

# Acta Balneologica

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA BALNEOLOGII I MEDYCYNY FIZYKALNEJ  
JOURNAL OF THE POLISH BALNEOLOGY AND PHYSICAL MEDICINE ASSOCIATION

TOM LXI  
TOM LXI

NUMER 3 (157)/2019  
NUMBER 3 (157)/2019

KWARTALNIK  
QUARTERLY

LIPIEC-WRZESIEŃ  
JULY-SEPTEMBER



Aluna Publishing

# Acta Balneologica

**REDAKCJA/EDITORIAL BOARD:**

prof. Włodzisław Kuliński  
– redaktor naczelny/Editor in Chief

**REDAKCJA ZAGRANICZNA/  
/FOREIGN EDITOR:**

Walter Karpinski

**REDAKTORZY TEMATYCZNI/  
/TOPIC EDITORS:**

dr Hanna Tomczak – rehabilitacja,  
balneologia, medycyna fizykalna  
dr Jacek Chojnowski – interna,  
balneologia, medycyna fizykalna  
dr Przemysław Adamczyk – urologia,  
balneologia, medycyna fizykalna  
dr Alicja Szymańska-Paszczuk –  
balneokosmetologia

**REDAKTORZY JĘZYKOWI/  
/LANGUAGE EDITORS:**

mgr Agnieszka Rosa  
prof. Oleksandr Pułyk

**REDAKTOR STATYSTYCZNY/  
/STATISTICAL EDITOR:**

mgr Ewa Guterman

**RADA NAUKOWA/  
/SCIENTIFIC BOARD:**

**Przewodnicząca/Chairwoman:**  
prof. Irena Ponikowska, Ciechocinek

**Członkowie/Members:**

prof. Krzysztof Błażejczyk, Warszawa  
prof. Mirosław Boruszczak, Gdańsk  
dr hab. Marek Chabior, Szczecin

prof. Grzegorz Cieślak, Bytom  
prof. Wojciech Ciężkowski, Wrocław  
dr hab. Dariusz Dobrzyński, Warszawa  
prof. Andrzej M. Fal, Warszawa  
prof. Tomasz Ferenc, Łódź  
prof. Wojciech Gruszczyński, Łódź  
dr Piotr Kalmus, Bydgoszcz  
dr Wojciech Kasprzak, Poznań  
prof. Jerzy Kiwerski, Warszawa  
prof. Robert Latosiiewicz, Białystok  
dr Teresa Latour, Poznań  
prof. Krzysztof Marczewski, Zamość  
prof. Roman Ossowski, Bydgoszcz  
prof. Aleksander Ronikier, Warszawa  
prof. Włodzimierz Samborski, Poznań  
prof. Aleksander Sieroń, Bytom  
dr Irena Walecka, Warszawa  
prof. Bohdan Wasilewski, Warszawa  
prof. Piotr Wiland, Wrocław  
prof. Jerzy Woy-Wojciechowski, Warszawa  
prof. Zygmunt Zdrojewicz, Wrocław

**MIĘDZYNARODOWA RADA NAUKOWA  
/INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD:**

prof. Yuko Agishi, Japan  
prof. Tomas Bender, Hungary  
prof. Sholpan Bulekbayeva, Kazakhstan  
prof. Pedro Cantista, Portugal  
prof. Nino Chikhladze, Georgia  
prof. Alina V. Chervinskaya, Russia  
prof. David Ferson, USA  
prof. Antonelle Fioravanti, Italy  
prof. Christopher Gutenbrunner, Germany  
prof. Giovanni Gurnari, Italy  
prof. Shigeko Inokuma, Japan  
prof. Zeki Karagulle, Turkey  
dr Jan Lidaj, Slovak Republik

prof. Olga Grigorowna Morozowa, Ukraine  
dr K'tso Nghargbu, Nigeria  
prof. Yoshinori Ohtsuko, Japan  
dr hab. Oleksandr Pulyk, Ukraine  
prof. Alexander N. Razumov, Russia  
prof. Christian Francois Roques, France  
prof. Krzysztof Schoeneich, Nigeria  
prof. Gabriel Reyes Secades, Cuba  
dr hab. Urszula Smorag, Germany  
prof. Umberto Solimene, Italy  
prof. Olga Surdu, Romania  
prof. Sergo I. Tabagari, Georgia  
dr Virgaudas Taletavicius, Lituania  
prof. Rosalba Vanni, Italy  
dr Khaj Vu, USA

**WYDAWCA/PUBLISHER:**

Wydawnictwo Aluna  
ul. Przesmyckiego 29  
05-510 Konstancin Jeziorna  
[www.actabalneologica.pl](http://www.actabalneologica.pl)

**KOORDYNATOR PROJEKTU/  
/PROJECT COORDINATOR:**

MEDDOM PRESS  
tel. 604-208-453  
[barbadom@wp.pl](mailto:barbadom@wp.pl)

**OPRACOWANIE GRAFICZNE/  
/GRAPHIC DESIGN:**

Piotr Dobrzyński  
[www.poligrafia.nets.pl](http://www.poligrafia.nets.pl)

**PRENUMERATA/SUBSCRIPTION:**

[prenumerata@wydawnictwo-aluna.pl](mailto:prenumerata@wydawnictwo-aluna.pl)

---

© Copyright by Aluna

Wydanie czasopisma Acta Balneologica w formie papierowej jest wersją pierwotną (referencyjną).  
Redakcja wdraża procedurę zabezpieczającą oryginalność publikacji naukowych oraz przestrzega zasad  
recenzowania prac zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

# SPIS TREŚCI/CONTENTS

## ORIGINAL ARTICLES/PRACE ORYGINALNE

Włodzisław Kuliński, Katarzyna Szałas

### **Analysis of Physical Therapy in Stroke**

**Analiza postępowania fizykalnego w udarze mózgu**

157

Laura Piejko, Krzysztof Cygoń, Kamila Niewolak, Dariusz Fielek, Paula Pecyna, Dariusz Chełminiak, Paweł Zieliński, Karol Kobylarz, Mateusz Grzmiła, Bogna Szoltyś, Anna Polak

### **Treatment Resort Extended with Modern Feedback Exercises Using Virtual Reality to Improve Postural Control in Patients Aged 65+ with an Increased Risk of Falls. Preliminary Study**

**Leczenie uzdrowiskowe poszerzone o nowoczesne ćwiczenia oparte na sprzężeniach zwrotnych wykorzystujących rzeczywistość wirtualną w celu poprawy kontroli posturalnej u pacjentów w wieku 65+ ze zwiększonym ryzykiem upadków. Badanie wstępne**

163

Katarzyna Bojarczuk, Anna Mrozek, Marcin Lewicki, Agata Smoleń

### **Physical Activity as a Crucial Determinant of Health**

**Aktywność fizyczna jako niezbędny wyznacznik zdrowia**

171

Rafał Piaścik, Daniel Malczewski, Katarzyna Nowicka, Maria Kłoda, Piotr Pietras, Izabela Domitrz, Jan Kochanowski

### **Kinesiotaping kompleksu obręczy barkowej w prewencji dolnego podwichnięcia stawu ramiennego u osób po udarze mózgu**

**Kinesiotaping of the Shoulder Complex in the Prevention Subluxation in Patients After Stroke**

176

Katarzyna Pietrzak, Łukasz Kikowski, Adrianna Zwolińska, Joanna Kostka

### **Ocena bezpieczeństwa oraz wpływu serii zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej na poziom odczuwania bólu i sprawność funkcjonalną pacjentów w różnym wieku**

**Evaluation of the Safety and the Influence of a Whole Body Cryotherapy on the Level of Pain Perception and Functional Capacity of Patients at Different Age**

182

Jolanta Matusiak, Antonina Kaczorowska, Aleksandra Katan

### **Ocena skuteczności fizjoterapii uzdrowiskowej w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa**

**Evaluation of the Effectiveness of Physiotherapy in Health Resort in the Treatment of Lumbosacral Spine Pain**

189

## PRACE POGŁADOWE/REVIEW ARTICLES

Mariusz Nowakowski, Dominik Sieroń, Jarosław Pecold, Marek Szymkiewicz, Tomasz Piętka, Maria Dydoń,

Karolina Sieroń, Aleksander Sieroń, Ewa Kucharska

### **Degenerative Lesions of the Lumbosacral Spine and the Biological Age of the Patient**

**Zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego a wiek biologiczny pacjenta**

195

Michał Piwoński, Klaudia Żak, Patrycja Gierszon, Izabela Morawska, Dominika Psiuk, Agata Stachura

### **The Role of Fampridine in the Symptomatic Treatment of Gait Impairment in Patients with Multiple Sclerosis**

**Rola famprydyny w objawowym leczeniu upośledzenia chodu u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym**

199

Mateusz Bartczyk, Andrzej Suchanowski, Marta Woldańska-Okońska

### **Efekty stosowania wibracji całego ciała w fizjoterapii – przegląd piśmiennictwa**

**The Effects of Whole Body Vibration in Physiotherapy – a Review of the Literature**

208

Marzena Pełczyńska, Magdalena Milczarek, Magdalena Maciejewska, Joanna Wietrzyk

### **Wpływ prądu TENS H na proliferację komórek nowotworowych w zależności od natężenia prądu w badaniach *in vitro***

**The Influence TENS H Current Over Proliferation of Cancer Cells Depending on the Intensity in *in vitro* Assay**

213

## VARIA

Maciej Kochański, J. Wiesław Kochański

### **Powstanie i ewolucja kąpeli perełkowych**

**Origin and Development of the Pearl Baths**

217

## Z ŻYCIA TOWARZYSTWA

223

# Acta Balneologica

w prenumeracie

www.actabalneologica.pl

Prenumerata



Czasopismo  
jest indeksowane w **MNIŚW** – 8 pkt.,  
w **bazie ESCI (Web of Science)**,  
**Index Copernicus**  
oraz w  
**Polskiej Bibliografii  
Lekarskiej,**  
**Bibliografii Geografii Polskiej**

Cena rocznej prenumeraty Acta Balneologica (4 kolejne wydania) – 60 zł dla członków Towarzystwa i studentów, 100 zł dla instytucji i osób niebędących członkami Towarzystwa. Odpowiednią kwotę należy wpłacać na konto:

**Credit Agricole 82 1940 1076 3010 7407 0000 0000**

Wydawnictwo Aluna  
ul. Przesmyckiego 29  
05-510 Konstancin Jeziorna  
www.actabalneologica.pl

**Zamówienie można  
również złożyć:**

e-mailem: prenumerata@wydawnictwo-aluna.pl  
listownie: Wydawnictwo Aluna  
ul. Przesmyckiego 29  
05-510 Konstancin Jeziorna  
www.actabalneologica.pl



# Analysis of Physical Therapy in Stroke

## Analiza postępowania fizykalnego w udarze mózgu

Włodzisław Kuliński<sup>1,2</sup>, Katarzyna Szałas<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Faculty of Medicine and Health Science, JK University, Kielce, Poland

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation, Military Institute of Medicine, Warsaw, Poland

### SUMMARY

**Introduction:** Stroke is one of the most serious health problems of modern society.

**Aim:** To assess the effects of physical therapy on signs and symptoms in stroke patients.

**Material and Methods:** The study included a group of 25 patients (12 women, 13 men) with a history of stroke (ischaemic stroke – 88%, haemorrhagic stroke 12%), treated at the Department of Rehabilitation of a specialist hospital in Rzeszów. The patients participated in 6-week physical therapy in the form of kinesiotherapy, verticalization, gait training, and physiotherapy.

**Results:** 1. After treatment, functional improvements were seen in all daily activities assessed in the study. 2. Improvements depended on time from stroke; the most dynamic improvements occurred within three months after stroke.

**Conclusions:** 1. Physiotherapy helped improve the level of independence in stroke patients, increased their physical fitness, and reduced disability. 2. Rehabilitation reduced spasticity in stroke patients. 3. Appropriate patient-tailored physical therapy plays a very important role in rehabilitation. It may prevent a number of complications and reduce disability.

**Key words:** stroke, physical therapy

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Udar mózgu jest jednym z najpoważniejszych problemów zdrowotnych współczesnego społeczeństwa.

**Cel:** Ocena wpływu postępowania fizykalnego na stan podmiotowy i przedmiotowy u chorych po udarze mózgu.

**Materiał i metody:** Badaniem objęto grupę 25 chorych (12 kobiet, 13 mężczyzn) po przebytych udarze niedokrwiennym mózgu – 88% chorych, 12% udar krwotoczny, leczonych na oddziale rehabilitacji specjalistycznego szpitala w Rzeszowie. Prowadzono u nich przez 6 tygodni postępowanie fizykalne: kinezyterapia, pionizacja, nauka chodu, fizykoterapia.

