Filip Wojciechowski

Nr indeksu: 233854

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

na kierunku Automatyka i Sterowanie Robotów

Studia stacjonarne

**Zadajnik haptyczny jako narzędzie do pomiaru i diagnostyki**

**ręki plegicznej**

kierujący pracą:

dr Igor Zubrycki

Łódź, wrzesień 2021 r.

PODZIĘKOWANIA

POLITECHNIKA ŁÓDZKA   
WEEIA

**Filip Wojciechowski**

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

**Zadajnik haptyczny jako narzędzie do pomiaru i diagnostyki   
ręki plegicznej**

Łódź, 2021 r.

Promotor: dr Igor Zubrycki

# Streszczenie

**Słowa kluczowe:** [], [], []

LODZ UNIVERISTY OF TECHNOLOGY   
FACULTY OF ELECTRICAL, ELECTRONIC, COMPUTER AND CONTROL ENGINEERING

**Filip Wojciechowski**

MSc THESIS

**Zadajnik haptyczny jako narzędzie do pomiaru i diagnostyki   
ręki plegicznej**

Lodz, 2021

Supervisor: Igor Zubrycki, PhD

# Abstract

**Key words:** [], [], []

SPIS TREŚCI

[Streszczenie 3](#_Toc80111699)

[Abstract 4](#_Toc80111700)

[1. Wstęp i motywacja 6](#_Toc80111701)

[1.1. Cel i zakres pracy 6](#_Toc80111702)

[1.2. Motywacja 6](#_Toc80111703)

[1.3. Wstęp 6](#_Toc80111704)

[1.4. Terminologia 6](#_Toc80111705)

[2. Przegląd literatury omawiającej zastosowanie technologii haptycznej w medycynie 7](#_Toc80111706)

[2.1. Zadajnik haptyczny jako narzędzie diagnostyczne lub rehabilitacyjne w przypadku plegii 7](#_Toc80111707)

[2.2. Pozostałe zastosowania zadajników haptycznych w medycynie 9](#_Toc80111708)

[3. Analiza zadajnika haptycznego Omega 7 10](#_Toc80111709)

[3.1. Konstrukcja oraz sposób działania zadajnika haptycznego 10](#_Toc80111710)

[3.2. Dostępne sterowniki oraz oprogramowanie 10](#_Toc80111711)

[4. Analiza stosowanych czynności medycznych do pomiaru dłoni plegicznej 10](#_Toc80111712)

[4.1. Plegia - teoria 10](#_Toc80111713)

[4.2. Czynności medyczne służące do diagnostyki oraz rehabilitacji ręki plegicznej 10](#_Toc80111714)

[5. Projekt wykorzystania zadajnika haptycznego jako narzędzia do diagnostyki dłoni plegicznej 11](#_Toc80111715)

[5.1. Przygotowanie stanowiska pomiarowego dla zadajnika 11](#_Toc80111716)

[5.2. Funkcje oprogramowania 11](#_Toc80111717)

[5.3. Schemat funkcji oraz przebiegi 11](#_Toc80111718)

[6. Omówienie możliwości oraz analiza badań przeprowadzonych na zadajniku Omega 7 z zastosowaniem stworzonego oprogramowania 12](#_Toc80111719)

[6.1. Wybrane badania do stwierdzenia skuteczności oprogramowania 12](#_Toc80111720)

[6.2. Analiza wyników przeprowadzonych badań 12](#_Toc80111721)

[7. Literatura 13](#_Toc80111722)

# 1. Wstęp i motywacja

Wstęp

1.1. Cel i zakres pracy

Celem tego projektu jest dostosowanie zadajnika haptycznego tak aby pełnił rolę narzędzia pozwalającego na przeprowadzenie diagnostyki oraz zebranie odpowiednich pomiarów na temat ręki plegicznej u badanej osoby. W tej pracy magisterskiej poruszone zostaną zagadnienia mówiące o aktualnych czynnościach medycznych wykorzystywanych w celu diagnozy i wykrywania plegii oraz w jaki sposób czynności te przyczyniły się do stworzenia odpowiedniego oprogramowania. W pracy opisane zostaną kryteria, według których określona będzie skuteczność stworzonego systemu pomiarowo-diagnostycznego opierającego się na zadajniku haptycznym Omega 7 Force Dimension.

