogą leżeć przed początkiem bocznego potencjału gotowości. Taki jest według nich sens wpływu efektu smużenia. W tym samym miejscu przyznali też jednak, że choć uwagi Libeta nie zdołają obalić ich hipotezy, sprawić to może postulowane przez Gomeza [*Gomez, 1998, 2002*] i Pocketta [*Pockett, 2002*] opóźnienie w dotarciu bodźca wzrokowego do świadomości. Jeśliby wartość takiego opóźnienia wynosiła ok. 100 ms, to faktyczne czasy uświadomienia sobie intencji przesunęłyby się o 100 ms do przodu względem punktu zero. Przez to zaś nawet najwcześniejsze z nich znalazłyby się z całą pewnością już po początku bocznego potencjału gotowości, wykluczając tym samym zasugerowaną przez autorów możliwość, że jest na odwrót.

## 4.2 Różne wnioski wyciągane z uzyskanych wyników.

Choć wielu nie zgadza się co do poprawności wyników Libeta, to nie sposób zaprzeczyć, że jego doświadczenie na nowo rozbudziło zainteresowanie zagadnieniami, które od wieków nurtują wszelkiego rodzaju filozofów. Metoda naukowa i suche, wymowne dane liczbowe były głównym powodem, że dyskusja rozgorzała z taką siłą, wśród różnych środowisk, angażując reprezentantów różnych gałęzi nauki i nie tylko. Zaczęto roztrząsać wszelkie aspekty przedmiotu, pod różnymi kątami i ze wszystkich stron. Powróciły rozważania o determinizmie, libertarianizmie, dualizmie, dwoistości umysłu i ciała, z tym, że teraz nagle jakby bardziej rzeczowe i oparte na solidnych podstawach. Wystąpili ze zdwojoną siłą zwolennicy wszelakich poglądów, nierzadko sprzecznych, jak, że człowiek jest zaprogramowaną maszyną postępującą według określonych procedur i sterowaną przez swój mózg, a umysł jest tylko efektem ubocznym jego pracy, że człowiek może tylko z góry obserwować co robi jego ciało i wobec tego pozbawiony jest wolnej woli, lub że umysł jest całkowicie niezależny i to on powoduje pracę mózgu, że choć wszystkim rządzi determinizm to nie przekreśla on wolnej woli, bądź też, że do ludzkiego umysłu determinizm się nie stosuje.

Jedni z tych, którzy odtworzyli doświadczenie Libeta, Trevena i Miller [*Trevena, Miller, 2002*], jak sami piszą, wbrew temu co można by sądzić na podstawie wniosków jakie wysuwają ze swoich badań, odżegnują się od stanowiska Kartezjańskiego dualizmu. Bliżej im do poglądu, że umysł jest przejawem, manifestacją fizycznej mózgowej aktywności i jako nierozdzielnie z nią złączony nie może poprzedzać i, niejako z zewnątrz, powodować całej tej aktywności. W tym znaczeniu zgadzają się z ogólnym wydziwieniem doświadczenia Libeta, to jest, że pewien rodzaj mózgowych procesów poprzedza podjęcie przez człowieka świadomej decyzji. Wobec tego uzasadnione jest twierdzenie, że istnieje jakaś nieświadoma przyczyna poprzedzająca świadomą decyzję. Mimo to uważają, że ani potencjał gotowości ani boczny potencjał gotowości nie są tego odpowiednimi wskaźnikami, jako, że pierwszy jest za wcześnie, a drugi za późno. Postulują też, żeby skupić się w takim razie na poszukiwaniach innego, bardziej miarodajnego wyznacznika powyższych procesów. Żeby jednak poza wykazaniem czym nie jest potencjał gotowości, spróbować wykazać czym jest, idą za Gomezem [*Gomez, 1998, 2002*] i twierdzą, że odzwierciedla on pewien rodzaj intencji dotyczącej zrobienia czegoś w niedalekiej przyszłości. Bezpośrednią przyczyną takiej intencji są wydane na początku doświadczenia instrukcje. Można przypuszczać, że w miarę trwania badania na uczestnikach ciąży coraz większa presja, żeby sprostać wymaganiom eksperymentatora i że powinni wykonać ruch, zanim próba dobiegnie końca. Gdy dłuższy czas pozostają bierni, rośnie wewnętrzny przymus, żeby taki ruch wreszcie wykonać i nie pozostawać bezczynnym i to może wywoływać potencjał gotowości. Jest to proces w pełni świadomy i nie ma żadnego związku z nieświadomością, gdyż uczestnicy doskonale wiedzą, że będą musieli coś zrobić, zanim zegar zakończy swój obrót. Nie koniecznie musi to jednak oznaczać konkretne, wcześniejsze planowanie, przypomina to raczej bardziej ogólny stan, nastawienie.