**Wyniki:** 1. We wszystkich obserwowanych czynnościach dnia po leczeniu u chorych uzyskano poprawę funkcjonalną. 2. Poprawa jest zależna od czasu, który upłynął od udaru i najbardziej dynamiczna była w okresie do trzech miesięcy od wystąpienia udaru.

**Wnioski:** 1. Fizjoterapia przyczyniała się do poprawy samodzielności osób po udarze mózgu, zwiększa sprawność fizyczną i zmniejsza stopień niepełnosprawności. 2. Rehabilitacja spowodowała spadek spastyczności u pacjentów po udarze mózgu. 3. Właściwie zindywidualizowane postępowanie fizykalne odgrywa ogromną rolę w usprawnianiu pacjenta. Może uchronić go przed szeregiem powikłań, jak również zmniejszyć jego niepełnosprawność.

**Słowa kluczowe:** udar mózgu, postępowanie fizykalne

Acta Balneol, TOM LXI, Nr 3(157);2019:157-162

## INTRODUCTION

According to the report of the Expert Team of the National Stroke Prevention and Treatment Programme, there is 60,000 new cases of stroke every year in Poland. The risk of stroke increases with age. The incidence of stroke in Poland is 177 per 100 000 in men and 125 per 100 000 in women. Stroke is currently one of the most serious health problems; it is the third most common cause of death worldwide (the fourth most common cause of death in Poland) following accidents

and contributes to permanent disability in the population over the age of 40 [1-3, 5-7].

Stroke is a clinical syndrome characterised by a sudden appearance of focal, and sometimes also generalised, brain function disorders caused by ischaemia, whose manifestations have vascular aetiology and persist for more than 24 hours or lead to premature death [2-5].

In clinical practice, stroke is divided into two types: ischaemic and haemorrhagic. Ischaemic stroke constitutes

80-85% of cases of vascular central nervous system disease. This type of stroke is defined as a reversible ischaemic neurological deficit whose manifestations resolve within three weeks. Ischaemic stroke is usually caused by changes in large or small arteries supplying the brain or by a cardiac embolism. Some cases of stroke are idiopathic and their exact cause cannot be determined. Vessel occlusion blocks the supply of oxygen and glucose to the brain, which affects metabolic processes in the ischaemic part of the brain [3-5].

Haemorrhagic stroke occurs in 10-12% of cases of vascular central nervous system disease. It is usually caused by uncontrolled hypertension; an estimated 70-80% of haemorrhagic stroke cases result from hypertension. Haemorrhagic stroke may also be caused by vascular malformations, including arteriovenous malformations (AVM; approx. 38%), aneurysms, and cavernous haemangiomas.

Clinically, haemorrhagic stroke may also be divided into:

- hemispheric haemorrhage with hemiplegia, aphasia, and severe headache,
- haemorrhage in the thalamencephalon, with conjugate lateral gaze palsy and downward deviation of the eyes,
- brain stem and cerebellar haemorrhage with dizziness, severe vomiting, balance disturbances, poor movement coordination, and “wobbly” eyes.

Ischaemic stroke constitutes 80% of all cases of stroke. Epidemiological studies show that the risk of stroke depends on various factors contributing to the development of changes in blood vessels, blood, and the cardiovascular system, hypertension, and carbohydrate metabolism disorders.

Stroke patients experience multiple and very extensive complications. In most cases, stroke causes irreversible disability and impairment, which, in turn, makes patients become partially or completely dependent on other people in everyday life. Data from studies assessing the functional status of stroke patients indicate that 6 months after stroke, hemiparesis or hemiplegia become permanent in approx. 50% of patients, motor coordination problems in 30% of patients, and speech disorders in 20% of patients. More than a third of stroke patients have anxiety and depression. Approximately 50% of stroke patients require help and care from other people due to limited mental and physical fitness [8-15].

Comprehensive rehabilitation is a necessary part of the therapeutic process. Systematic physical therapy and rehabilitation reduce disability and help avoid numerous sequelae, which may lead to further hospital stays [16-20].

## REHABILITATION AND PHYSIOTHERAPY AFTER STROKE

Rehabilitation is aimed at reducing mortality in stroke patients in the first month after symptom onset by preventing life-threatening complications, but also reducing disability and improving the quality of life.

### EARLY REHABILITATION

The acute stage of stroke, also called the flaccid stage, usually lasts several days to about three weeks. The main manifestations are muscle flaccidity and general manifestations of stroke. During early rehabilitation,

patients undergo passive rehabilitation, since they are usually unconscious. Their rehabilitation consists in making a full range of motion in the paretic limbs 3-4 times a day. Passive rehabilitation is used to prevent contractures, respiratory tract infections, lower limb vein thrombosis, or pulmonary embolism. Active rehabilitation is introduced in conscious patients showing gradual physical status improvements. In the acute stage of stroke, which is the first stage of rehabilitation, the position of the patient is very important. Stroke patients should be placed in positions that allow for avoiding bedsores and contractures. Consequently, their positions should be changed every 2-3 hours, keeping in mind their urinary bladder dysfunctions. This therapy should be accompanied by speech therapy as well as therapy to improve dysphagia and cognitive and emotional problems.

### SECOND STAGE (SPASTIC)

The second stage focuses on active rehabilitation; first, new elements should be added to the exercise used in the first stage and then the exercises should be replaced with new ones. This rehabilitation is important as it restores muscle tone and strength and prevents spasticity and contractures [17].

There are numerous specialist forms of stroke rehabilitation, e.g. Brunnstrom approach, Kabat-Kaiser method, Rood approach, Jacobson method, or Bobath method.

- Instrumented methods such as functional electrical stimulation (FES) with a STEP device, biological feedback with the use of an electromyograph.
- Physiotherapy procedures: heat therapy, cryostimulation, magnetic field therapy, electrotherapy, laser therapy, ultrasound therapy.
- Massage: classic, underwater, whirlpool, pneumatic, lymphatic drainage.

Some of these methods may be used in patients in good physical condition even in the second stage of stroke [15-20].

### THIRD STAGE

The third stage of stroke rehabilitation usually starts approximately one year after stroke. In this period, rehabilitation is focused on mobilisation and wider use of physiotherapeutic procedures.

### AIM

The aim of the study was to assess the effects of physical therapy in stroke patients.

1. To analyse the effects of physical therapy on the subjective assessment of health and independence in patients after stroke.
2. To assess the effect of physiotherapy on the degree of spasticity in patients, measured with the Ashworth scale.
3. To assess the effects of physiotherapy on the physical fitness of patients, measured with the Barthel scale.
4. To assess the effects of rehabilitation on the motor ability of patients, measured with the Motor Assessment Scale (MAS) for stroke.
5. To assess the effects of physiotherapy on balance and risk of falls, measured with the Berg Balance Scale.

## MATERIAL AND METHODS

The study included 25 patients (12 women and 13 men) with a history of stroke. The patients were treated at the Department of Rehabilitation of the specialist hospital of the Ministry of the Interior and Administration in Rzeszów in 2017 for 6 weeks. They received comprehensive physical rehabilitation (kinesiotherapy, physiotherapy) for a period of 6 weeks. They were examined immediately after stroke, before rehabilitation, and after the end of rehabilitation.

Treatment results were assessed with several tools. The Ashworth scale includes values from 0 (no increase in muscle tone) to 4 (rigid muscles during movement). The Barthel scale reflects how well patients are able to perform activities of daily living. A score between 86 and 100 indicates that the patient's condition is mild and they are able to perform activities of daily living; a score of 21-85 means the patient's condition is moderately severe and they require some help; a score of 0-20 indicates that the patient's condition is very severe and that they are unable to perform activities of daily living. The Motor Assessment Scale for stroke measures general fitness. A score of 0 means no function and 6 means normal function. The Berg Balance Scale is used to assess balance and encompasses 14 activities with a 5-point assessment scale; the maximum score is 56 points.

The results of calculations, such as the patients' health, wellbeing, the Ashworth, Barthel, MAS, and Berg Balance Scale scores before and after rehabilitation, the patients' age, and BMI were statistically analysed and presented as:

- Mean – arithmetic mean, SD – sample standard deviation
- Min – minimum value, Max – maximum value

Student's t-test for dependent tests compared results obtained before and after rehabilitation. The statistical significance level was set at  $p < 0.05$ . The results are presented in tables and bar charts.

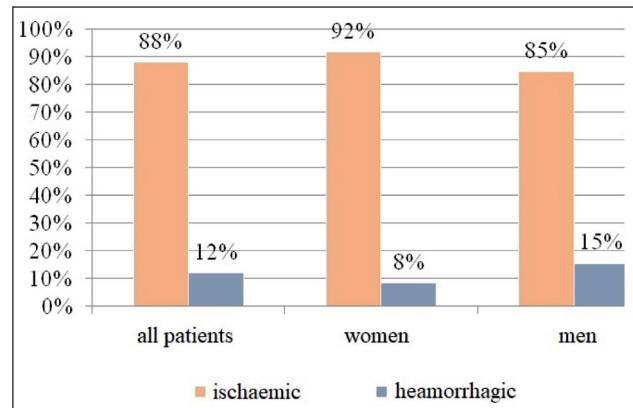


Figure 2. Type of stroke in study patients

Rycina 2. Rodzaj udaru u badanych pacjentów

## RESULTS

48% of the study group were women and 52% were men.

36% of study patients had primary education, 40% had secondary education, and 16% had higher education. 32% of study patients had a job (25% of women and 38% of men).

The age of study patients was  $56 \pm 3.1$  years. The youngest patient was 51 years old and the difference in age between men and women was not statistically significant ( $p = 0.403$ ).

The BMI value of study patients was  $27 \pm 2.4$  points. The lowest BMI was 21.6 points and the highest BMI was 31.2 points. The difference in BMI values between men and women was not statistically significant.

The vast majority of study patients (88%) had ischaemic stroke; it was diagnosed in 92% of women and 85% of men in the study. The other patients had haemorrhagic stroke.

Paresis was more pronounced on the right side in the vast majority of study patients, including 83% of women

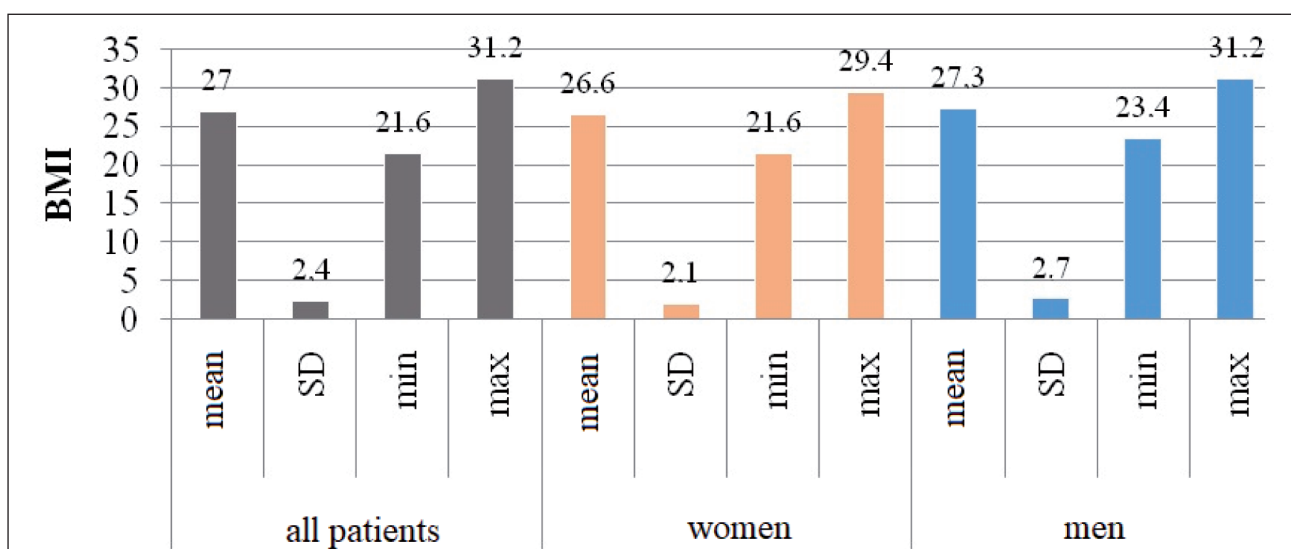
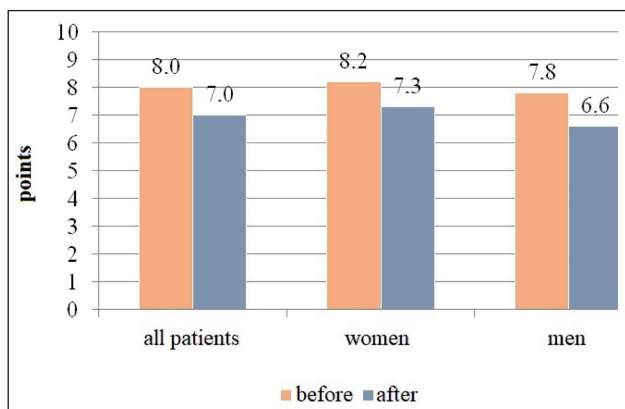


Figure 1. BMI in study patients

Rycina 1. BMI u badanych pacjentów

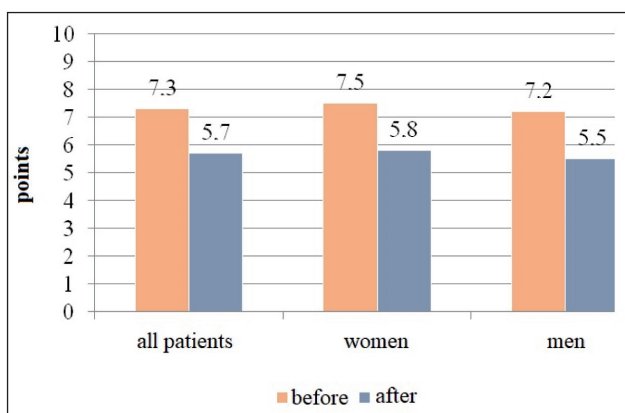


**Figure 3.** Health of study patients before and after rehabilitation  
*Rycina 3. Zdrowie badanych pacjentów przed i po rehabilitacji*

and 77% of men. In the other patients, paresis was more pronounced on the left side.

