

# Jak zamierzony nieporządek podczas treningu zapewnia porządek w ruchu

Przypadkowe wibracje mają wpływ na komórki mięśniowe i nerwowe



Pacjent z uszkodzeniem rdzenia kręgowego podczas treningu rezonansem stochastycznym: Wskutek wypadku drogowego w 2003 r. Jens Maspfuhl doznał paraliżu poprzecznego. W 2005 r. wziął udział w projekcie badawczym we Frankfurcie i od tego czasu regularnie trenuje z pomocą stymulacji rezonansem stochastycznym. Podczas tego treningu wytwarzane są wibracje o niskiej częstotliwości, z reguły czterech do ośmiu Hertzów, na które nakładają się przypadkowe (stochastyczne) szумы i przenoszone są z pomocą dwóch płytek pod stopy na człowieka.

Christian T. Haas,  
Stephan Turbanski,  
Dietmar Schmidbleicher



Austriacki narciarz zjazdowy Hermann Maier podczas treningu przygotowującego do mistrzostw świata z pomocą frankfurckich specjalistów od kultury fizycznej i pobudzenia rezonansem stochastycznym.

Od ponad dziesięciu lat w Instytucie Kultury Fizycznej badane jest oddziaływanie wibracji na sterowanie ruchami przez człowieka. Zespół dr Christiana Haasa i prof. Dietmara Schmidbleichera odkrył przy tym szerokie spektrum funkcji z zarówno pozytywnymi, jak i negatywnymi efektami fizjologicznymi. Tak oto identyczne wibracje o wysokich częstotliwościach mogą prowadzić do zaburzeń czucia lub utraty aktywności odruchowej. Z drugiej strony trening ze zmiennymi impulsami wibracyjnymi, tak zwanym „rezonansem stochastycznym”, poprawia koordynację. Stale zmieniające się impulsy trenują współdziałanie receptorów, mózgu i mięśni i powodują bardziej efektywne, dostosowane do danych wymagań przebiegi ruchów. Co ciekawe, efekty te są widoczne zarówno u sportowców wyczynowych, jak i u pacjentów z zaburzeniami ruchowymi.

Zasada treningu rezonansem stochastycznym (SRT) stanowi przeciwieństwo dla tradycyjnego rozumienia mechanizmów sterowania ruchem. Z reguły próbuje się nie dopuszczać żadnych zakłóceń i w miarę możliwości ograniczać nieprzewidywalne wpływy. Podczas treningu jednak pewien stopień zamierzonych zakłóceń przyczynia się do tego, że w życiu codziennym zaburzenia ruchów są mniej uciążliwe.

*„Gdy na człowieka – aktywny, dynamiczny, złożony i inteligentny układ – działają wibracje, to nie można oczekiwać, że zaobserwuje się tylko jeden jedyny lub prosty i łatwo przewidywalny skutek.”* (Griffin 1996, Handbook of Human Vibration, 1)



Wizyta brazylijskiej drużyny narodowej: Przedstawiciele brazylijskiej piłkarskiej drużyny narodowej podczas mistrzostw świata otrzymują we Frankfurcie rady, jak z pomocą treningu rezonansem stochastycznym zminimalizować ryzyko i skutki urazów.

1. Terapeutyczny fotel trzęsący Charcota: „Charcots chaise trepidante” do leczenia objawów choroby Parkinsona: Ten fotel bujający został wynaleziony już w XIX w. przez francuskiego neurofizjologa Jeana Marie Charcota.



Wibracje, zwane także mechanicznymi drganiami, stale towarzyszą człowiekowi w nowoczesnym społeczeństwie industrialnym: W tramwaju lub pociągu jesteśmy permanentnie potrząsani i czujemy wibracje, pracując wiertarką lub szlifierką. Leczą także podczas aktywności sportowej, jak jazda na rowerze górskim, czy jazda na nartach, nasz organizm wpada w znaczne drgania mechaniczne i wystawiony jest na działanie uderzeń i musi starać się je jak najskuteczniej zamortyzować. Wibracje w ogóle wywołują liczne procesy na zróżnicowanych poziomach ludzkiego ciała. – Reakcje i adaptacje sięgają od płaszczyzny czuciowej i mięśniowej, przez układ hormonalny i neuroprzekazniki, aż po aktywację obszarów mózgu. Obok tak zróżnicowanych efektów i możliwości reakcji ten obszar badań jest interesujący również dlatego, że różni ludzie przy identycznej stymulacji wibracjami wykazują różne reakcje. Można to wytłumaczyć między innymi tym, że człowiek, patrząc od strony