1.2. Motywacja

Stworzenie stanowiska pomiarowego dla ręki plegicznej bazującego na zadajniku haptycznym wiąże się z dwoma powodami. Jeden z nich to stworzenie stanowiska pomiarowego dla ręki plegicznej jako jednego z narzędzi potrzebnych w projekcie Lider zajmującym się rehabilitacją i diagnostyką ręki plegicznej. Zebranie odpowiednich pomiarów takich jak siła, opór czy kąt wychylenia nadgarstka badanej osoby będzie bezpośrednio wykorzystywane aby w odpowiedni sposób przygotować narzędzie rehabilitacyjne dla chorej osoby. Drugim i równie ważnym powodem wyboru tego tematu jest stworzenie narzędzia, które w dokładniejszy i bardziej rzetelny sposób jest w stanie dokonać pomiaru i diagnostyki ręki plegicznej niż ludzkie zmysły. Doświadczony medyk z łatwością dokona diagnozy i określi poziom spastyczności ręki badanego, natomiast nie jest w stanie nawet przy dużym doświadczeniu określić dokładnych wartości sił jakimi może oddziaływać ręka czy oporów, które stawia przez spastyczność. Tak więc narzędzie, pozwalające na zebranie takich pomiarów, może być bardziej wiarygodnym źródłem w przypadku określenia stopnia spastyczności lub oceny skuteczności przeprowadzanej rehabilitacji. Stworzone stanowisko będzie mogło nie tylko przygotować niezbędne dane pomiarowe na temat ręki plegicznej w celu dobrania narzędzia rehabilitacyjnego ale także pozwoli na ewentualne sprawdzanie postępów rehabilitacji prowadzonej na autorskim narzędziu rehabilitacyjnym.

1.3. Wstęp

Krótko na temat historii o rehabilitacji – jak na początku sobie z tym radzono jak jest to wykonywane teraz. Opisz ogólnikowo proces, podczas którego wykonywana jest diagnoza i dlaczego między innymi urządzenie byłoby lepsze – dostarcza informacji o dokładnych siłach oporach kątach wychylenia itp.

1.4. Terminologia

Opis zagadnień takich jak plegia, spastyczność rodzaje spastyczności itp.

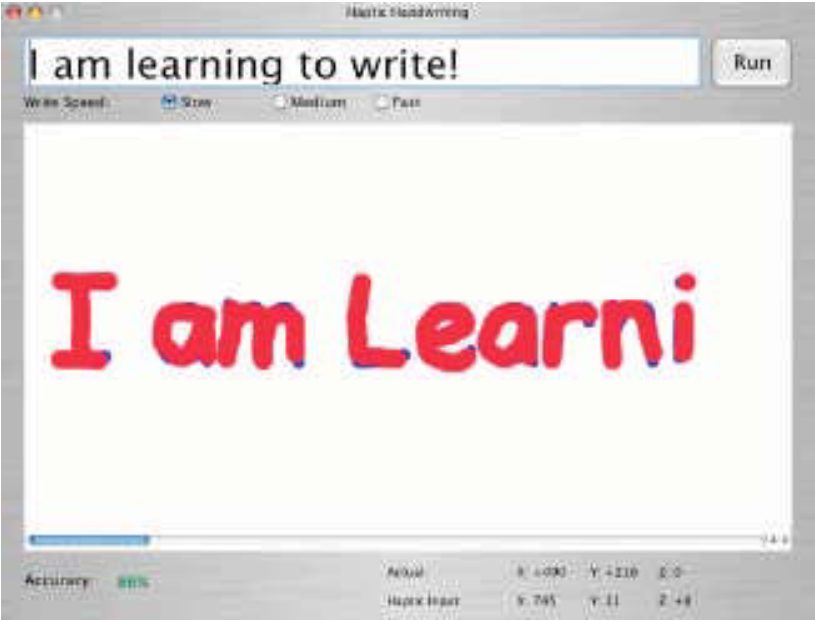
# 2. Przegląd literatury omawiającej zastosowanie technologii haptycznej w medycynie

W tym dziale opis artykułów, znalezionych w których zastosowany został zadajnik haptyczny omega 7 lub innego rodzaju zadajniki haptyczne