Before rehabilitation, study patients rated their health as follows: the mean score was 8 points in all patients, 8.2 points in women, and 7.8 points in men. After rehabilitation, the mean health score was 7 points in all patients, 7.3 points in women, and 6.6 points in men (Figure 3). The difference between the values obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p=0.007$  for all patients,  $p=0.127$  for women, and  $p=0.024$  for men; the difference was statistically significant ( $p<0.05$ ). Rehabilitation resulted in a significant improvement in the health of study patients.

Before rehabilitation, study patients rated their wellbeing as follows: the mean score was 8 points in all patients, 8.3 points in women, and 7.8 points in men, where 10 meant the worst possible level of wellbeing and 0 meant full satisfaction. After rehabilitation, the mean wellbeing score was 6.5 points in all patients, 6.8 points in women, and 6.2 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p=0.002$  for all study patients,  $p=0.045$  for women, and  $p=0.017$  for men. The difference was statistically significant ( $p<0.05$ ) both for the whole study group and for women

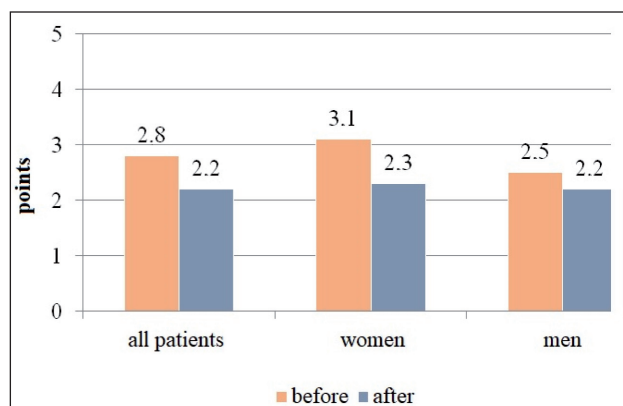


**Figure 4.** Level of independence in study patients before and after rehabilitation  
*Rycina 4. Poziom niezależności badanych pacjentów przed i po rehabilitacji*

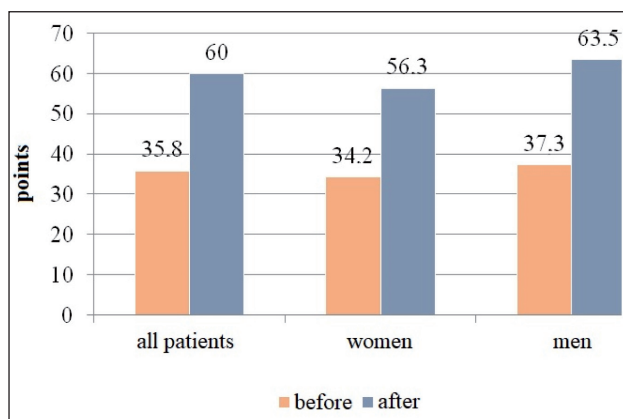
and men separately. Rehabilitation resulted in a significant improvement in the wellbeing of study patients.

Before rehabilitation, study patients rated their level of independence as follows: the mean score was 7.3 points in all patients, 7.5 points in women, and 7.2 points in men, where 10 meant a complete lack of independence and 0 meant full independence. After rehabilitation, the mean independence score was 5.7 points in all patients, 5.8 points in women, and 5.5 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p=0.000$  for all study patients,  $p=0.009$  for women, and  $p=0.001$  for men. The difference was statistically significant ( $p<0.05$ ) both for the whole study group and for women and men separately. Rehabilitation resulted in a significant improvement in the level of independence of study patients.

The mean Ashworth scale result before rehabilitation was 2.8 points for all study patients, 3.1 points in women, and 2.5 points in men. After therapy, the result was 2.2 points for all study patients, 2.3 points in women, and 2.2 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p=0.002$  for all study patients,  $p=0.002$  for women, and  $p=0.176$

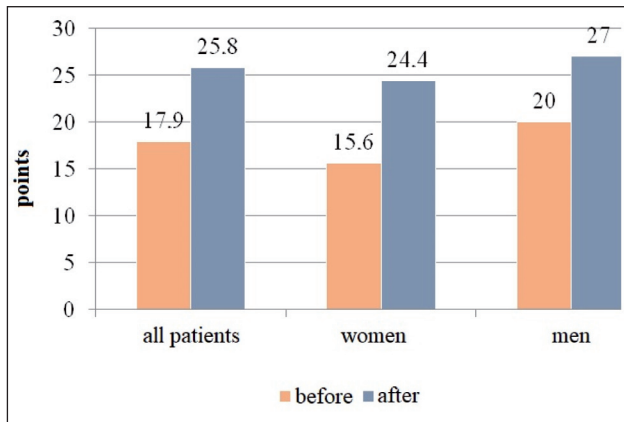


**Figure 5.** Ashworth scale results before and after rehabilitation  
*Rycina 5. Wyniki skali Ashwortha przed i po rehabilitacji*



**Figure 6.** Barthel score before and after rehabilitation  
*Rycina 6. Wynik Barthel przed i po rehabilitacji*



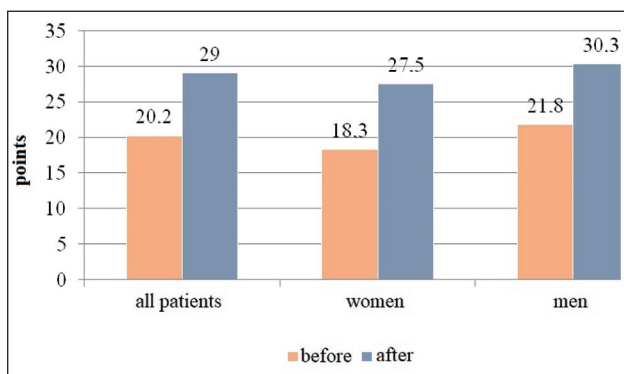


**Figure 7.** MAS score before and after rehabilitation  
*Rycina 7. Wynik MAS przed i po rehabilitacji*

for men. The difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ) for the whole study group and for women. Consequently, rehabilitation resulted in a significant reduction of muscle spasticity in the whole study group and in women.

The mean Barthel score before rehabilitation was 35.8 points in all study patients, 34.2 points in women, and 37.3 points in men. After therapy, the result was 60 points for all study patients, 56.3 points in women, and 63.5 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p = 0.003$  for women and  $p = 0.000$  for men. The difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ) both for the whole study group and for women and men separately.

The mean MAS score before rehabilitation was 17.9 points in all study patients, 15.6 points in women, and 20 points in men. After therapy, the result was 25.8 points for all study patients, 24.4 points in women, and 27 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p = 0.005$  for all study patients,  $p = 0.035$  for women, and  $p = 0.066$  for men. The difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ) for the whole study group and for women. Consequently, rehabilitation resulted in a significant improvement in the motor ability in study patients.



**Figure 8.** Berg Balance Scale scores before and after rehabilitation  
*Rycina 8. Wyniki Berg Balance Scale przed i po rehabilitacji*

The mean Berg Balance Scale result before rehabilitation was 20.2 points for all study patients, 18.2 points in women, and 21.8 points in men. After therapy, the result was 29 points for all study patients, 27.5 points in women, and 30.3 points in men. The difference between the scores obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test. The result was  $p = 0.005$  for all study patients,  $p = 0.047$  for women, and  $p = 0.045$  for men. The difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ) both for the whole study group and for women and men separately. Rehabilitation resulted in a significant improvement in balance in study patients.

## DISCUSSION

Stroke in a modern world problem. Stroke prevention is extremely important and more effort should be put into educating people about risk factors for stroke, particularly the modifiable ones, because their minimisation helps reduce the risk of stroke. Patients with a history of stroke need to start rehabilitation as early as possible. Their rehabilitation should be adjusted to the type of stroke and their mental and physical abilities. The study showed that the health of stroke patients was significantly improved after rehabilitation.

Study patients rated their health as follows: the mean score before rehabilitation was 8 points and the mean score after rehabilitation was 7 points. The difference between the results was analysed with Student's t test. The result was  $p = 0.007$  (significance level:  $p < 0.05$ ). Consequently, rehabilitation resulted in an improvement in the patients' health.

The wellbeing of study patients also changed. Before rehabilitation, the mean wellbeing score was 8 points; after rehabilitation, it was 6.5 points. The differences were confirmed with Student's t test, whose result was  $p = 0.002$  (significance level:  $p < 0.05$ ). Consequently, the wellbeing of patients improved after rehabilitation.

The level of independence in study patients was as follows: the mean independence score was 7.3 points before rehabilitation and 5.7 points after rehabilitation. The difference between the results was analysed with Student's t test, whose result was  $p = 0.000$  (significance level:  $p < 0.05$ ). Rehabilitation resulted in a significant increase in the level of independence of study patients.

The result in the Ashworth scale was 2.8 points before rehabilitation and 2.2 points on average after rehabilitation. Differences were analysed with Student's t test, whose result was  $p = 0.002$ . Consequently, rehabilitation resulted in a significant reduction in spasticity.

The Barthel score was 35.8 points before rehabilitation and 60 points on average after rehabilitation. The difference between the mean values obtained before and after rehabilitation was analysed with Student's t test, whose result was  $p = 0.000$  (significance level:  $p < 0.05$ ). Treatment resulted in a significant improvement in physical fitness.

The MAS score was 17.9 points before rehabilitation and 25.8 points after rehabilitation. The difference was analysed with Student's t test, whose result was  $p = 0.005$  (significance level:  $p < 0.05$ ). Rehabilitation improved motor abilities in study patients.

Before rehabilitation, study patients scored a mean of 20.2 points in the Berg Balance Scale; after rehabilitation, the mean score was 29 points. The difference between the mean values was analysed with Student's t test, whose result was  $p=0.005$  (significance level:  $p<0.05$ ). Rehabilitation resulted in a significant improvement in balance.

Rehabilitation should be comprehensive and patient-tailored. Early mobilisation of stroke patients helps maintain relatively better muscle function and appropriate exercises allow for a reduction and sometimes complete elimination of paresis and muscle contractures. Appropriately managed and rehabilitated patients have a chance to achieve a good quality of life and independence, do physical activity, or even resume work.

## CONCLUSIONS

1. Physiotherapy helps improve the subjective assessment of health in stroke patients.
2. Physiotherapy helps improve the level of independence in stroke patients, increases their physical fitness, and reduces disability.
3. Rehabilitation reduced spasticity in stroke patients.
4. Appropriate patient-tailored physical therapy plays a very important role in rehabilitation. It may prevent a number of complications and reduce disability.