fizycznej, stanowi wielokrotnie sprzężony układ oscylatorów sprężynowych i masowych. W zależności od budowy ciała, jego pozycji i miejsca wprowadzenia drgań przenoszone lub filtrowane są różne energie i częstotliwości. Ponadto człowiek dysponuje nie jednym, lecz kilkoma układami receptorów, które mogą rejestrować wpływ drgań. Do tego efekty zależą od różnych parametrów drgań, jak amplituda, częstotliwość, forma i regularność.

Negatywne skutki wibracji wynikają zwykle z przewlekłego obciążenia. U pracowników, którzy codziennie operują wibrującymi maszynami i przez to przez kilka godzin podlegają obciążeniu drganiami o wysokiej częstotliwości, czucie jest często trwale upośledzone, a ukrwienie zaburzone. To powoduje, że niezbędne są przepisy ochrony pracy i kontrole. W przeciwieństwie do tego liczne nowe prace badawcze, także naszego zespołu, wykazują, że dzięki określonym formom drgań osiągnąć można działanie terapeutyczne, w szczególności u osób ze schorzeniami degeneracyjnymi nerwów i z zaburzeniami ruchowymi. Już w XIX w. Jean Marie Charcot (1825 – 1893), który w tamtych czasach zaliczał się do wiodących neurofizjologów, opisywał tego rodzaju efekty. U pacjentów z chorobą Parkinsona stwierdził, że objawy po podróży pociągiem ulegają wyraźnemu osłabieniu. Fenomen ten skojarzył on z powstawaniem pobudzenia poprzez drgania i do celów terapeutycznych wynalazł „chaise trepidante” (fotel trzęsący), który jednak był bardzo trudny w obsłudze. [1]

## Stymulacja układu nerwowo-mięśniowego – pomoc dla pacjentów z chorobą Parkinsona

Centrum zainteresowania bieżących prac badawczych są przede wszystkim pacjenci, których codzienna zdolność ruchowa upośledzona jest wskutek schorzenia lub urazu. Konsekwencje tych ograniczeń ruchowych i związanego z nimi braku aktywności mogą być bardzo dalekosiężne. Sięgają one od „prostej” utraty masy mięśniowej i kostnej, przez zmiany progu aktywacji neuronalnej, po złożone zaburzenie koordynacji i wynikające z niego ryzyko upadku. Zwłaszcza zależność pomiędzy „bodźcami ruchowymi” a „przeżywaniem komórek nerwowych” jest centralnym mechanizmem, który nie został dotąd odpowiednio doceniony. Jeżeli przez dłuższy okres czasu komórka nerwowa nie jest pobudzana, to traci zdolność funkcjonowania, a dla organizmu nie istnieje już konieczność jej dalszego adekwatnego zaopatrywania. Przy wystarczającej aktywności – na przykład poprzez zamierzone bodźce treningowe – uwalniane są substancje biochemiczne, tak zwane „czynniki neurotroficzne”, które przeciwdziałają degeneracji i utracie funkcji przez komórkę nerwową oraz zapewniają tworzenie nowych zespołów komórek nerwowych.

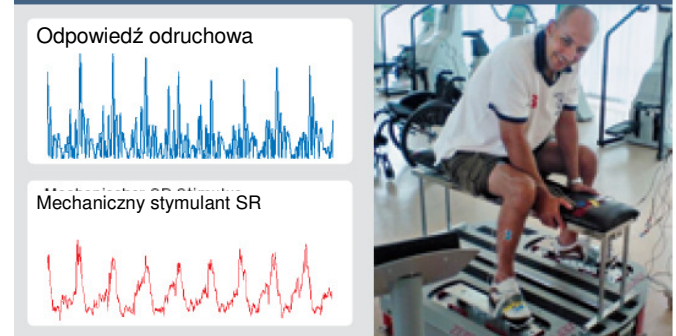
Procesy te mają szczególne znaczenie dla pacjentów z chorobami degeneracyjnymi nerwów, jak