2.1. Zadajnik haptyczny jako narzędzie diagnostyczne lub rehabilitacyjne w przypadku plegii

Modele zadajników haptycznych mogą różnić się między sobą pod wieloma względami. Najbardziej charakterystycznymi cechami urządzeń haptycznych jest możliwość kontaktowania się z użytkownikiem za pomocą zmysłu dotyku poprzez odpowiednie wywieranie sił urządzenia na efektor, który jest bezpośrednim elementem do komunikacji z użytkownikiem. Jedną z dziedzin, w której wykorzystuje się technologie haptyczną jest medycyna. Zadajniki haptyczne mogą być wykorzystywane zarówno przez pacjentów jak i lekarzy w zależności od przeznaczenia danego urządzenia i jego oprogramowania. W tym podrozdziale przeanalizowane zostaną opublikowane artykuły mówiące o wykorzystaniu technologii haptycznej w rehabilitacji oraz współpracy z pacjentami po porażeniach, natomiast w podrozdziale 2.2 omówione zostanie wykorzystanie zadajników haptycznych dla pozostałych zastosowań w medycynie.

W artykule [1] opisane zostały prace nad zadajnikiem haptycznym Phantom Omni, który użyty został jako narzędzie służące do wspomagania ponownej nauki pisania po przejściu udaru. Urządzenie haptyczne Phantom Omni pozwala na odczyt pozycji efektora z dokładnością do 0.05mm. Możliwe jest również wywieranie sił o wartości 3.3N przez efektor w przestrzeni roboczej, która wynosi 160 x 120 x 70 mm. Autorzy omawianego artykułu, opisując algorytm sterujący, mówią pobieżnie o wykorzystaniu oprogramowania Sensable 3D touch SDK jako bazy do stworzonego środowiska. Cwiczenie lub sprawdzenie poprawności pisowni badanej osoby polega na wykonywaniu odpowiednich ruchów efektorem zadajnika w taki sposób aby odtworzyć pokazany na ekranie tekst. W zależności od zaawansowania niedowładu ręki badanej osoby, zadajnik haptyczny ma za zadanie w mniejszym lub większym stopniu pokierować rękę użytkownika, tak aby ta pokryła w jak najlepszym stopniu przedstawiony na ekranie tekst.



Rysunek 1. Interfejs użytkownika dla haptycznego wspomagania pisowni [1].

W omawianym artykule skuteczność działania systemu wspomagania pisowni bazującego na urządzeniu Phantom Omni niestety nie została przetestowana na osobach z plegią. Podane rezultaty w poprawie pisowni ze wspomaganiem w postaci zadajnika haptycznego nie są porównane z dokładnością pisowni bez wspomagania kontrolera. Mimo tego cały temat artykułu ukazuje potencjał i możliwości zadajników haptycznych jako narzędzi do wspomagania codziennych czynności lub też pomocy w odzyskaniu pewnych zdolności utraconych po wypadku lub udarze. Zadanie opisane w artykule jest możliwe do odtworzenia za pomocą zadajnika Omega 6, różni się on od urządzenia Omega 7 wykonaniem efektora. W przypadku Omega 6 efektor posiada 6 stopni swobody zamiast 7 jednakże jego efektor wykonany jest na kształt długopisu tak jak wykonane zostało urządzenie Phantom Omni.