## References

1. Rivard L, Khairy P, Talajic M et al. Blinded randomized trial of anticoagulation to prevent ischemic stroke and neurocognitive impairment in atrial fibrillation (BRAIN-AF): methods and design. *Can J Cardiol.* 2019;35(8):1069-1077.
2. Paquin K, Crawley J, Harris JE, Horton S. Survivors of chronic stroke-participant evaluations of commercial gaming for rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 2016;38(21):2144-52.
3. Lou S, Carstensen K, Jorgensen CR, Nielsen CP. Stroke patients' and informal carers' experiences with life after stroke: an overview of qualitative systematic reviews. *Disabil Rehabil.* 2017 Feb;39(3):301-313.
4. Purcell S, Scott P, Gustafsson L, Molineux M. Stroke survivors' experiences of occupation in hospital-based stroke rehabilitation: a qualitative exploration. *Disabil Rehabil.* 2019;23:1-6.
5. Martin-Saez MM, James N. The experience of occupational identity disruption post stroke: a systematic review and meta-ethnography. *Disabil Rehabil.* 2019;2:1-12.
6. Persson HC, Danielsson A, Sunnerhagen K. A cross sectional study of upper extremity strength ten days after a stroke; relationship between patient-reported and objective measures. *BMM Neurol.* 2015;15 (1):178-84.
7. Narai E, Hagino H, Komatsu T, Togo F. Accelerometer-based monitoring of upper limb movement in older adults with acute and subacute stroke. *J Geriatr Phys Ther.* 2015;08(30): 16-21.
8. Shapira-Vadler O, Treger I, Katz-Leurer M. Muscle strength, function and heart autonomic regulation system recovery at the sub-acute stage post stroke. *Eur Neurol.* 2015;74(3-4):154-157.
9. Yun GJ, Chun MH, Kim BR: The effects of transcranial direct-current stimulation on cognition in stroke patients. *J Stroke.* 2015;17(3):354-8.
10. Zavaglia M, Forkert ND, Cheng B et al. Mapping causal functional contributions derived from the clinical assessment of brain damage after stroke. *Neuroimage Clin.* 2015;9:83-94.
11. Mohaghegh S, Hajian M. Stroke in a young swimmer. *Asian J Sports Med.* 2015;6(2): 23812-18.
12. Song J, Ma Z, Huan M et al. Distal hyperintense vessels alleviate insula infarction in proximal middle cerebral artery occlusion. *Int J Neurosci.* 2015;10(7):1-23.
13. Dean JC, Kautz SA. Foot placement control and gait instability among people with stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2015;52(5):577-90.
14. Lim JS, Kang DW. Stroke connectome and its implications for cognitive and behavioral sequela of stroke. *J Stroke.* 2015;17(3):256-67.
15. Ghosh S, Das SK, Nath T et al. The effect of citicoline on stroke: A comparative study from the Eastern part of India. *Neurol India.* 2015;63(5):697-701.
16. Galasińska K, Buchalski P, Gajewska E. Zastosowanie koncepcji PNF w rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu. *Nowiny Lekarskie.* 2011;80(2):126-133.
17. Janota B, Janota J, Lisiecki G, Wrodarczyk M, Biedal M, Opara J. Rehabilitacja chorych po udarze mózgu w warunkach domowych. *Rehabilitacja.* 2013;11(2):26-30.
18. Krukowska J, Świątek E, Czernicki J. Wpływ przezskórnej elektrostymulacji nerwów z EMG-biofeedback na powrót funkcji ręki spastycznej u chorych po niedokrwiennym udarze mózgu. *Balneologia Polska* 2009; 4-6: 100-108.
19. Krukowska J. Wpływ obciążania kończyn dolnych na równowagę (stabilność) ciała i sprawność chodu osób po niedokrwiennym udarze mózgu. *Balneologia Polska.* 2009;1:25-34.
20. Kuliński W. Metody stosowane w fizjoterapii. W: *Fizjoterapia w pediatrii.* Red. Kuliński W, Zeman K: Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa. 2011:314-359.

### Authors' contributions:

According to the order of the Authorship

### Conflicts of interest:

The Authors declare no conflict of interest

**Received:** 17.06.2019

**Accepted:** 20.08.2019

---

### ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Włodzisław Kuliński**

Faculty of Medicine and Health Science JK University, Kielce, Poland

Al. IX Wieków Kielc 19, 25-317 Kielce, Poland

phone +48 22 638 51 34

e-mail: wkulinski52@hotmail.com

# Treatment Resort Extended with Modern Feedback Exercises Using Virtual Reality to Improve Postural Control in Patients Aged 65+ with an Increased Risk of Falls. Preliminary Study

## Leczenie uzdrowiskowe poszerzone o nowoczesne ćwiczenia oparte na sprzężeniach zwrotnych wykorzystujących rzeczywistość wirtualną w celu poprawy kontroli posturalnej u pacjentów w wieku 65+ ze zwiększonym ryzykiem upadków. Badanie wstępne

Laura Piejko<sup>1</sup>, Krzysztof Cygoń<sup>1</sup>, Kamila Niewolak<sup>2</sup>, Dariusz Fielek<sup>2</sup>, Paula Pecyna<sup>2</sup>, Dariusz Chełminiak<sup>2</sup>, Paweł Zieliński<sup>2</sup>, Karol Kobylarz<sup>1</sup>, Mateusz Grzmiła<sup>1</sup>, Bogna Szoftys<sup>1</sup>, Anna Polak<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Przychodnia Rehabilitacyjna „Technomex”, Gliwice, Polska

<sup>2</sup>Zakład Rehabilitacji Leczniczej, „Solanki” Uzdrowisko Inowrocław, Inowrocław, Polska

<sup>3</sup>Katedra Informatyki i Aparatury Medycznej, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska, Zabrze, Polska

<sup>4</sup>Katedra Fizjoterapii Klinicznej w Chorobach Narządów Wewnętrznych, Wydział Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego, Katowice, Polska

### SUMMARY

**Introduction:** The aim of the study was to learn the influence of treatment resort extended with modern exercises with feedback using virtual reality for postural control and reducing the risk of falls in people aged 65+.

**Material and Methods:** Seventy four people (46 women, 28 men; aged 65-84) participated for three weeks in spa therapy, which was extended with physical exercises using feedback based on virtual reality to improve postural control and reduce the risk of falls. Postural control tests, “get up and go” test (TUG) and test standing up from the chair for 30 seconds were performed to assess the progress of the therapy.

**Results:** After treatment in the Romberg trial performed on the stabilometric platform with open and closed eyes, a statistically significant improvement in most parameters indicating improved postural control was noted, including reduction of path length and surface area of center of foot pressure (COP), reduction of the length and speed of bowel movements COP in the frontal and sagittal planes. A statistically significant reduction in the time of the TUG test and increase the number of repetitions of standing up from the chair in 30 seconds were also noted. Statistical significance was assumed at the level of  $p \leq 0.05$ .

**Conclusions:** Treatment resort enriched with exercises using virtual reality and feedback contributes to improving postural control and reducing the risk of falls in people aged 65+. The results of the study should be confirmed in high-quality therapeutic experiments, including control groups.

**Key words:** prophylaxis of falls, treatment resort, virtual reality, feedback

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Do najważniejszych celów rehabilitacji osób starszych należy utrzymanie kontroli posturalnej oraz zmniejszenie ryzyka upadków. Celem badania było poznanie wpływu leczenia uzdrowiskowego poszerzonego o nowoczesne ćwiczenia ze sprzężeniami zwrotnymi wykorzystującymi wirtualną rzeczywistość na kontrolę posturalną i zmniejszenie ryzyka upadków u osób w wieku 65+.

**Materiał i metody:** Badanie kliniczne, pilotowe, bez grupy kontrolnej przeprowadzono w Uzdrowisku „Solanki” w Inowrocławiu. Badanie ukończyły 74 osoby (46 kobiet; 28 mężczyzn) w wieku 65-84 lata. Pacjenci uczestniczyli przez 3 tygodnie w terapii uzdrowiskowej. Do leczenia wprowadzono ćwiczenia fizyczne wykorzystujące sprzężenia zwrotne oparte na wirtualnej rzeczywistości w celu poprawy kontroli posturalnej i zmniejszenia ryzyka upadków. Do oceny postępów terapii wykorzystano testy kontroli posturalnej przeprowadzone na platformie stabilometrycznej, test „wstań i idź” oraz test wstawania z krzesła w czasie 30 sekund.

**Wyniki:** Po leczeniu w próbie Romberga przeprowadzanej na platformie stabilometrycznej z oczami otwartymi i zamkniętymi odnotowano znamiennej statystycznie poprawę parametrów wskazujących na zwiększenie kontroli posturalnej, w tym zmniejszenie długości ścieżki i pola



powierzchni przemieszczania się środka nacisku stóp (COP) na podłoże oraz zmniejszenie długości i prędkości wychwiał COP w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Zaobserwowano również znamienne statystycznie skrócenie czasu wykonywania testu „wstań i idź” oraz zwiększenie liczby powtórzeń wstawania z krzesła w czasie 30 sekund. Każdorazowo istotność statystyczną przyjmowano na poziomie  $p \leq 0,05$ .

**Wnioski:** Leczenie uzdrowiskowe wzbogacone o ćwiczenia fizyczne wykorzystujące sprzężenia zwrotne oparte na wirtualnej rzeczywistości przyczynia się do poprawy kontroli posturalnej i zmniejszenia ryzyka upadków u osób w wieku 65+. Wyniki badania powinny być potwierdzone w wysokiej jakości eksperymentach leczniczych, obejmujących grupy kontrolne.

**Słowa kluczowe:** profilaktyka upadków, leczenie uzdrowiskowe, wirtualna rzeczywistość, sprzężenie zwrotne

Acta Balneol, TOM LXI, Nr 3(157);2019:163-170

## INTRODUCTION

Old age is a natural stage of life in which many changes occur in the physical, mental and social functioning of a human. The World Health Organization (WHO), for its start accepted the age of 60 or 65 [1]. According to demographic projections, in 2025 the number of elderly people in the world will increase up to 2 billion, in which it will be 1/3 of the total population of the globe. In 2050, among 650 million people in Europe, 170 million will be over 65 y.o. [2-4].

The changes associated with aging occur in many organs and systems, including: the musculoskeletal system and in the circulatory, nervous and respiratory systems. As a result of vessel calcification and cholesterol deposition, the lumen of blood vessels decreases, resulting in ischemia and hypoxia of the muscles, heart and brain. Decrease in cardiac and lung capacity leads to reduced exercise tolerance. Muscle stiffness increases. Nerve cells loss and the conduction of nerve impulses is keep on getting worse. The excitability of the peripheral region of the vestibulocochlear organ is also reduced. In addition, visual acuity and peripheral and spatial vision deteriorate. As a result of the slowing of neuromuscular reactions, the duration of muscle reactions increases. At the same time, the perceptiveness and divisibility of attention worsens. There is also a reduction in muscle mass, strength and endurance observed. Progressive degenerative changes result in the impairment of systems responsible for postural control and motor coordination, as a result of which the risk of falls in older people is increased [5-8].

Statistics of the National Institute of Hygiene in Poland showed that in 2010, due to the fall, there were 45 672 people over 65 being hospitalized. The risk of hospitalization due to falling increases significantly with age [9]. Most of the falls in the elderly are multimodal. The main internal (endogenous) risk factors for falls are: low physical activity, limitation of joint mobility, slowing of muscle reactions, reduction of muscle strength and endurance, joint pain, fall and fear of another fall, eye and hearing disabilities and cognitive disorders [6-8]. The serious consequences of falls are joint pain, bone fractures and head injuries that can result in disability and even death. According to statistics of the US Department of Health, falls are the main cause of injuries in the elderly and the second leading cause of deaths [10]. In older people who fell, the fear of another fall develops,

which causes them to limit physical and social activity. As a consequence, older people become dependent and the quality of their lives decreases. These people require care and often this must be institutional care involving social welfare homes, nursing and care facilities etc. [11].

Taking the above into consideration, the most important goals of rehabilitation of the elderly include the prevention and treatment of chronic inflammation, maintaining proper motor coordination, postural control, joint flexibility and muscular endurance and muscle development. Particular attention should be given to the education of the patient to eliminate or alleviate the fear of falling. The aim of the study was to learn the influence of treatment resort extended with modern exercises with feedback using virtual reality for postural control and reducing the risk of falls in people aged 65+.

## MATERIAL AND METHODS

The research was conducted in the Research Laboratory located in Inowrocław Solanki Resort. It was attended by patients aged 65+ staying on treatment therapy at the Solanki Health Resort. It was a clinical, observational study without control group. The approval of the Bioethics Committee at the University of Rzeszów (Resolution No. 2018/06/02) was obtained for the study.