choroba Parkinsona, stwardnienie rozsiane, ale także w przypadkach urazów neurologicznych, jak uszkodzenie rdzenia kręgowego; i wskutek tego krytyczną rolę odgrywa fakt, że właśnie u tych pacjentów występują zaburzenia ruchowe, które utrudniają odpowiedni trening lub prawie całkowicie go uniemożliwiają. Fatalną konsekwencją, gdy brak jest wymaganych stymulantów ruchowych, jest szybkie dalsze pogorszenie objawów.

Stymulacja układu nerwowo-mięśniowego impulsami wibracyjnymi stwarza tutaj możliwość przerwania spirali prowadzącej w dół. Już w latach 60-tych XX w. wykazano, że przenoszenie wibracji na aparat mięśniowo-ścięgnowy prowadzi do odruchowej odpowiedzi, odruchu skurczowego na wibrację (TVR). Tym samym generowana jest aktywność mięśniowa, nawet gdy drogi aktywacji świadomej – na przykład w przypadku paraliżu – są uszkodzone. Wprowadzając takie „bypassing” można osiągnąć poprzez pobudzenie sygnałami elektrycznymi, powodując one jednak bezpośrednią depolaryzację błony włókien mięśniowych, w związku z czym sygnały sensoryczne nie są ani selekcjonowane, ani hierarchizowane, a tym samym nie wpływają na sterowanie ruchem. Jeżeli jednak funkcjonalne wzorce ruchów mają być ponownie wyuczone, co stanowi główny cel neurorehabilitacji, układ nerwowo-mięśniowy musi być w stanie adekwatnie hierarchizować zewnętrzne bodźce. Jeżeli działanie to nie jest trenowane, to powstaje zachowanie o charakterze digitalnym: Mięsień nie jest aktywowany wcale lub aktywowany wyłącznie maksymalnie. Dla większości przebiegów ruchów niezbędne są jednak stopnie pośrednie. Poprzez bodźce wibracyjne, obejmujące pewną różnorodność i zakłócenia, jak sygnały rezonansu stochastycznego (SR), można spełnić oba wymogi: spowodowanie mimowolnej aktywacji mięśniowej (bypassing) i wyuczenie optymalnie stopniowanych wzorców aktywacji mięśniowej [2].

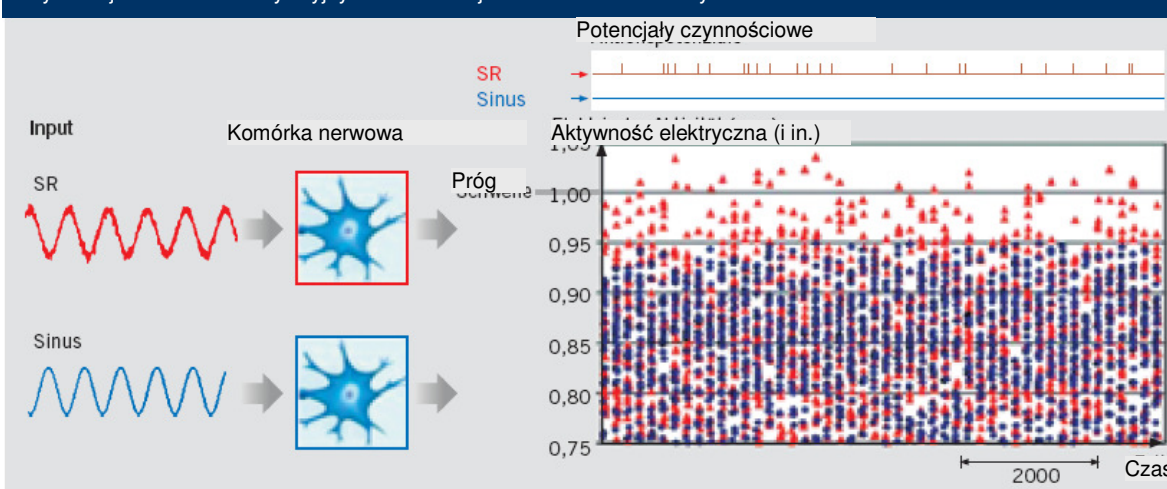
#### Efekt rezonansu stochastycznego w urazach nerwowych



[2] Schematyczna prezentacja pobudzenia SR i wynikającego z niej odruchowej odpowiedzi mięśniowej u pacjentów z uszkodzeniem rdzenia kręgowego.