Urządzenie haptyczne Phantom zostało również wykorzystane w diagnozie oraz rehabilitacji pacjenta z wyraźnym niedowładem lewej dłoni co zostało przedstawione w artykule [2]. W przypadku tego doświadczenia użyto specjalnego zestawu ekranu i okularów, dzięki którym użytkownik tych urządzeń widzi rzeczy wyświetlanego przez ekran w 3D. Dzięki użyciu takich urządzeń do stworzenia programu rehabilitacyjnego współpracującego z urządzeniem Phantom, możliwe jest wykorzystanie całej przestrzeni roboczej efektora zadajnika haptycznego. Odpowiednie właściwości ręki pacjenta zostały zmierzone przed wykonywaniem ćwiczeń na zadajniku oraz po pewnym czasie rehabilitacji, a następnie zostały ze sobą porównane. Pierwszy test wykonany w celu zbadania właściwości ręki pacjenta polegał na umieszczeniu jak największej ilości kołków w otwory na specjalnej tablicy. Wynikiem tego testu jest ilość kołków umieszonych w otworach na tablicy w przeciągu 30 sekund [3]. Drugi test polegał na zastosowaniu urządzenia Grippit [4] w celu zbadania maksymalnej oraz średniej siły jaką badana osoba jest w stanie wywierać na urządzenie przez 10 sekund, starając się przez cały czas pomiaru użyć jak największej siły chwytającej. Trzecim testem wykonanym przez autorów omawianego artykułu [2] jest ćwiczenie przeprowadzone na autorskim oprogramowaniu współpracującym z zadajnikiem haptycznym Phantom, oraz specjalnym ekranie imitującym obraz 3D. Test ten polega na poruszaniu efektorem urządzenia Phantom w taki sposób aby w jak najszybszym czasie osiągać wskaźnikiem pozycje pojawiających się w losowych miejscach na ekranie obiektów. Wartości jakie podczas wykonywania ćwiczenia były zapisywane, to czas, prędkość, długość trajektorii wykonanej przez użytkownika, a także najkrótsza odległość jaką można było przebyć aby osiągnąć cel. Wszystkie trzy testy zostały wykonane zarówno przed, jak i po zaleconej rehabilitacji. Rehabilitacja pomiędzy testami miała polegać na graniu w stworzoną przez Reachin Technologies grę, która polegała na uderzaniu piłki za wskaźnikiem poruszanym za pomocą zadajnika Phantom w taki sposób aby przewróciła ona jak najwięcej cegiełek postawionych w obszarze gry. Zrzut ekranu przedstawiającego omawianą aplikacje umieszony został na rysunku 2, na którym widać rozmieszczone cegiełki, wynik, oraz piłkę.

Obraz zawierający tekst

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 2. Zrzut ekranu przedstawiający stworzoną przez Reachin Technologies grę, wykorzystaną do rehabilitacji w artykule [2].

Gra została przerobiona przez autorów tak, aby dostępne były cztery różne poziomy, które modyfikowały prędkość z jaką porusza się piłka. Poziom trudności gry zwiększał się za każdym razem, gdy użytkownik osiągnął ustawiony przez autorów artykułu wynik zbijania cegiełek postawionych w obszarze gry. W celu porównania wyników rehabilitacji chorej osoby, trzem testom opisanym powyżej poddano dziewięć zdrowych, prawo ręcznych mężczyzn. Czas w jakim badana osoba wykonywała trzeci test przed treningiem w postaci gry, wyniósł średnio 1,27 sekundy. Po przejściu treningu i ponownym wykonaniu testu trzeciego, czas ten zmalał do średnio 0.96 sekundy. Czas pomiędzy dwoma pierwszymi testami nie został podany w artykule, natomiast ostatni – trzeci test, został wykonany po kolejnych 20 tygodniach i zmalał on do średnio 0.86 sekundy na wykonanie testu. Dla porównania średni wynik zbadanych dziewięciu zdrowych mężczyzn za pomocą tego samego testu, wyniósł 0.73 sekundy bez uprzedniego treningu. Wraz z postępem czasu oraz wykonaniem treningu na udostępnionej pacjentowi grze, czas reakcji poprawił się, dzięki czemu wyniki testu badanej osoby polepszały się z upływem czasu. Dzięki badaniom przeprowadzonym w artykule [2] można zaobserwować potencjał w zadajnikach haptycznych jako narzędziach do pomiaru oraz rehabilitacji osób z plegią. Użycie wirtualnej rzeczywistości (gry wyświetlanej na ekranie 3D) wraz z technologią haptyczną pozwala na jednoczesne wykonanie skutecznych treningów rehabilitacyjnych, wraz z dostarczeniem rozrywki w postaci gry komputerowej.

2.2. Pozostałe zastosowania zadajników haptycznych w medycynie

Między innymi teleoperacje, zastosowania chirurgiczne itp.

# 3. Analiza zadajnika haptycznego Omega 7

Asadnsjds

3.1. Konstrukcja oraz sposób działania zadajnika haptycznego

asadasfsaf

3.2. Dostępne sterowniki oraz oprogramowanie

# 4. Analiza stosowanych czynności medycznych do pomiaru dłoni plegicznej

4.1. Plegia - teoria

Konieczne do dobrania odpowiednich czynności medycznych, które posłużyły za przykład wykonywania diagnozy oraz badań nad ręką plegiczną, było dokładne zrozumienie tego na czym polega to schorzenie. Aby opis kolejnych rozdziałów był zrozumiały przytoczona zostanie definicja plegii oraz jej rodzajów.