Dla Rosenthala [*Rosenthal, 2002*], rezultaty Libeta stały się w roku 2002 punktem wyjścia do rozważań od zupełnie innej strony, do rozważań nad powszechnym przekonaniem na temat tego co znaczy, że dane zdarzenie umysłowe jest świadome. Zdaniem Rosenthala taki popularny, jak go nazywa, zdroworozsądkowy pogląd jest błędny, a za

dowód wystarczy chociażby sprzeczność w jakiej stoi z rezultatami doświadczenia.

Zachowanie człowieka jest na tyle ciągle, nieustanne i swobodne, że każdego dnia w wielu sytuacjach można odnieść wrażenie, że jakieś działanie, co ważne, nie będące odruchem, nie było poprzedzone konkretną, świadomą intencją. Nie pozostaje więc nic innego, mówi Rosenthal, jak dopuścić istnienie zamiaru, intencji nieświadomej. Czegoś będącego zdarzeniem umysłowym i mieszczącego się pomiędzy procesami neuronowymi, a świadomością, czyli w miejscu gdzie autorzy piszący o doświadczeniu Libeta zazwyczaj dostrzegają tylko puste miejsce lub w najlepszym razie po prostu granicę, oddzielającą od siebie te dwa obszary. Libet w swoim doświadczeniu skupił się na intencjach, których cechą charakterystyczną było właśnie, że dotarły do świadomości uczestników i dowiódł, że świadoma intencja nie może wywołać działania, skoro poprzedza ją fizyczna, korowa aktywność. Wniosek ten ogranicza się jednak tylko do tego co było przedmiotem badania, nie wyklucza więc w żadnym stopniu, że postulowane przez Rosenthala intencje nieświadome pojawiają się jednocześnie z aktywnością korową lub są z nią jednoznaczne.

Przyjmuje się na ogół, że intencje nieświadome są mało ważne i wobec tego Libet nie robi błędu nie uwzględniając ich i opierając się w całości na intencjach świadomych. Przyczyn takiej sytuacji należy szukać w metodologicznych trudnościach z ich wykryciem, a także w pewnych założeniach teoretycznych. Uznaje się, że cechą charakterystyczną i nieodłączną stanu świadomości jest właśnie to, że jest świadomy i niemożliwe jest żeby stan, który pierwotnie był nieświadomy, z biegiem czasu przemienił się w stan świadomy. Każdemu działaniu przypisuje się natomiast wywołującą go, pojedynczą intencję. Jeśli więc znajdzie się uświadomioną intencję towarzyszącą określonej działaniu, to założenie, że nie może ona istnieć nie będąc świadomą pozwala wykluczyć jakąkolwiek inną, nieświadomą intencję poprzedzającą takie działanie. Tym mógł kierować się Libet i skoro miał już świadome intencje rozpoczynające się po potencjale gotowości, zrezygnował z szukania jakichś innych, wcześniejszych. Jeśliby natomiast przyjąć założenie odmienne, mówiące, że zdarzenie umysłowe może przeobrazić się z nieświadomego w świadome, intencja w postaci niedostępnej dla świadomości mogłaby pojawiać się wraz z potencjałem gotowości, a deklarowane przez uczestników czasy oznaczałyby chwilę uzmysłowienia jej sobie. Istnieje zasadna przyczyna pozwalająca tak sądzić, według której żaden stan umysłowy nie może być uznany za świadomy, jeśli osoba doświadczająca tego stanu nie jest go świadoma. Dzięki temu można przyzwolić aby dowolny stan, który jest obecnie uznany za świadomy, w innej chwili przemienił się w stan nieświadomy, i na odwrót. Zdejmuje się w ten sposób ze stanu obowiązek charakteryzowania samego siebie, a obarcza nim doznającą go jednostkę. Zadaniem na przyszłość jest tylko ustalić w jaki sposób to się dzieje, że do człowieka dociera i uświadamia on sobie stan, o którym można powiedzieć wtedy, że jest świadomy.