93 patients were included in the study. The study was completed by 74 people, including 46 women and 28 men, aged 65 to 85 years. Nineteen patients have not completed the study. Most often patients stopped participating in the study because there was a need to change treatment resorts or to stop spa therapy for various health reasons. These reasons were mostly not related to the study protocol and they most often resulted from exacerbation of patients' chronic diseases of internal organs.

In individual cases, it was necessary to cancel the spa or discontinued the treatment resort for personal reasons. In two cases, patients refused to participate in the study without giving a reason.

The patients were referred to the physical therapy doctor for examination in the order in which they were consulted, after the following inclusion criteria were met: minimum age 65, minimum self-assessment in daily life at a Barthel scale of 86 points and consent to participate in the study. The main criteria for exclusion from the study were the lack of

ability to understand and perform therapist's instructions, the inability to perform exercises in a standing position without the help of balconies, bullets, etc., medical contraindications for rehabilitation protocol provided in the study including: circulatory-respiratory failure, lower limb endoprosthesis in less than 6 months from the operation, acute inflammation of motor organs, diseases of the internal organs excluding the possibility of physical training, orthostatic hypotension, severe pain in the joints of the lower limbs and the spine (> 5 in the 10-point VAS scale), muscle and nervous system diseases affecting the body balance (including multiple sclerosis, Parkinson's disease, neuropathies, under-5 stroke according to the Brunnstrom Scale), vision defects not corrected with glasses or contact lenses, balance disorders resulting from diseases of the ears, eyes and blood vessels of the head and neck.

All patients underwent a three-week spa therapy. Three times a week, brine baths (2%), the whole body and twice a week were used, the patients also took part in whole body kinesiotherapy baths. Depending on the medical indications, local physical treatments or therapeutic massage were also used to reduce the pain and inflammation of the limbs and spine joints and loosening of increased muscular tension. Primarily used were therapeutic peat therapy, electrotherapy, laser therapy and electromagnetic field therapy.

All patients participated six days a week (from Monday to Saturday) in 45 minute therapeutic exercises in the gym. Exercises were especially aimed at improving body balance and coordination. Each time the exercises were started with a general gymnastics exercises lasting 15 minutes, and then exercises with feedback using virtual reality (VR) were conducted for 30 minutes. Postural control exercises were used on stabilometric platforms with stable base (Alpha platform and Gamma platform, Technomex company, Polish production).

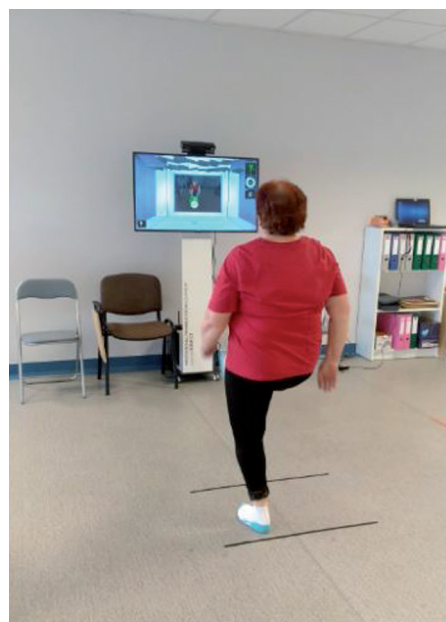
On the Telko device (Technomex company, Polish production) resistance exercises as well as coordination exercises and proprioception exercises of lower limbs were conducted. Using the Kinect device (Kinect device connected under Technomex software), the coordination, balance and leg strength and suppleness exercises were implemented. All the exercises used feedback based on virtual reality. On the monitors in which the devices were equipped, specific tasks to be performed by the patient were displayed. On the stabilometric platforms, the patients exercised in a standing position and performed tasks that required carrying and maintaining the weight of the body on the right and left leg, weighting the hindfoot or forefoot and controlled body movements in different directions. In the lower limb strength exercises on the Telko device, the patients exercised in a sitting position, keeping the lower limb in a three-fold in the hip, knee and ankle joints. Exercises consisted of the work of lower limbs towards the extension and flexion against elastic resistance. At the same time, patient was performing tasks with feedback, displayed on the monitor, the had to carefully control the extrusion and flexion ranges of the lower limbs, exert gradual pressure with only one limb or simultaneously both limbs, and also had to control the foot pressure on the forefoot and rearfoot on the platform. On the Kinect

device, feedback tasks required the patient to have functional movements of the entire body. Exemplary exercises with VR and feedback are shown in Figures 1 and 2.

Due to the feedback of virtual reality, patient during the exercises could simultaneously follow the accuracy of their exercise and correct the body movements on an ongoing basis. After completing the series of exercises on a selected device, a summary of the accuracy of the task was displayed, which was an additional motivating element for the exercises.

To assess the progress of the therapy, the "Time Up and Go Test" (TUG), 30-s chair stand test and postural control tests were used on the stabilometric platform. All tests were performed immediately before and after the spa therapy.

During the TUG test, the patient had to get up from the chair without a handrail, walk 3 m, turn, go back and sit in a



**Figure 1.** An example of an exercise with VR and feedback using the Kinect device  
*Rycina 1.* Przykład ćwiczenia z VR i sprzężeniem zwrotnym z wykorzystaniem urządzenia Kinect



**Figure 2.** An example of an exercise with VR and feedback using the Telko device  
*Rycina 2.* Przykład ćwiczenia z VR i sprzężeniem zwrotnym z wykorzystaniem urządzenia Telko

chair. The time of the test was assessed. Before performing the proper test, the patient performed the test twice to remember the individual steps of the task. In the test of getting up from the chair, in 30 seconds the patient was given the task to get up as quickly as possible (up to the knees) and sit on a 45 cm high chair with his hands crossed on the chest. The number of task repetitions was assessed.

To evaluate the postural control on the Alfa stabilometric platform, Romberg test was performed. During the trial test, the patient had to stand on the platform for 30 seconds in a straightened position, first with eyes open (30 seconds) and then with eyes closed (30 seconds). During the test, the patient took a standing position. Generally, the Romberg test is carried out in a standing position with the feet joined. In the examined group, this principle was not applied because in patients aged 65+, diseases and deformations of knees and feet, like for example hallux valgus or various limitation of mobility in the ankles or knees are often encountered. Before starting the test, the patient was asked to take a free standing position, but in such a way that the center of pressure on the platform (COP; Center of Foot Pressure) was in the center of the platform. The settings of the patient's feet were recorded in the device's memory. The sampling frequency on the platform was 62 Hz. In the Romberg test, the length and average speed of the COP in the frontal plane (X axis, sideways deflections) and in the sagittal plane (Y axis, forward and backward tilt), length of the COP movement path and area of the COP movement were evaluated.

Additionally, before the study began, the Mini Mental State Examination Test and an assessment of functional abilities using the Barthel Scale were applied in the patients.

Statistica software (version 13.1, StatSoft Poland) was used for statistical analysis. The W Shapiro-Wilk test was used to study the distribution of variables characterizing the patients. The homogeneity of variance was examined by the Leven test. The tests showed the lack of normality of the distribution of variables and the lack of uniformity of variance. Due to the lack of homogeneity of variance and low values of skewness and kurtosis (<2.5), the non-parametric Wilcoxon test was used in the statistical evaluation of the results after treatment in relation to the pre-treatment status, using means as central measures and standard deviations as

measures of the dispersion of results. Statistical significance was assumed at the level of  $p \leq 0.05$ .

## RESULTS

In the period from October 1, 2018 until February 28, 2019, 74 people completed the study (46 women, 28 men). The mean age of the respondents was 70.8 ( $\pm 4.84$  years). The body mass index (BMI) was on the level from 18.82 to 38.87 and was on average 27.96. Before the treatment, the self-assessment of patients on a daily basis expressed in the Barthel scale was from 90 to 100 points (average 99.05 points). The assessment of cognitive functions was carried out using the Mini Mental State Examination Test and the results ranged from 20 to 28 points (average 25.59 points). Detailed data characteristics of the patients before treatment are shown in Table 1.

Before treatment, the time of the TUG test patients performed on average time 10.75( $\pm 3.61$ ) seconds and after the treatment resort on average time 9.48( $\pm 2.88$ ) seconds (and the difference was statistically significant;  $p = 0.0182$  (Table 2).

Before treatment, in the 30-s chair stand test, patients performed an average of 12.33( $\pm 4.05$ ) repetitions from getting up from the chair and after treatment the number increased to an average of 14.48( $\pm 4.25$ ) repetitions, which was a statistically significant difference;  $p = 0.0018$  (Table 2).

In the Romberg test performed with open eyes, the length of the COP path before treatment was on average 26.91 cm ( $\pm 12.88$ ), and after treatment it shortened to 16.51 cm ( $\pm 17.32$ ), which gave a statistically significant difference ( $p < 0.0001$ ). The area of COP movement before treatment was on average 3.63 cm<sup>2</sup> ( $\pm 7.29$ ), and after treatment it decreased statistically significantly to 1.06 cm<sup>2</sup> ( $\pm 1.45$ );  $p = 0.0032$ . The average length of COP from the center of the platform (point 0.0) in the frontal plane changed from 0.76 cm ( $\pm 0.72$ ) before treatment to 0.40 cm ( $\pm 0.41$ ) after treatment but the difference was not statistically significant ( $p = 0.2786$ ). The average length of COP in the sagittal plane decreased from 1.35 cm ( $\pm 1.15$ ) before treatment to 0.74 cm ( $\pm 1.07$ ) after treatment and the difference was statistically significant ( $p = 0.0011$ ). The average velocity of COP from 0.0 point decreased after treatment in relation to the condition before treatment both in the frontal and sagittal plane. The results were respectively: in the frontal plane before treatment 0.48

**Table 1.** Characteristics of the study group before treatment (number of respondents 74; 46 women, 28 men)

**Tabela 1.** Charakterystyka grupy badanej przed leczeniem (liczba respondentów 74; 46 kobiet, 28 mężczyzn)

Variable	Arithmetic mean (SD)	Lower quartile- Median- Upper quartile
Age [years]	70,8(SD±4,84)	63-70-73
Body height [cm]	165,35(SD±7,41)	160-164-172
Body mass [kg]	76,72(SD±12,76)	65-77-85
BMI	27,96(SD±3,63)	25,83-27,73-29,74
Mini Mental State Examination Test results [points]	25,59(SD±2,40)	24-26-28
Barthel Scale score [points]	99,05(SD±2,29)	100-100-100

SD – standard deviation; BMI – body mass index

**Table 2.** The results of Timed up and Go test and 30-s chair stand test (number of respondents 74; 46 women, 28 men)**Tabela 2.** Wyniki testu Timed up and Go oraz testu 30-s na stojaku na krześle (liczba respondentów 74; 46 kobiet, 28 mężczyzn)

Variable	Before treatment	After treatment	Quality level p*
Time of the Timed up and Go test [seconds]	10,75 (SD 3,61)	9,48(SD 2,88)	0,0182
Arithmetic mean (SD)	8,88-10,12-11,67	9-9,13-10,06	
Lower quartile- Median- Upper quartile			
Time of the 30-s chair stand test [number of repetitions]	12,33(SD 4,05)	14,48(SD 4,25)	0,0018
Arithmetic mean (SD)	10-12-14	11,25-14-18	
Lower quartile- Median- Upper quartile			

SD – standard deviation \*Wilcoxon test

**Table 3.** The Romberg test results performed on stabilometric platform (number of respondents 74; 46 women, 28 men)**Tabela 3.** Wyniki testu Romberga przeprowadzone na platformie stabilizometrycznej (liczba respondentów 74; 46 kobiet, 28 mężczyzn)

Variable	Before treatment	After treatment	Quality level p*
	Arithmetic mean (SD) Lower quartile – Median- Upper quartile	Arithmetic mean (SD) Lower quartile – Median- Upper quartile	
Test with eyes open			
Path length COP [cm]	26.91 (SD 12.88) 17,47-27,27-32,7	16.51 (SD 17.32) 3,65-6,94-27,08	0.0001
Area COP [cm <sup>2</sup> ]	3.63 (SD 7.29) 1,12-1,81-3,13	1.06 (SD 1.45) 0,11-0,25-1,67	0.0032
Average length COP:	0.76 (SD 0.72) 0,30-0,514-0,99	0.40 (SD 0.41) 0,12-0,24-0,55	0.2786 0.0011
In frontal plane [cm] In sagittal plane [cm]	1.35 (SD 1.15) 0,51-1,11-1,88	0.74 (SD 1.07) 0,16-0,37-0,78	
Average velocity COP:	0.48 (SD 0.45) 0,29-0,43-0,56	0.31 (SD 0.29) 0,06-0,19-0,51	0.0086 0.0001
In frontal plane [cm/sek] In sagittal plane [cm/sek]	0.97 (SD 0.62) 0,57-0,91- 1,32	0.60 (SD 0.71) 0,06-0,26-0,97	
Test with eyes closed			
Path length COP [cm]	51.95 (SD 31.19) 31,27-52,53-68,41	29.61 (SD 37.26) 3,74-8,78-51,39	0.0001
Area COP [cm <sup>2</sup> ]	4.38 (SD 3.80) 1,82-3,16-6,43	3.20 (SD 7.54) 0,06-0,19-3,03	0.0230
Average length COP:	4.95 (SD 6.75) 0,21-0,52-1,04	0.34 (SD 0.36) 0,09-0,23-0,45	0.0002 0.0001
In frontal plane[cm] In sagittal plane [cm]	1.49 (SD 1.48) 0,48-1,15-2,13	0.87 (SD 1.07) 0,24-0,52-1,05	
Average velocity COP:	0.81 (SD 0.47) 0,53-0,79-0,97	0.46 (SD 0.51) 0,06-0,16-0,78	0.0001 0.0001
In frontal plane [cm/sek] In sagittal plane [cm/sek]	0.48 (SD 0.24) 0,30-0,47-0,59	0.30 (SD 0.32) 0,06-0,12-0,53	

SD – standard deviation; COP – center of foot pressure; \*Wilcoxon test;



cm/sec. ( $\pm 0.45$ ), after treatment 0.31 cm/sec. ( $\pm 0.29$ ),  $p = 0.0086$ ; in the sagittal plane before treatment 0.97 cm/sec. ( $\pm 0.62$ ), after treatment 0.60 cm / sec. ( $\pm 0.71$ ),  $p = 0.0001$ . The results are shown in Table 3.