Plegia, nazywana również porażeniem, występuje w przypadku braku dopływu bodźców nerwowych do mięśni lub samego uszkodzenia mięśni. Można wyróżnić kilka rodzajów plegii, takich jak: porażenie wiotkie pochodzenia neurogennego, porażenie wiotkie pochodzenia miogennego, porażenie spastyczne oraz porażenie przysenne. Porażenie wiotkie pochodzenia neurogennego spowodowane jest przerwaniem zespołu nerwów przewodzących impulsacje nerwową do efektora – mięśnia. Ten rodzaj plegii niesie za sobą objawy takie jak znaczne obniżenie napięcia mięśniowego, zanik mięśni, uniemożliwienie poruszania kończyną dotkniętą porażeniem. Istnieje również drugi rodzaj porażenia wiotkiego – porażenie wiotkie pochodzenia miogennego. Tak jak w przypadku poprzednio opisanego porażenia występują u chorej osoby objawy związane z bezwładnością kończyny i nie możność poruszenia dotkniętą porażeniem kończyną. W tym jednak wypadku przyczyną jest bezpośrednio uszkodzenie mięśnia między innymi na skutek urazu fizycznego czy też miopatii [5]. Porażenie przysenne związane jest bezpośrednio z zasypianiem lub budzeniem się. Osoba doświadczająca tego rodzaju porażenia znajduje się w stanie pełnej świadomości ale nie jest w stanie wykonać żadnych ruchów często za wyjątkiem mrugania lub poruszania oczyma. Nie jest to rodzaj paraliżu, które może podlegać rehabilitacji fizycznej i nie będzie on poruszany w dalszej części pracy. Głównym porażeniem, ze względu na które wykonywany jest ten projekt jest porażenie spastyczne nazywane również porażeniem kurczowym lub spastycznością. W porównaniu do poprzednio opisanych porażeń, w tym przypadku objęta plegią kończyna nie jest wiotka, a często wręcz posiada silny skurcz mięśniowy. W tym przypadku bardzo często konieczne jest podejmowanie rehabilitacji w celu zmniejszenia porażenia lub całkowitego wyeliminowania plegii [6]. W artykule [6] przedstawiony został schemat leczenia spastyczności, który przedstawia etapy leczenia spastyczności i pokazuje, że pierwszym etapem na drodze leczenia zanim pacjentowi zostaną podane leki, jest rehabilitacja [7].

4.2. Czynności medyczne służące do diagnostyki oraz rehabilitacji ręki plegicznej

Dobór funkcji diagnostycznej, określającej jakie opory stawia ręka spastyczna badanej osoby lub jakie siły jest w stanie wygenerować dobrane zostały na podstawie kontaktu z medykami zajmującymi się rehabilitacją osób z porażeniami. Urządzenie, które miałoby posłużyć jako diagnostyka i określenie stopnia spastyczności musi być odpowiednio dopasowane do współpracy z osobami o znacznie utrudnionych zakresach ruchu, często nie tylko kończyn górnych. Oprócz odpowiednich funkcji programistycznych sterujących w odpowiedni sposób efektorem zadajnika haptycznego konieczne jest dostosowanie stanowiska diagnostyczno-pomiarowego w taki sposób aby możliwe było stabilne zamocowanie ręki badanej osoby. Zamocowanie polegać musi na tym aby pacjent nie musiał własną siłą podtrzymywać ręki w odpowiedniej pozycji pozwalającej na zamocowanie dłoni do efektora zadajnika haptycznego. Niezwykle ważne jest również takie zaprojektowanie statywu podtrzymującego rękę aby ruch dłoni nie wywoływał niepożądanych ruchów przedramienia lub całej ręki, co mogło by spowodować niedokładny pomiar sił, oporów lub kąta wychylenia nadgarstka.