Aby uznać działanie za dobrowolne, przyjęło się uważać, jak pisze Rosenthal, że wystarczy aby było ono wywołane świadomą intencją, która z kolei pojawia się spontanicznie i nie jest niczym wywołana. Mało jednak prawdopodobne, żeby świadoma intencja mogła być niczym nie wywołana, jest raczej skutkiem ciągu wielu wcześniejszych zdarzeń, samych w sobie nieświadomych. Nieświadomość tych pierwotnych przyczyn skutkuje wrażeniem, jaki sprawia pojawienie się intencji, jakoby samoistne. Kryteriami dobrowolnego działania jest więc świadomość intencji i nieświadomość tego co ją poprzedza. Sprawa wygląda inaczej z intencją nieświadomą, gdyż, choć także brak jest świadomości zdarzeń umysłowych,

które prowadzą do jej powstania, to działanie wywołane nieświadomą intencją nie sprawia wrażenia działania dobrowolnego. Niezgodność wyników Libeta ze zdrowym rozsądkiem bierze się więc z tego, że sugerują one istnienie intencji, które zbiegają się w czasie z potencjałem gotowości i są najpierw nieświadome, a potem świadome, co wobec powyższego rozumowania wprowadza dezorientację, czy działanie spowodowane taką dwoistą intencją ma być uznane za dobrowolne czy jednak nie. Sam Libet w swojej pracy uprzedzał, że ktoś może wysunąć tego rodzaju hipotezę o fazie intencji niedostępnej dla świadomości, jednak jego zastrzeżenia opierają się głównie na silnym przekonaniu i wobec tego wydają się nieprzekonywujące.

W ogólności Rosenthal twierdzi, że jedyną różnicą pomiędzy intencją nieświadomą a świadomą jest fakt, że ta druga jest świadoma, po prostu, i że brak świadomej kontroli wcale nie musi wykluczać istnienia wolnej woli. Przekonaniem jego jest, że wolność działania nie opiera się na samoistności intencji ale przede wszystkim na ich zgodności z rzeczami jakie człowiek przywykł robić i z jego obrazem samego siebie.

W roku 2005 Levy [*Levy, 2005*], zbliżając się w pewnym sensie do Rosenthala [*Rosenthal, 2002*], spróbował wykazać, że zarówno zwolennicy jak i przeciwnicy twierdzeń Libeta, w toczącym się pomiędzy nimi sporze, milcząco przyjmują pewne fałszywe założenie. Otóż, według Levy'ego, twierdzić, że człowiek posiada wolną wolę tylko jeśli jest w stanie świadomie wybrać kiedy i jakie działanie chce podjąć, to znaczy żądać niemożliwego. Obie strony sporu natomiast w pełni popierają takie twierdzenie i nim się powodując bronią lub atakują poprawność uzyskanych przez Libeta wyników. Jeśli bowiem faktycznie prawdą byłoby, że kora mózgowa uaktywnia się i samoistnie rozpoczyna przygotowanie ruchu zanim człowiek podejmie świadomą decyzję, obie strony gotowe byłyby uznać to za niezbity dowód przeciwko tak pojętej wolnej woli. Levy zaznacza także, że Libet nie tyle zajął stanowisko deterministyczne, mówiące, że ludzka inicjacja działania spowodowana jest w całości nieuchronnym biegiem zdarzeń, na które nie ma się wpływu ale doszedł aż do tego, że człowiek w ogóle nie ma zdolności żeby samodzielnie zainicjować jakiegokolwiek działanie. Levy natomiast nie zgadza się z tym wszystkim i utrzymuje, że wcale nie trzeba obalać wyników Libeta aby ocalić wolną wolę. Proces podejmowania decyzji nie ma według niego w istocie nic wspólnego ze świadomością, na której skupia się doświadczenie Libeta. Żeby to wyjaśnić Levy opisuje, jak na ogół taki proces wygląda. Człowiek, żeby podjąć decyzję, rozważyć musi argumenty za i przeciw, każdemu z nim przypisać jakąś wagę, porównać obie grupy i na tej podstawie zdecydować. Choć wygląda to na ciąg zdarzeń produkowanych, porządkowanych i zarządzanych przez świadomość, to, według Levego ani przypisanie wag argumentom ani podjęcie ostatecznej decyzji wcale nie jest aktem świadomości. Dzieje się to za sprawą podświadomych, nie do końca sprecyzowanych mechanizmów, zależnych od takich czynników jak kultura czy system wartości, a wynik w pewnym momencie po prostu objawia się człowiekowi. Świadomy namysł nie jest bez znaczenia, gdyż w miarę upływu czasu zwiększa się prawdopodobieństwo uzmysłowienia sobie czegoś, czego się do tej pory nie zauważało, jednak taki fakt też ujawnia się nagle i jakby sam z siebie. Według Levy'ego jest to logicznym następstwem konstrukcji człowieka, natura uznała bowiem, że podejmowanie decyzji będzie stanowić system kontroli lub będzie jego istotną częścią, i wobec tego człowiek nie może sprawować nad nim świadomej kontroli. Żądanie takiej władzy jest żądaniem niemożliwego, gdyż wymaga istnienia systemu kontroli nad własnym systemem kontroli i prowadzi do takich pętli na coraz wyż-