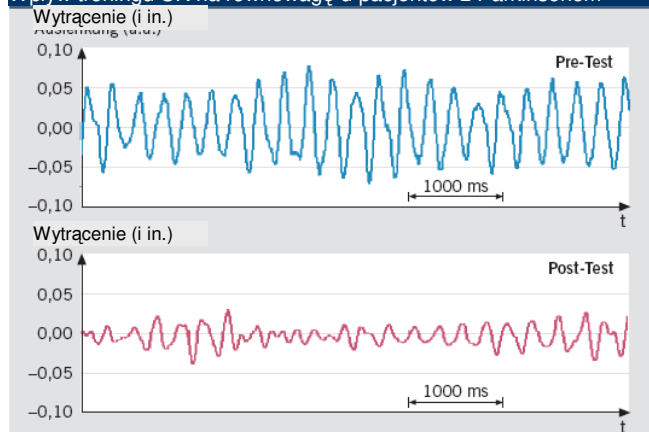
Rezonans stochastyczny (SR) jest fenomenem badanym w różnych dyscyplinach nauki. Zasada rezonansu stochastycznego została uzasadniona i po raz pierwszy opisana w latach 80-tych XX w. przez włoskiego geofizyka Roberto Benzię i jego współpracowników w związku z obliczaniem czasu trwania okresów w epokach lodowcowych. Od tego czasu algorytmy SR pojawiły się w licznych dyscyplinach przyrodniczych. W bardzo ogólny sposób rezonans stochastyczny opisuje efekty działania przypadkowych (stochastycznych) wpływów na zachowanie układów nieliniarnych, do których zalicza się także człowiek. Stała, lecz nieprzewidywalna zmiana sygnałów SR prowadzi podczas treningu do ciągłego, nieznacznego zakłócenia równowagi. Jeżeli dzieje się to w sposób powtarzalny, człowiek uczy się opracowywania wzorców aktywacji mięśniowej, aby możliwie skutecznie skompensować te zakłócenia. Gdyby wibracje były niezmiennie (na przykład drgania sinusoidalne), to odpowiedzi receptorów mięśniowych, ścięgien, skóry i stawów również byłyby stale takie same, a informacje te stawałyby się nieinteresujące dla mózgu. Ponadto drgania sinusoidalne trenują bardzo wąski zakres wzorców aktywacji, który dla sprostania wymaganiom dnia codziennego nie wystarczy.

#### Stymulacja działaniem oscylacyjnym w sztucznej sieci komórek nerwowych



[3] Stymulacja efektów neuroelektrycznych sygnałów sinusoidalnych (niebieski) w porównaniu do sygnałów SR (czerwony) w modelu prostej komórki nerwowej: Podczas gdy impulsy sinusoidalne pozostają podprogowe, rezonans stochastyczny wywołuje potencjały aktywacji komórki.

## Wpływ treningu SR na równowagę u pacjentów z Parkinsonem



[4] Przykładowa prezentacja danych z pomiaru równowagi u pacjentów z chorobą Parkinsona. Podczas gdy w przed-tescie obecne są duże wahania w tył i w przód, po interwencji SR można stwierdzić wyraźnie większą kontrolę równowagi.