In the Romberg test performed with eyes closed both length as well as the area of COP movement statistically significantly decreased after treatment in relation to the beginning of treatment resort. The results were respectively: the length of the COP path before treatment 51.95( $\pm 31.19$ ) cm, after treatment 29.61( $\pm 37.26$ ) cm,  $p = 0.0001$ ; the area of COP before treatment was 4.38 ( $\pm 3.80$ ) cm<sup>2</sup>, and after treatment 3.20 ( $\pm 7.54$ ) cm<sup>2</sup>,  $p = 0.0230$ . The average length of COP from the center of the platform in the frontal plane decreased from 4.95 ( $\pm 6.75$ ) cm before treatment to 0.34( $\pm 0.36$ ) cm after treatment, and in the sagittal plane the length shortened from 1.49( $\pm 1.48$ ) cm before treatment to 0.87 ( $\pm 1.07$ ) cm after treatment. In both planes the differences were statistically significant ( $p = 0.0002$  and  $0.0001$ , respectively). The average velocity of COP from point 0.0 of the platform also decreased after treatment in relation to the beginning of treatment in both planes. The results were respectively: in the frontal plane before treatment 0.81 ( $\pm 0.47$ ) cm/sec, after treatment 0.46 ( $\pm 0.51$ ) cm/sec,  $p = 0.0001$ ; in the sagittal plane before treatment 0.48 ( $\pm 0.24$ ), cm / sec, after treatment 0.30( $\pm 0.32$ ) cm / sec,  $p = 0.0001$ . The results are presented in Table 3.

## DISCUSSION

Rehabilitation exercises used in the study improved postural control. The results obtained in the functional tests TUG and he 30-s chair stand also improved. These tests are aimed at assessing risk factors for falls, occurring in particular in complex movements such as getting up and sitting on a chair, walking at the right pace or changing the direction of walk. The proper performance of these tests requires appropriate concentration of attention, coordination of movement, body balance and muscular strength. These features deteriorate with ageing, which increases the risk of falls. In connection with the above, the improvement of the results of these tests obtained in the study allows to conclude that the 3-week spa rehabilitation, in which therapeutic exercises took special place, contributed to reducing the risk of falls in people aged 65 +. Most of the exercises implemented in the study were performed using feedback based on virtual reality. These were postural control exercises on stabilometric platforms and whole body coordination exercises with the use of Kinect device and strength, coordination and resistance exercises of the lower limbs.

The results of our study are consistent in the results of other authors, which also used feedback and virtual reality in therapy. These studies were conducted in people with various types of diseases leading to body balance disorders and coordination dysfunctions.

In a series of studies (12-14) carried out in 2014-2019, patients with labyrinthine balance imbalances who exercised with the Kinect device and posturographic platforms achieved a reduction in the total length of the COP. Exercises have accelerated the return of patients to everyday activities and professional work and the improvement was sustained after

3 months. In another study [15], exercises using the Kinect device contributed to improving posture control and reducing the risk of falls for older people. Exercises were conducted three times a week for 30 minutes for 6 weeks. The authors also noted that these exercises were very well accepted by patients at advanced age.

Błaszczuk and Czerwosch (16) recommended stabilometric platforms for training older people and people with reduced mobility for various reasons, including orthopedic and neurological issues. The idea here is to combine the possibility of registering the current position of the COP and displaying in real time a virtual image controlled by the movements of the examined person exercising on the posturographic platform. The patient observes this image on a large monitor connected to the device set at his eye level. In this way, for example, the patient controls the flight of the aircraft up, down and sideways by transferring his body weight to the heels, toes, and the left and right lower limbs. For the patient, exercise becomes a form of fun which, however, has a rehabilitation goal – to teach the patient at risk of falling how to properly carry weight and maintain balance. Exercises are programmed with varying degrees of difficulty, requiring the patient to e.g. quick or slow movements, large or small body swings in different directions. An important element of this type of exercises with feedback based on virtual reality is feedback on the accuracy of the exercise, which the patient receives immediately because, for example “the plane did not maintain the appropriate trajectory” etc. At the end of the exercise, a message is displayed summarizing the accuracy of the entire exercise or series programmed exercises, as noted, it is an additional element motivating patients to exercise [16].

Cho Ki Hun et al. [17] conducted a study on 22 people after stroke. Eleven people were qualified to the research group and the remaining 11 people to the control group. In the study group were 11 subjects including 3 women, 65.26 years old and in control group were 11 subjects including 5 women, 63.13 years old. Both groups participated in a standard rehabilitation program (physical and occupational therapy) for 60 min a day, 5 times a week for 6 weeks. In addition, patients in the research group participated 3 times a week for 30 minutes in balance training using training platforms equipped with virtual reality feedback. After 6 weeks of therapy, a statistically significant ( $p < 0.05$ ) improvement in dynamic balance was assessed using the Berg balance scale and the Stand Up and Go (TUG) test. In the study group, the improvement was on average 4 points, and in the control group 2.81 points, while the time to perform the TUG test in the research group was reduced by 1.33 seconds on average, and in the control group by 0.52 seconds). There was no greater improvement on static balance in both groups.

Duque et al. [18] evaluated the effect of a virtual-reality system (the Balance Rehabilitation Unit -BRU) on balance, falls, and fear of falling in a population of community-dwelling older subjects with a known history of falls. In this study, 60 community-dwelling older subjects were recruited after being diagnosed with poor balance. Subjects were randomly assigned to either the BRU-training or control groups. Both

groups received the usual falls prevention care. The BRU-training group attended balance training (two sessions/week for 6 weeks) using an established protocol. Change in balance parameters was assessed in the BRU-training group at the end of their 6-week training program. Both groups were assessed 9 months after their initial assessment (month 0). Balance parameters were significantly improved in the BRU-training group ( $p < 0.01$ ). This effect was also associated with a significant reduction in falls and lower levels of fear of falling ( $P_p < 0.01$ ). Some components of balance that were improved by BRU training showed a decline after 9 months post-training. The authors conclusions was the BRU training is an effective and well-accepted intervention to improve balance, increase confidence, and prevent falls in the elderly.

Virtual reality is an image of artificial reality created by information technologies – objects, characters, spaces and events existing only in computer memory. It is interactive in real time and allows movement in three dimensions. Virtual reality is increasingly used in the therapy of various diseases. An example of this is modern orthoses, which, using motion sensors, transmit information about the position of the limb in space, as a result of which the patient observes his movements on the screen in a real time (biofeedback). What is more, the software contains tasks that the patient must perform, e.g. displays the pattern of movement that should be repeated, the pace of exercise and the number of repetitions of the movement are imposed [19, 20]. Rehabilitation using virtual reality is mostly used to train motor and cognitive functions. A positive effect of this type of exercise has been shown to improve memory, concentration of attention, reaction speed and motor function in patients with neurological deficits [21, 22].

Other technologies used during therapeutic exercises are based on reading the pressure of the patient's feet on the ground or reading the patient's movements using a three-dimensional camera or motion sensor. These are for example exercises performed in the eye of the camera on the Kinect device [23]. Exercises of this type are increasingly used in the therapy of various diseases. Rehabilitation software often combines therapy with play [24]. In order to encourage patients to make even greater effort, the exercises are presented as games in which, thanks to the correct performance of tasks, the patient receives a certain number of points and achieves higher and higher levels of exercise difficulty. This is an important motivating element for exercise. According to Levac et al. [25], exercises using Kinect technology are a promising method for the rehabilitation of various diseases, both children and adults. The cameras equipped with the Kinect device have the ability to read over 30 body elements, which makes it possible to quickly collect data and analyze the correctness of the movement. In case of noticing incorrect movement, the patient receives immediate feedback, which allows him for a quick correction of body position. These types of exercises can be useful also for assessment and postural control exercises in the elderly [26].

Considering the results of our research and the research of other authors, it should be noted that rehabilitation using

virtual reality and feedback has been used in many areas, including neurology [12, 14, 17, 27-29], orthopedics and sports medicine [30] and geriatrics [18, 31, 32-35], where positive effects were obtained.

Cadore et al. [31] reviewed 27 studies that assessed the impact of various types of exercises on the risk of falls in people aged 65+. In those studies balance trainings on platforms with stable and unstable ground were used, but these exercises were generally only part of the training program. It should also be noted that not all clinical trials show greater effectiveness of training based on virtual reality compared to traditional therapies in people with balance disorders [36, 37]. However, it should be emphasized that exercises using virtual reality do not have to be better than traditional exercises, but they can be an effective and interesting alternative to traditional exercises for patients and they can enrich and diversify the rehabilitation process.

Therefore, based on the results of previous studies, it is difficult to clearly conclude about the effectiveness of training on platforms (including training using virtual reality) to improve balance and risk of falls in the elderly. The issue of reducing the fall risk is very complexed. This answer is also not provided by our study, which noted an improvement in postural control and reduction of risk factors for falls, but exercises on platforms and other devices using virtual reality were part of the entire spa therapy. Nevertheless, our results and the results of other authors may become an inspiration to conduct further, properly planned clinical trials that will allow to obtain detailed knowledge on the effectiveness of exercises using virtual reality in the therapy of various diseases, including spa therapy.

## CONCLUSIONS

The obtained results allow to conclude that treatment resort extended with virtual reality exercises and feedback contributes to the improvement of postural control and reducing the risk of falls in people aged 65+. The results of the study should be confirmed in high-quality therapeutic experiments, including randomized control groups.

The results of the study also allow authors to made an application form that to reduce the endogenous risk factors of falls, it is worth enriching treatment resort with exercises using modern technologies, including virtual reality and feedback.

*The study was cofinanced from the European Regional Development Fund of the Kuyavian-Pomeranian Voivodeship*

## References

1. Bartoszek A, Barańska E, Kocka K, Domżał-Drzewicka R, Łuczyk M. Analiza czynników zwiększających ryzyko upadków wśród osób starszych mieszkających w środowisku domowym. *Hyg Public Health*. 2015;50(2): 406-410.
2. Buczak-Stec E, Goryński P. Hospitalizacja z powodu upadków osób starszych w Polsce w 2010 roku. *Przeegl Epidemiol*. 2013;67:141-144.
3. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System.
4. Grodzicki T, Kocemba J, Skalska A. Geriatria z elementami gerontologii ogólnej. *Via Medica*. Gdańsk 2006.