szym poziomie, do kontroli coraz wyższego rzędu. Jest więc nieuzasadnione i nie dające się spełnić. Jakikolwiek byłby więc po korekcie faktyczny wynik doświadczenia Libeta, według Levy'ego nie będzie on stanowił zagrożenia dla wolnej woli. Zanim ktokolwiek zabierze się za próby jej zaprzeczenia, musi najpierw znaleźć właściwe i możliwe do przyjęcia znaczenie tego terminu.

## 5 Wnioski końcowe.

Wyniki badań na których oparto niniejszą pracę ukazały się w pismach na tyle renomowanych, że dają gwarancję ich wiarygodności. Pozwala to wierzyć, że każda praca z osobna jest rzetelna, a twierdzenia w niej zawarte prawdopodobne i oparte na konkretnych podstawach. Trudno jednak oprzeć się wrażeniu, że wśród piszących w tym temacie autorów, zgoda kończy się tam gdzie zaczyna się doświadczenie Libeta. Panuje powszechne uznanie potencjału gotowości, zarejestrowanego przez Kornhubera i Deecke, faktu że zaczyna się na sekundę lub więcej przed wykonaniem dobrowolnego ruchu i że jest przejawem pewnej aktywności w korze mózgowej. Potem zaczynają się już kontrowersje i spory. Najpoważniejsze dotyczą subiektywnej oceny czasu zdarzeń umysłowych. Wydaje się, że jest to punkt najbardziej wątpliwy i kruchy, słabe ogniwo całego schematu doświadczalnego. Na dzień dzisiejszy można chyba stwierdzić, że przyjęty sposób jest podejściem zgólnienaukowym, o naturze tych zjawisk nie ma bowiem dostatecznej wiedzy. Mimo to, z braku lepszego rozwiązania do zebranych tak danych stosuje się ściśle, zaawansowane metody analizy, na nich buduje się całe konstrukcje teoretyczne i z nich wyciąga wnioski. Nie wykluczone, że zebrane w ten sposób dane nie mają w ogóle żadnej wartości, bo gdy kilka osób ma na tę samą rzecz różne poglądy, w dodatku całkowicie ze sobą sprzeczne, i gdy każdy z nich jest równie prawdopodobny, a żadnego nie da się z całą pewnością wykluczyć, to przyjęcie jednego, a odrzucenie drugiego może budzić wątpliwości. Otóż jeśli Gomez w swoich artykułach twierdzi [*Gomez, 1998, 2002*], że akty świadomości na ogół odbiera się inaczej i, konkretnie, że uczestnicy doświadczenia Libeta odbierali je inaczej niż ten sądził, to wydaje się, że nie można odmówić Gomezowi racji. Prowadzi to do dość niepokojącego wniosku, że aby posługując się świadomością zbierać za jej pomocą twarde, naukowe dane, najpierw trzeba poznać jak ta świadomość działa. Zwraca uwagę, że próbuje się tu dokonać jakby dziwnego przekręcenia, w którym ściśle, liczbowe dane wzięte z niematerialnej świadomości, o której nie wiadomo do końca czym jest, mają zbudować most pomiędzy nią, a światem fizycznym i jeszcze abstrakcyjnymi pojęciami takimi jak wolna wola. Faktycznie przejście do granicy coraz mniejszych wartości, coraz krótszych odcinków czasu, do skali, w której już nie wiele wiadomo, napotyka na opór nie do pokonania i na razie powoduje tylko coraz więcej zamętu i sporów, niż cokolwiek rozjaśnia. Trzeba przyznać, że niektórzy przytoczeni powyżej autorzy są zgodni co do danych, jednak nawet jeśli się tak dzieje, to wtedy ich analiza i interpretacja jest różna. Niekiedy, odnosząc się do swoich prac, nie zgadzają się ze sobą i to nawet do takiego stopnia, że można mieć wątpliwości czy rozumieją siebie nawzajem i czy mówią o tym samym czy raczej o dwóch zupełnie innych rzeczach. Zagłębiając się coraz dalej w niuanse zjawisk, z których żadne nie jest pewne, nie można tego wykluczyć i pozostaje stwierdzić, że doświadczenie Libeta wciąż