Sygnaly wibracji stochastycznych typu SR mają jeszcze kolejną zaletę. Wchodzą one w interakcję z równie stochastycznymi parametrami czynnościowymi układu nerwowego [3], z czego wynikają zachowania o charakterze rezonansowym. Przez to – w przeciwieństwie do sygnału linearnego – łatwiej może dojść do przekroczenia progu pobudzenia komórki nerwowej. W konsekwencji oznacza to, że już nieznaczna intensywność pobudzenia rejestrowana jest przez Pacjenta i wywoływana jest aktywność nerwowo-mięśniowa. Tak oto na przykład Wen Liu i współautorzy (Harvard Medical School, Boston University, USA) wykazali, że umiejętność rejestrowania mechanicznych bodźców SR u osób starszych, pacjentów po udarze mózgu i z neuropatią może ulec poprawie o 16 do 34 procent w stosunku do harmonicznym sygnałom sinusoidalnym. Liczne dalsze badania amerykańskich, australijskich i izraelskich neurobiologów, psychologów i fizyków stwierdzają porównywalne efekty w różnych grupach pacjentów. Kanadyjscy koledzy wykazali, że harmoniczne i przypadkowe bodźce mechaniczne powodują różne skutki także dla aktywacji obszarów mózgu. – Przede wszystkim te obszary aktywowane są wyraźnie silniej przez przypadkowe wpływy, które w wielu

schorzeniach są mniej aktywne, jak kora przedczołowa i dodatkowe pole ruchowe.

Charles Turner i jego współpracownicy z Indiana University School of Medicine (USA) wykazali ponadto w eksperymencie na zwierzętach, że bodźce SR nadają się do przyspieszania procesów wzrostu w kościach. W porównaniu do harmonicznym bodźców sinusoidalnym można uzyskać czterokrotnie lepsze rezultaty. Najwyraźniej wynika to ze stochastycznego działania wapnia i innych kanałom jonowym, które z kolei odgrywają centralną rolę w budowaniu komórek kostnych (osteoblasty). Wyniki te mają zastosowanie praktyczne w profilaktyce i rehabilitacji osteoporozy, przez co ryzyka złamania ulega wyraźnej redukcji.

Nasze własne badania zajmowały się przede wszystkim wpływem mechanicznym sygnałom SR na koordynację i leżące u jej podstaw procesy sterowania u ludzi. Podstawę stanowi tutaj fenomen, że jeden ruch nigdy nie jest powtarzany dwa razy, nawet jeśli ruchy rutynowe posiadają rzekomo ten sam wzorzec. W konsekwencji oznacza to, że wykonywanie ruchu każdorazowo wymaga swoistego nakładom kalkulacyjnego. Równocześnie w życiu codziennym, a przede wszystkim w sporcie występują liczne sytuacje, w których procesy przetwarzania muszą działać bardzo szybko. Gdy biegnie się na przykład nierówną polną drogą, to w mięśniach nóg uwalniane są odruchy. Istotnym wyzwaniem jest z jednej strony to, żeby określone, dostosowane do warunków zewnętrznych odruchy, przebiegały płynnie i pewnie, z drugiej strony procesy te muszą odbywać się w wyjątkowo krótkich ramach czasowych ok. 100 do 200 milisekund. Zwykle funkcjonuje to na bazie wartości doświadczenia, które wskutek urazu lub schorzenia zostały zaburzone. Poprzez zróżnicowane wymogi treningowe bodźców SR można zoptymalizować zachowanie odruchowe.

## Frankfurcka „Wersja rezonansu stochastycznego”

W Instytucie Kultury Fizycznej we Frankfurcie stworzono możliwość opracowania procesów

## Opisy doświadczeń pacjentów po treningu SR

Zaburzenia zdolności ruchowych mają często dalekosiężne skutki, wykraczające znacznie poza obszar fizjologiczno-motoryczny. Często dochodzi do zerwania więzi społecznych, osamotnienia, pogorszenia jakości życia itp. W naszych projektach badawczych nie tylko mierzymy bezpośrednie skutki motoryczne, lecz uwzględniamy również subiektywne odczucia pacjentów i wpływ na życie codzienne. Dla przykładu przedstawiamy poniżej dwa krótkie opisy doświadczeń.

„W moim stanie doszło do następujących zmian:

Drżenie: brak poprawy

Sztynność: nieodczuwalna, nigdy nie była problemem

Skłonność do upadków: całkowicie zlikwidowana

Zmęczenie: zmienne, ale w porównaniu do ostatniego roku mniejsze

Zachłystywanie: całkowicie zlikwidowane

Pisanie: czytelne pismo

Ruchy: harmoniczne.”