5. Ostrowska B, Giemza Cz, Demczuk-Włodarczyk E et al. Ocena równowagi i chodu u starszych osób pensjonariuszy domu opieki społecznej. *Fizjoterapia*. 2010;18(4):40-48.
6. Ostrowska B. Ocena zaburzeń stabilności postawy u osób w starszym wieku leczonych uzdrowiskowo. *Ortop Traumatol Rehab*. 2006;4(6/8):441-448.
7. Pędlich W. Procesy starzenia się człowieka. [W:] *Geriatry z elementami gerontologii ogólnej*. Grodzkiego T, Kocemby J, Skajskiej A (red). Via Medica. Gdańsk 2007.
8. Starzenie się ludności w Unii Europejskiej – stan obecny i prognoza. Opracowania tematyczne OT-662. Kancelaria Senatu. Warszawa 2018.
9. Szukalski P. Trwanie życia osób starszych w Europie na przełomie XX i XXI wieku. *Gerontol Pol*. 2003;11(2):55-62.
10. Wieczorowska-Tobis K. Zmiany narządowe towarzyszące procesowi starzenia. [W:] *Fizjoterapia w geriatryi*. Wieczorowska-Tobis K (red). PZWL. Warszawa 2011.
11. Young WR, Mark Williams A. How fear of falling can increase fall-risk in older adults: Applying psychological theory to practical observations. *Gait Posture*. 2015;41(1):12.
12. Gazzola JM, Caovilla HH, Doná F, Ganança MM, Ganança FF. A quantitative analysis of postural control in elderly patients with vestibular disorders using visual stimulation by virtual reality. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019;S1808-8694(19)30031-X.
13. Rosiak O, Szczepanik M, Woszczak M, Lucas-Grzelczyk W, Józefowicz-Korczyńska M. Ocena skuteczności rehabilitacji przedsionkowej u pacjentów z dysfunkcją błędnika. *Med Pracy*. 2019;70(5):1-9.
14. Józefowicz-Korczyńska M, Walak J, Szczepanik M, Lucas-Grzelczyk W, Rosiak R. Ocena zastosowania wirtualnej rzeczywistości jako metody fizjoterapii w uszkodzeniu obwodowym narządu przedsionkowego. *Otaryngologia*. 2014;13(1):51-57.
15. Sági M, Domján A, Fehérné Kiss A, Pintér S. Is Kinect Training Superior to Conventional Balance Training for Healthy Older Adults to Improve Postural Control? *Games Health J*. 2019;8(1):41-48.
16. Błaszczak JW, Czerwosław L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. *Gerontol Pol*. 2005;13(1):25-37.
17. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med*. 2012;228(1):69-74.
18. Duque G, Boersma D, Loza-Díaz G et al. Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clin Interv Aging*. 2013;8:257-63.
19. Adamovich SV, Merians AS, Boian R et al. A virtual reality based exercise system for hand rehabilitation post-stroke: transfer to function. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;7:4936-4939.
20. Tomanek M, Pałucka D. Assisting the rehabilitation by hi-tech. *J Educ Health Sport*. 2017;7(2):369-377.
21. Bao X, Mao Y, Lin Q et al. Mechanism of Kinect-based virtual reality training for motor functional recovery of upper limbs after subacute stroke. *Neural Regen Res*. 2013;8(31):2904-2913.
22. Shatil E, Metzger O, Miller A. Home-based personalized cognitive training in MS patients: a study of adherence and cognitive performance. *Neuro Rehabil*. 2010; 26(2):43-153.
23. Pensieri C, Pennacchini M. Overview: Virtual Reality in medicine. *J Virtual Worlds Res*. 2014;7:1-34.
24. Lange B, Chang CY, Suma E, Newman B, Rizzo AS, Bolas M. Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the Microsoft Kinect sensor. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2011;2011:1831-1834.
25. Levac D, Espy D, Fox E, Pradhan S, Deutsch JE. "Kinect-ing" with clinicians: a knowledge translation resource to support decision making about video game use in rehabilitation. *Phys Ther*. 2015;95(3):426-40.
26. Reither LR, Foreman MH, Migotsky N, Haddix C, Engsborg JR. Upper extremity movement reliability and validity of the Kinect version 2. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2018;13(1):54-59.
27. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;12(2):CD008349.
28. Lee KH. Effects of a virtual reality-based exercise program on functional recovery in stroke patients: part 1. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(6):1637-1640.
29. Stasienko A, Sarzyńska-Długosz I. Zastosowanie rzeczywistości wirtualnej w rehabilitacji neurologicznej. *Post Rehab*. 2016;(4):6-75.
30. Gokeler A, Bisschop M, Myer GD et al. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(7):2280-6.
31. Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res*. 2013;16(2):105-14.
32. Tarsy D. Addition of a virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults, including individuals with Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2016;31(11):1632.
33. Khosravi P, Ghapanchi AH. Investigating the effectiveness of technologies applied to assist seniors: A systematic literature review. *Int J Med Inform*. 2016;85(1):17-26.
34. Neri SG, Cardoso JR, Cruz L et al. Do virtual reality games improve mobility skills and balance measurements in community-dwelling older adults? Systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2017;31(10):1292-1304.
35. Tsang WW, Fu AS. Virtual reality exercise to improve balance control in older adults at risk of falling. *Hong Kong Med J*. 2016;22 Suppl 2:S19-22.
36. Bacha JMR, Gomes GCV, de Freitas T, Viveiro LAP et al. Effects of Kinect Adventures Games Versus Conventional Physical Therapy on Postural Control in Elderly People: A Randomized Controlled Trial. *Games Health J*. 2018;7(1):24-36.
37. Meldrum D, Herdman S, Vance R et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular loss: results of a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(7):1319-1328.e1.

#### Conflicts of interest:

The Authors declare no conflict of interest

Received: 17.06.2019

Accepted: 20.07.2019

---

#### ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Laura Piejko**  
Technomex Rehabilitation Clinic  
Szparagowa 19 Street  
44-141 Gliwice  
phone: +48 694 483 101  
e-mail: laura.piejko@gmail.com



# Physical Activity as a Crucial Determinant of Health

## Aktywność fizyczna jako niezbędny wyznacznik zdrowia

Katarzyna Bojarczuk<sup>1</sup>, Anna Mrozek<sup>2</sup>, Marcin Lewicki<sup>1</sup>, Agata Smoleń<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chair and Department of Epidemiology and Clinical Research Methodology Medical University of Lublin, Poland

<sup>2</sup>Chair and Department of Public Health, Medical University of Lublin, Poland

### SUMMARY

**Introduction:** Physical activity is an indispensable attribute of human life. Appropriately chosen physical exercises help in the development of human organism, health improvement and preservation. Physical activity is with us for the whole life; it is considered as one of the most important factors having influence on physical and mental development of children and adolescents and in the adulthood – on health state and quality of life. Scientific research has shown that physical activity is usually associated with the significant improvement of functional abilities and health state; it can often prevent or minimise the exacerbation of some diseases. The lack or low physical activity impairs motor activity, physical efficiency and also increases the probability of the diseases of affluence.

**Aim:** The influence of physical activity on health state.

**Material and Methods:** The research method was survey methodology on the subject of physical activity. The survey involved 100 randomly selected people. Among the respondents, there were 20% of children, 25% of adolescents and 55% of adults.

**Results:** The research shows that 42% of respondents take physical exercise two or three times a week, 35% of them claim they exercise once a week, 17% – every day and 6% – never. The most popular physical activity among the respondents were walks (31%) and next – cycling (14%). 90% of the people surveyed consider that physical exercises positively affect human health. 27% of respondents noticed better mood due to physical exercises, 20% of them – higher resistance to colds, and 14% of surveyed noticed higher metabolic rate.

**Conclusions:** 1. Physical activity is more and more popular in each age group. 2. The majority of people surveyed feel the positive effects of physical activity. 3. The adults pay more attention to their body weight than the adolescents. 4. The majority of respondents say they spend their time in an active way.

**Key words:** physical activity, health

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Aktywność fizyczna jest nieodłącznym atrybutem życia człowieka. Odpowiednio dobrana aktywność ruchowa sprzyja rozwojowi organizmu, pomnażaniu i zachowaniu zdrowia. Aktywność towarzyszy człowiekowi przez całe życie, uważana jest jako jeden z najważniejszych czynników wpływających na rozwój fizyczny i psychiczny dzieci i młodzieży, a w wieku dorosłym na stan zdrowia i jakość życia. Badania naukowe dowiodły, iż aktywność fizyczna jest zazwyczaj związana ze znaczącą poprawą zdolności funkcjonalnych i stanu zdrowia, może często zapobiegać lub zmniejszać nasilenie pewnych chorób. Brak lub zbyt uboga aktywność ruchowa upośledza motoryczność, wydolność fizyczną, a także zwiększa możliwość występowania chorób cywilizacyjnych.

**Cel:** Wpływ aktywności fizycznej na stan zdrowia organizmu.

**Materiał i metody:** Metodą badawczą były badania ankietowe na temat aktywności fizycznej. W badaniu wzięło udział 100 losowo wybranych osób. Wśród badanych dzieci stanowiły 20%, młodzież 25% a osoby dorosłe 55%.

**Wyniki:** Z przeprowadzonych badań wynika, że wśród badanych 42% podejmuje aktywność fizyczną 2-3 razy w tygodniu, 35% twierdzi, że ćwiczy raz w tygodniu, 17% codziennie a 6% wcale. Według własnej opinii o masie ciała 21% ankietowanej młodzieży i 26% dorosłych chciałoby ważyć mniej. Wśród badanych najbardziej popularną formą aktywności ruchowej były spacer – 31%, następnie jazda na rowerze – 14%. Aż 90% badanych uważa, że aktywność fizyczna ma pozytywny wpływ na zdrowie człowieka. Wśród badanych 27% zauważyło lepsze samopoczucie podejmowania aktywności ruchowej, 20% większą odporność na przeziębienia, 14% zauważa lepszą przemianę materii.

**Wnioski:** 1. Aktywność fizyczna jest coraz bardziej popularna w każdej grupie wiekowej.

2. Większość ankietowanych odczuwa pozytywne skutki aktywności ruchowej. 3. Osoby dorosłe przywiązują większą uwagę do swojej masy ciała niż młodzież. 4. Większość badanych twierdzi, że spędza czas aktywnie.

**Słowa kluczowe:** aktywność fizyczna, zdrowie

## INTRODUCTION

Physical activity is a feature of a man's whole life; it is considered as one of the most important factors, which influence on physical and mental development of children and adolescents, and in adult age – on health condition and quality of life. Over the recent years, it is noted that people take better care of their health. It is caused not only by civilisation progress, but most of all – increase in the awareness of health protection. It has become important to promote healthy lifestyle as it makes people aware that their health-seeking behaviour, lifestyle and the state of environment, are the major determinants of health [9].

Health is a dynamic process, when a human organism constantly adapts to the ongoing changes in the environment. The term of health has changed over the centuries and it has evolved to present day [8, 12]. One of the most popular and most commonly used definitions of health in the society is the definition given in the text of The World Health Organisation (WHO) in 1948, which defines health as “a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” [2].

Health is largely a matter of adaptation of a given human organism to the ambient conditions, playing social roles, the ongoing changes in environment and the ability to deal with these changes [11]. Health is a constant process, when a set of complex factors affects each other, of which the following can be mentioned: lifestyle – including physical

activity, time and type of leisure activity, genetic factors – biological determinants; environmental factors – physical and psychosocial factors; economic, demographic, social factors; respective behaviours of an individual; health care management [2, 9, 12].

Motor activity is one of the primary conditions of health during a man's lifetime. Scientific research has shown that physical activity is usually associated with the significant improvement of functional capabilities and health state; it can often prevent or reduce the severity of some diseases [3, 4]. Motion has positive effect not only on respiratory, cardiovascular and movement system, but it also improves systems, which regulate metabolic processes [4-6]. Physical exercises have multidirectional, positive effect on physical and mental sphere, they contribute to the development of physical fitness, reduction of back pain, improvement of sleep quality and balance [7,10].

## AIM

The objective of this paper is to study the prevalence of physical activity among children, adolescents and adults. The characteristics of research material. The study involved 100 randomly selected people. Among the respondents, there were 20% of children, 25% of adolescents and 55% of adults.