*[Między innymi jaki jest cel omówienia tego działu. Przeprowadzenie analizy czynności medycznych, które są stosowane do wykrywania i rehabilitacji dłoni plegicznej, posłużyło do przygotowania projektu wykorzystującego zadajnik haptyczny jako narzędzie do wykonania diagnostyki dłoni plegicznej. Dzięki rozmowom z doświadczonymi medykami w tej dziedzinie wyodrębnione zostały sposoby na odpowiednie przeprowadzenie analizy w celu ustalenia stopnia plegii oraz dobranie indywidualnego toku rehabilitacji do każdego pacjenta.]*

# 5. Projekt wykorzystania zadajnika haptycznego jako narzędzia do diagnostyki dłoni plegicznej

5.1. Przygotowanie stanowiska pomiarowego dla zadajnika

asd

5.2. Funkcje oprogramowania

1 – bezpieczeństwo, hamowanie ograniczenia prędkości

- cel tej części sterownika oraz słownie jaki rodzaj sterowania został zastosowany. Opisać również na czym polega sztuczne utrzymanie ręki na okręgu którego promieniem jest odległość stawu nadgarstka od efektora zadajnika

2 – funkcje do diagnostyki i pomiaru dłoni plegicznej

- w jaki sposób działają funkcje oraz jakie wartości wyjściowe i wejściowe są tam obecne. Opis teoretyczny a w 5.2 schematy i przebiegi

**Pamiętaj w tym dziale o tym, że masz pisać tak jakbyś zlecał komuś wykonanie projektu – nawet jeżeli nie zostanie skończony to na podstawie tej pracy ktoś ma wiedzieć jak go wykonać**

**Tak więc opis funkcjonalności dokładny – co ma robić oprogramowanie a w dziale 5.2 jak ma robić**

5.3. Schemat funkcji oraz przebiegi

1 – schemat blokowy części oprogramowania kolejno od: hamowania/utrzymania chwytaka w położeniu po łuku/funkcji do diagnostyki i pomiaru

Tutaj wstawić już przygotowany schemat części sterownika służącego za ograniczenie niebezpiecznych prędkości oraz opisać na podstawie przebiegów jego skuteczność. Schemat blokowy pozostałych części sterownika nie koniecznie w matlabie

# 6. Omówienie możliwości oraz analiza badań przeprowadzonych na zadajniku Omega 7 z zastosowaniem stworzonego oprogramowania

6.1. Wybrane badania do stwierdzenia skuteczności oprogramowania

Rodzaje badań – zastosowanie wiedzy pozyskanej od medyków do porównania badań które wykonują oni z tym co potrafi odczytać i przeanalizować oprogramowanie chwytaka

6.2. Analiza wyników przeprowadzonych badań

Porównanie skuteczności stworzonego narzędzia z opisanymi w dziale 6.1 badaniami, które mają posłużyć za kryterium skuteczności przygotowanego sprzętu

# 7. Literatura

[1] “Mullins, James, Christopher Mawson, and Saeid Nahavandi. ‘Haptic handwriting aid for training and rehabilitation.’ 2005 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Vol. 3. IEEE, 2005.,” doi: 10.1109/icsmc.2005.1571556.

[2] “Broeren, Jurgen, Martin Rydmark, and Katharina Stibrant Sunnerhagen. ‘Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study.’ Archives of physical medicine and rehabilitation 85.8 (2004): 1247-1250.,” doi: 10.1016/j.apmr.2003.09.020.

[3] “Hamm, N. H., & Curtis, D. (1980). Normative data for the Purdue Pegboard on a sample of adult candidates for vocational rehabilitation. Perceptual and motor skills, 50(1), 309-310.”

[4] “Hammer, A., & Lindmark, B. (2003). Test-retest intra-rater reliability of grip force in patients with stroke. Journal of rehabilitation medicine, 35(4), 189-194.”

[5] “Radło, W., Mazurkiewicz, S., Juda, Z., Tutaj, J., & Woźny, Z. (2014). Orteza wspomagana mechatronicznie dla pacjentów z trwałym wiotkim porażeniem kończyn. Problemy Nauk Stosowanych, 2.”

[6] “Olchowik, B., Sobaniec, W., Sołowiej, E., & Sobaniec, P. (2009). Aspekty kliniczne zwalczania spastyczności. Neurol Dziec, 18(36), 47-57.”

[7] “Ochs, G. A. (Ed.). (1995). Baclofen intrathekal: Leitfaden für die praktische Anwendung; 29 Tabellen. Thieme.”