*(Pacjent z chorobą Parkinsona po codziennym treningu przez rok)*

„Od lutego biorę udział w badaniach, w ramach których zastosowano trening rezonansem stochastycznym. Już po krótkim czasie zauważyłam efekt: Stanie przychodzi mi ogólnie łatwiej, w szczególności stanie swobodne. Nie potrzebuję już takiego nakładom siły i stoję pewniej. Poprawie uległo także chodzenie: Chodzę lżej, sprawniej i szybciej. Mam znacznie więcej siły napędowej, to znaczy, nie ciągnę się już tak, lecz poruszam się płynniej. Ponadto znacznie rzadziej potykam się i upadam.

*(Pacjentka ze stwardnieniem rozsianym po kilkutymgodniowym treningu)*



## Pochodzenie treningu SR

Co ciekawe pierwsze rozpoznania na temat działania treningu SR pochodzą ze sportu wyczynowego. W szczególności w dyscyplinach sportowych, w których istnieją duże wymagania w odniesieniu do regulacji równowagi i sterowania odruchami, zastosowanie ma trening SR.

Sportowcy, tacy jak Hermann Maier, Kati Wilhelm i Ronny Eckermann sięgają w treningu koordynacji do frankfurckich procedur. Analogicznie jak w branży samochodowej, w której know how zbierane jest podczas wyścigów, aby następnie zastosować rozwiązania także w normalnych samochodach użytkowych, wydaje się to także dotyczyć ludzi. Powód, dla którego transfer taki możliwy jest w zakresie rezonansu stochastycznego, wynika z tego, że leczony jest nie specyficzny objaw, lecz pobudzone i optymalizowane są elementarne mechanizmy sterowania ruchami, które ważne są tak samo dla sportowca, jak i pacjenta.

treningowych i terapeutycznych w oparciu o impulsy SR. Trenujący lub pacjent stoi przy tym na dwóch płytkach pod stopy, które poruszają się wielopłaszczyznowo z częstotliwością podstawową czterech do ośmiu Hertzów i prowadzą do ciągłej destabilizacji równowagi. Aby uniknąć efektów przyzwyczajania i dodatkowo zapewnić szybsze rejestrowanie sygnału, częstotliwość podstawowa przerywana jest przypadkowymi (stochastycznymi) zakłóceniami. Typowa jednostka treningowa składa się z pięciu serii po minutę każda. Te krótkie przedziały czasowe wybierane są po to, aby uniknąć reakcji zmęczenia w układzie nerwowym.

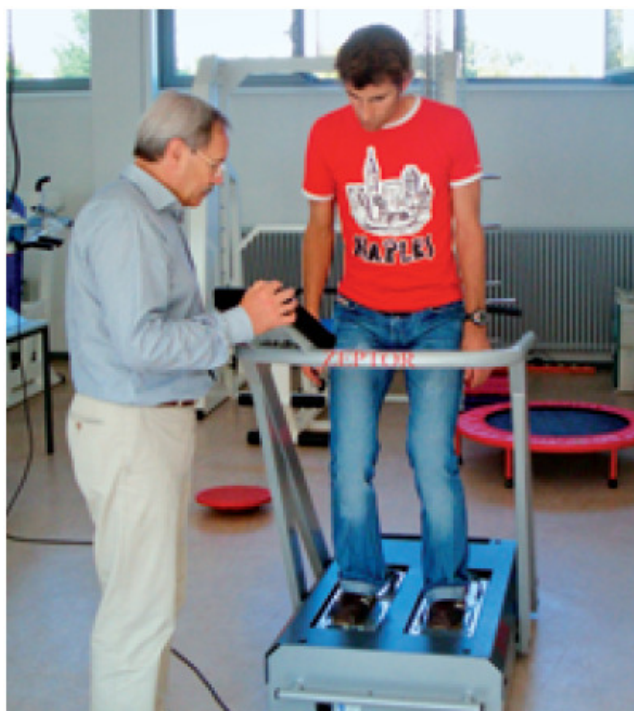
U pacjentów z chorobą Parkinsona krótkie serie pobudzenia pięć razy po minutę prowadzą do wysoce istotnej poprawy objawów motorycznych. Drżenie (tremor) pacjentów ulega redukcji o średnio 25 procent, sztywność zmniejsza się o 24 procent. Zakres redukcji objawów jest jednakże bardzo zróżnicowany, u prawie jednej piątej pacjentów nie zaobserwowano żadnych zmian. Mimo to wyniki te są miarodajne. Znaczenie kliniczne i terapeutyczne objawia się przede wszystkim w zakresie leczenia poważnych objawów motorycznych, jak zaburzenia równowagi, które są mało podatne na leczenie farmakologiczne. [4]