prowadzi tylko do coraz to nowych pytań. Zresztą to właśnie było jego wielką zasługą. Zrobiło wiele dobrego, było przyczyną, motorem licznych działań, pokazało możliwości jakie daje pomiar EEG i dało impuls do szybszego rozwoju tej techniki, wzbudziło rozmaite kontrowersje i choć więcej zaciemniło niż wyjaśniło, to jego oddziaływaniu na różne gałęzie nauki nie da się zaprzeczyć. Mimo, że to wszystko jest prawdą, to jednak zarówno pytanie czym dokładnie jest potencjał gotowości jak i kwestia wolnej woli, wciąż pozostają otwarte i nierozstrzygnięte. Mimo całej prostoty doświadczenia widać, że nie jest to tak prosta sprawa, a żeby pójść o krok dalej i wyciągać daleko idące wnioski, jest to chyba zbyt śmiałe posunięcie. Od wieków nie udaje się połączyć niematerialnego z materialnym i może jest jeszcze za wcześnie, bo choć w tym roku mija 30 lat od ogłoszenia przez Libeta wyników jego doświadczenia, to wydaje się, że do tej pory i w ten sposób nie udało się tego dokonać. Tym trudniej się spodziewać, żeby udało się to zrobić w warunkach wydzielonej pracowni, które nie są w niczym wyjątkowe. Można jednak przeprowadzić podobne badania w celach dydaktyczno- edukacyjnych, aby podwyższyć umiejętności rejestracji EEG i zademonstrować bezpośredni wpływ analizy danych na znaczenie wyników.

## Literatura

- [1] Libet, Gleason, Wright, Pearl. Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness potential). The unconscious initiation of freely voluntary act. *Brain* (1983), 106, 623-642.
- [2] Haggard, Eimer. On the relation between brain potentials and the awareness of voluntary movements. *Experimental Brain Research* (1999), 126, 128-133.
- [3] Trevena, Miller. Cortical Movement Preparation before and after a Conscious Decision to Move. *Consciousness and Cognition* (2002), 11, 162–190.
- [4] Keller, Heckhausen. Readiness potentials preceding spontaneous motor acts: voluntary vs. involuntary control. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* (1990), 76, 351-361.
- [5] Gomez. The Timing of Conscious Experience: A Critical Review and Reinterpretation of Libet’s Research. *Consciousness and Cognition* (1998), 7, 559–595.
- [6] Pockett. On Subjective Back-Referral and How Long It Takes to Become Conscious of a Stimulus: A Reinterpretation of Libet’s Data. *Consciousness and Cognition* (2002), 11, 144–161.
- [7] Gomez. The interpretation of Libet’s results on the timing of conscious events: A commentary. *Consciousness and Cognition* (2002), 11 (2), pp. 221-230.
- [8] Libet. The Timing of Mental Events: Libet’s Experimental Findings and Their Implications. *Consciousness and Cognition* (2002), 11, 291–299.
- [9] Trevena, Miller. Cortical Movement Preparation and Conscious Decisions: Averaging Artifacts and Timing Biases. *Consciousness and Cognition* (2002), 11, 308–313.
- [10] Levy. Libet’s Impossible Demand. *Journal of Consciousness Studies* (2005), 12, 67–76.
- [11] Rosenthal. The timing of conscious states. *Consciousness and Cognition* (2002), 11, 215–20.