Złota medalistka i gwiazda białonów Kati Wilhelm podczas treningu koordynacji pobudzeniem rezonansem stochastycznym.

Nasilone uwalnianie neuroprzekaźników, jak wykazały eksperymenty na zwierzętach, może odgrywać decydującą rolę w poprawie objawów choroby Parkinsona. Część mózgu reaguje na nowe, nieprzewidywalne wymagania – jak w przypadku impulsów rezonansu stochastycznego – uwalnianiem dopaminy. Tego, że istnieją inne istotne neurobiologiczne mechanizmy, dowodzą badania europejskich kolegów w różnych specjalizacjach, którzy zastosowali frankfurcką zasadę w innych schorzeniach. Lorenz Radlinger i współpracownicy ze szpitala uniwersyteckiego w Bernie (Szwajcaria) zbadali wpływ na parametry serca i krążenia i aspekty kondycyjne u pacjentów z przewlekłą niewydolnością żylną. Berthold Kepplinger, dyrektor Landesnervenklinik West (Austria), stwierdził trwały pozytywny wpływ treningu SR w depresji i u pacjentów z przewlekłymi bólami. Othmar Schuhfried i jego zespół, Klinika Uniwersytecka w Wiedniu (Austria), zidentyfikowali poprawę regulacji równowagi po stymulacji SR u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. Porównywalne wyniki stwierdzono u pacjentów z MS także we Frankfurcie. [5]

Także dwuboista Ronny Ackermann, sportowiec roku, szukał możliwości dalszego ulepszenia treningu i natrafił przy tym na trening rezonansem stochastycznym.



## Wpływ treningu SR na równowagę u pacjentów z MS



W hiszpańsko-niemieckim projekcie wspólnie z naukowcami z Sewilli zbadaliśmy, jaki efekt wywołuje trening SR u pacjentów z niepełnym paraliżem poprzecznym. W zależności od stopnia uszkodzenia rdzenia kręgowego można tym pacjentom przywrócić zdolność chodzenia. Dane wykazują, że pacjenci dysponują wyraźnie lepszą funkcją chodzenia, gdy w terapię zaimplementuje się bodźce treningowe SR.

[5] Dane dotyczące kontroli posturalnej (równowaga) w przebiegu kilkutygodniowego studium indywidualnego z pacjentką z MS: Wyższy słupek reprezentuje gorszy wynik. Uwagę zwraca każdorazowo bezpośrednie reagowanie na zabieg terapeutyczny (pre vs. post), a ponadto również długotrwała poprawa, która jednak nie wykazuje charakteru linearnego. Nawet po przerwaniu zabiegów na osiem tygodni (tutaj nie ujęto) w porównaniu do testu początkowego stwierdza się wyraźne lepsze wyniki.

Prawdopodobnie za te wyniki odpowiada aktywacja zespołów komórek nerwowych w rdzeniu kręgowym (central pattern generator), pracujących niezależnie od nadającego rytm mózgu.

Mimo że już prawie 250 kliniki i placówek rehabilitacyjnych w Europie korzysta z frankfurckiego odkrycia dotyczącego SR, niektóre mechanizmy czynnościowe pozostają niewyjaśnione i stanowią przedmiot badań. Poza tym, mimo licznych pozytywnych efektów, nie należy stwarzać wrażenia, że jest to „lek na wszelkie dolegliwości”, który sprawia, że wszystkie pozostałe środki lecznicze stają się zbędne. Zarówno w zakresie treningu sportowego, jak i w terapii efektywne postępowanie charakteryzuje się zasadniczo zróżnicowanymi, dostosowanymi do siebie nawzajem zabiegami.

## Literatura do tematu

- |   |  |   |   |   |  |  |
|---|--|---|---|---|--|--|
| Gammaitoni L., et al. <i>Rev. Mod. Physics.</i> 1998; S. 224–287.                   | Haas C. T., et al. <i>Dt. Zeitsch. Sportmed.</i> 2004; S. 34–43. | Haas C. T., et al. <i>Bewegungstherapie und Gesundheitssport.</i> 2006; S. 58–61. | Liu W., et al. <i>Arch. Phys. Med. Rehabil.</i> 2002; 83, S. 171–176. | Schmidtbleicher D., et al. <i>23<sup>th</sup> ISBS Proceedings 2005</i> , S. 71–79. | Tanaka S. M. et al. <i>FASEB Journal.</i> 2002, online.                    | Ward L. W., et al. <i>Biol. Cybern.</i> 200 S. 91–101. |
| Griffin M. J., <i>Handbook of human vibration.</i> Academic Press. San Diego; 1996. | Haas C. T., et al. <i>NeuroRehabilitation.</i> 2006 3; S. 29–36. | Haas C. T., et al. <i>24<sup>th</sup> ISBS Proceedings 2006</i> , S. 311–314.     | Nelson A. J. et al. <i>Exp. Brain Res.</i> 2004; S. 22–32.            | Schuhfried O., et al. <i>Clin. Rehabil.</i> 2005; 19; S. 834–842.                   | Turbanski S., et al. <i>Research in Sports Medicine.</i> 2005; S. 243–257. |  |

## Autorzy

**Dr Christian T. Haas**, 34, studiował wychowanie fizyczne we Frankfurcie. Od 1998 do 2001 r. był doktorantem i obronił pracę doktorską na temat mechanicznych impulsów drgań w narciarstwie alpejskim. O 1999 r. jego przedmiot zainteresowań stanowią interdyscyplinarne projekty badawcze, nawiązujące do fizyki, neurobiologii i terapii. Dzięki projektowi i pobytowi badawczemu dotowanym przez Federalny Instytut Kultury Fizycznej w Vail, Park City i Salt Lake City (USA) pogłębiał on swoją wiedzę w zakresie profilaktyki i rehabilitacji urazów stawów kolanowych. We współpracy z europejską siecią różnych klinik neurologicznych Haas w ostatnich latach badał wpływ bodźców treningowych na sprawność motoryczną i objawy u pacjentów ze schorzeniami degenerującymi nerwy i urazami neurologicznymi. W 2001 r. Haas został odznaczony nagrodą Freseniusa za Wynalazczość i Innowacyjność na targach medycznych Medica za wynalezienie nowej metody treningowej do leczenia zaburzeń ruchowych. Obecnie pracuje nad habilitacją na temat „Mechaniczne pobudzenie a reakcja sensomotoryczna”.

**Dr Stephan Turbanski**, 30, który również studiował wychowanie fizyczne na Uniwersytecie Johanna

Wolganga Goethego, w 2005 r. obronił pracę doktorską na temat „Posturalne mechanizmy kontroli w chorobie Parkinsona”. Obecnie kieruje dotowanym przez Instytut Federalny projektem badawczym „Diagnostyka wyników i trenowane sterowanie siłą w sporcie osób niepełnosprawnych”.

**Prof. dr Dietmar Schmidtbleicher**, 57, jest profesorem nauk o treningu i ruchu w Instytucie Kultury Fizycznej na Uniwersytecie we Frankfurcie. Studiował wychowanie fizyczne i fizjologię sprawności we Freiburgu, gdzie także obronił pracę doktorską. Od 1975 do 1988 r. pracował przy specjalnych dziedzinach badań DFG „Fizjologia mózgu i zmysłów” i „Adaptacja układów neuronalnych i nauka motoryczna”. Schmidtbleicher jest przewodniczącym dyrektorium Federalnego Instytutu Kultury Fizycznej i honorowym przewodniczącym European Interdisciplinary Society for Clinical and Sports Application. W swoich badaniach zajmuje się mechanizmami sterowania neuronalnego ruchem oraz treningiem siły i szybkości. Bliższe informacje na temat terapii rezonansem stochastycznym: c.haas@sport.uni-frankfurt.de