## MATERIAL AND METHODS

The research method used in the thesis was questionnaire survey as it enabled to obtain information from people about

**Table 1.** Positive impact of physical activity on human organism [1]

**Tabela 1.** Pozytywny wpływ aktywności fizycznej na organizm ludzki [1]

Changes occurring in the human body system due to the motion and physical activity	
Osteoarticular system	<ul style="list-style-type: none"> <li>- improvement of bone and joint mineralisation due to their better nutrition</li> <li>- joint strengthening and stabilisation</li> <li>- increase in joint mobility</li> <li>- shaping of articular surfaces</li> </ul>
Muscular system	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enhancement of muscle strength and muscle mass</li> <li>- more nutrients content in muscles</li> <li>- the superior fatigue resistance and faster strength recovery</li> <li>- improvement of blood supply, oxygenation and muscle nourishment</li> </ul>
Cardiovascular system	<ul style="list-style-type: none"> <li>- increase of cardiac output</li> <li>- increase in the contraction force of cardiac muscle</li> <li>- decrease of blood pressure and lower heart rate</li> </ul>
Respiratory system	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enhancement of vital lung capacity</li> <li>- increase of breathing depth and better lung ventilation</li> <li>- increase of respiratory muscles strength</li> <li>- shaping of proper chest building</li> <li>- supply organism with oxygen</li> </ul>
Nervous system	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation of motor memory and reaction to external stimuli</li> <li>- improvement of motor coordination and ability to maintain body balance</li> <li>- stimulation of CNS</li> <li>- increase of stress and fatigue resistance and improvement of sleep quality</li> </ul>
Internal organs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- decrease of bad cholesterol</li> <li>- increase of body resistance through the improvement of immune system functions</li> <li>- prevention of urine retention in urinary tract</li> </ul>

their physical activity. Anonymous survey questionnaire consisted of 25 questions. The results obtained were subject to statistical analysis. In turn, the following were used for the result of correlation between non-measurable parameters: frequency distribution tables and homogeneity test or independence test  $\chi^2$ . It was assumed 5% of non sequitur and relevant statistical significance  $p < 0,05$ , which indicates on significant statistical difference or correlation. Statistical analyses were carried out based on the following computer software: STATISTICA v. 12.0 (StatSoft, Polska).

## RESULTS

Comparative analysis of the results obtained in the research was presented in tables – 1 to 9.

Among the examined group of children, 8% of them were girls, 12% - boys. In the group of adolescents, 9% were represented by girls, 16% - by boys, and in the group of adults – 52% of them were women, and 48% - men.

The study has shown significant statistical correlation between the group of respondents and the regularity of exercise. 19% of children say they exercise regularly. In turn, among

the surveyed adolescents, only 8% exercise regularly, while the majority of adults (37%) do not exercise regularly.

The study has shown significant statistical correlation between the age group of respondents and their frequency of exercise. The majority of adults (30%) exercise once a week, in turn children and adolescents – a few times a week.

The study has shown significant statistical correlation between the age and the favourite type of leisure activity. It was noted that the majority of children spend their time actively (sport and physical recreation), in turn the adults prefer inactive lifestyle – they spend most of their time in front of the television or computer.

The study has shown significant statistical correlation between the age of respondents and the perceived effects of motor activity. The adults usually noticed the improvement of their metabolism and greater resistance. The adolescents indicated greater well-being.

Statistical analysis has shown significant correlation between the age of respondents and the reason for doing physical activity. The decisive factor among the group of adults was the better appearance and greater well-being.

**Table 2.** Respondents by sex

*Tabela 2. Respondenci według płci*

	Sex		Total [%]
	Women	Men	
Children	8	12	20
Adolescents	9	16	25
Adults	35	20	55
Total	52	48	100

**Table 3.** The regularity of exercise

*Tabela 3. Regularność ćwiczeń*

	Do you exercise regularly?		
	Yes	No	Total [%]
Children	19	1	20
Adolescents	8	17	25
Adults	18	37	55
Total	45	55	100
Statistical analysis	$\chi^2=25,3$ $p=0,0001$		

**Table 4.** How often do you exercise?

*Tabela 4. Jak często ćwiczysz?*

	How often do you exercise?				Total [%]
	2-3 times a week	Everyday	Once a week	At all	
Children	12	8	0	0	20
Adolescents	12	6	5	2	25
Adults	18	3	30	4	55
Total	42	17	35	6	100
Statistical analysis	$\chi^2=30,2$ $p=0,0003$				

**Table 5.** Correlation between the age and the type of leisure activity

*Tabela 5. Korelacja między wiekiem a rodzajem aktywności rekreacyjnej*

	Favourite leisure activity						Total [%]
	I spend my time actively (sport and physical recreation)	I spend time in front of the television or computer	I do the housework (cleaning, cooking)	I meet my friends	I read books	I listen to music	
Children	20	0	0	0	0	0	20
Adolescents	6	9	2	2	4	2	25
Adults	13	14	16	2	9	1	55
Total	39	23	18	4	13	3	100
Statistical analysis	$\chi^2=47,1$ $p=0,0001$						

**Table 6.** Correlation between the age and perceived effects of physical activity**Tabela 6.** Korelacja między wiekiem a postrzeganymi efektami aktywności fizycznej

	Perceived effects of physical activity								Total [%]
	Weight loss	Greater resistance to diseases and colds	Greater well-being	Improvement of metabolism	Improvement of body posture	Greater resistance to stress and fatigue	Improvement of sleep quality	Others	
Children	1	5	5	0	2	0	0	7	20
Adolescents	5	4	12	1	2	0	0	1	25
Adults	3	11	10	13	6	3	5	4	55
Total	9	20	27	14	10	3	5	12	100
Statistical analysis					$\chi^2=36,7$ p=0,0008				

**Table 7.** Reasons for doing physical activity:**Tabela 7.** Powody wykonywania aktywności fizycznej:

	Reasons for doing physical activity				Total [%]
	Good company	Better appearance	Maintenance of good physical condition	Greater well-being	
Children	4	11	5	0	20
Adolescents	0	11	4	10	25
Adults	7	23	11	14	55
Total	11	45	20	24	100
Statistical analysis					$\chi^2=12,9$ p=0,04

**Table 8.** Reasons for not doing physical activity:**Tabela 8.** Powody braku aktywności fizycznej:

	Reasons for not doing physical activity					Total [%]
	Lack of company	Laziness	Lack of time	State of health	Poor motivation	
Children	9	11	0	0	0	20
Adolescents	17	8	0	0	0	25
Adults	3	15	28	6	2	54
Total	29	34	28	6	2	99
Statistical analysis					$\chi^2=58$ p=0,0001	

**Table 9.** The topic of healthy lifestyle in family**Tabela 9.** Temat zdrowego stylu życia w rodzinie

	Do you raise the topic of healthy lifestyle in your family?			Total [%]
	Yes	Sometimes	No	
Children	13	7	0	20
Adolescents	10	13	2	25
Adults	18	37	0	55
Total	41	57	2	100
Statistical analysis				$\chi^2=12,5$ p=0,01

The study has shown significant statistical correlation between the age and the reasons why people do not exercise. The main reason why children do not exercise is the laziness, in the adolescents – the lack of company, and in the adults – the lack of time.

The conducted statistical analysis has demonstrated the significant correlation between the age group of respondents and the topic of healthy lifestyle in their home. The surveyed adults declare they talk about healthy lifestyle in their home.

## CONCLUSIONS

1. Age and sex of the respondents are the determinants in their frequency of doing physical activity.
2. Children and adolescents at school age are more physically active than the adults.
3. Less physical activity of the adults results from the lack of free time to exercise regularly.
4. The majority of children and adolescents think their body mass is right; in turn, among the adults, the majority of them would like to weigh less.
5. In comparison to children and adolescents, the majority of adults do not exercise regularly.

## DISCUSSION

Physical activity is one of the key components of healthy lifestyle and plays an important role in health promotion. Scientific research has shown that physical activity is usually associated with significant improvement of functional capabilities and health state, it can often prevent or reduce some diseases. According to the World Health Organization, the lack of physical activity has been identified as the fourth leading risk factor for global mortality. Dissemination of physical activity in modern societies is one of the main objectives of programmes implemented by international and national authorities, just as in Poland. Knowledge about the types of health-related behaviours and types of their modification should largely contribute to the improvement of society's health.

According to the studies carried out, it can be concluded that physical activity is more and more popular in each age group. The respondents lead moderately active lifestyle. The study shows that young people and adults spend not much time on motor activity and the main reason for this is the lack of time caused by work or household chores. The most popular type of leisure activities among the respondents are the following: the computer use, watching television and in the case of women – doing the housework. According to the studies carried out, the highest number of children and adolescents exercise 2-3 times a week, the adults – once a week, but their exercises are irregular. The majority of respondents feel the positive effects of physical activity. The most visible effect is the greater well-being. As the research of Centre for Public Opinion Research indicates, 70% of Poles most often exercise for health, then – for pleasure (61%), and almost every second person doing physical activity declares that he or she exercises for greater well-being, to relieve the stress, to be in a good physical condition (47%). According to the

study carried out, the main reason why children do not exercise is the laziness, among the adolescents – the lack of company and in the adults – the lack of time. Among all the respondents, the majority of them think their body weight is too much and they would like to weigh less. Based on the analysis conducted, it was found that children do not pay so much attention to their body weight as the adults do.

## References

1. Abrahams P. Fizjologia. Wszystko, co trzeba wiedzieć o działaniu organizmu człowieka. Wyd. Świat Książki. Warszawa 2010.
2. Birch K, MacLaren D, George K. Fizjologia sportu. Krótkie wykłady. Wyd. PWN. Warszawa 2008.
3. Daniłowicz-Szymanowicz L et al. The assessment of influence of long – term exercise training on autonomic nervous system activity in young athletes preparing for competition. *Pol. Merk. Lek.* 2011;30:175.
4. Eberhardta A. Fizjologiczne podstawy rekreacji ruchowej z elementami fizjologii ogólnej człowieka, pod red. A. Eberhardta. Wyd. ALMAMER. Warszawa 2008.
5. Kozera M, Żarów R. Aktywność i sprawność fizyczna – młodzieży licealnej LO nr 2 w Jaworznie. *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne.* 2012;2.
6. Kwolek A. Rehabilitacja medyczna pod red. A. Kwolek. Elsevier Urban & Partner. Wrocław 2012.
7. Nowak Z. Nowak A. Znaczenie aktywności ruchowej w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych – cz. II. *Rehabilitacja w praktyce.* 2010;1.
8. Ronikier A. Fizjologia wysiłku w sporcie, fizjoterapii i rekreacji. Wyd. Centralny Ośrodek Sportu. Warszawa 2008.
9. Tiszchenko E, Surmach M, Pieciewicz-Szczęśna H. Zachowania zdrowotne jako kluczowy czynnik zdrowia. *Zdr Publ.* 2009;119(1):86-89.
10. Wolnicka A, Albrecht P. Analiza stanu odżywienia młodzieży na przykładzie uczniów gimnazjów w Radomsku. *Pediatr Współcz Gastroenterol Hepatol Żyw Dziec.* 2008;10:37-42.
11. Wołowski T, Jankowska M. Wybrane aspekty zachowań zdrowotnych młodzieży gimnazjalnej – cz. II. *Aktywność fizyczna oraz formy spędzania czasu wolnego.* *Probl Hig Epidemiol.* 2007;88(1): 69-73.
12. Zadworna-Cieślak M. Rola rodziny w kształtowaniu zachowań ryzykownych dla zdrowia młodzieży. [w:] *Zachowania ryzykowne i szkodliwe dla zdrowia.* OgińskaBulik N (red). AH-E, Łódź. 2010: 43-58.

### Authors' contributions:

According to the order of the Authorship

### Conflicts of interest:

The Authors declare no conflict of interest

**Received:** 17.06.2019

**Accepted:** 20.08.2019

## ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Katarzyna Bojarczuk**

Department of Epidemiology and Clinical Research Methodology,  
Medical University of Lublin  
ul. Radziwiłłowska 11, Lublin 20-080, Poland  
phone: +48 725 780 878  
e-mail: epidemiologia@umlub.pl

# Kinesiotaping kompleksu obręczy barkowej w prewencji dolnego podwichnięcia stawu ramiennego u osób po udarze mózgu

## Kinesiotaping of the Shoulder Complex in the Prevention Subluxation in Patients After Stroke

Rafał Piaścik<sup>1</sup>, Daniel Malczewski<sup>1</sup>, Katarzyna Nowicka<sup>2</sup>, Maria Kłoda<sup>3</sup>, Piotr Pietras<sup>4</sup>,  
Izabela Domitrz<sup>1</sup>, Jan Kochanowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>II Klinika Neurologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Warszawa, Polska

<sup>2</sup>Zakład Fizykoterapii i Rehabilitacji, Szpital Bielański. Warszawa, Polska

<sup>3</sup>Zakład Rehabilitacji II Wydział Lekarski WUM, Klinika Neurologii Wydział Nauk o Zdrowiu WUM. Warszawa, Polska

<sup>4</sup>Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Szpital Bródnowski. Warszawa, Polska

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Udar mózgu jest jedną z przyczyn niepełnosprawności na świecie. Wystąpienie udaru niedokrwiennego mózgu prowadzi do wystąpienia wielu powikłań w sferze fizycznej i psychicznej pacjenta. U pacjentów po udarze mózgu z obniżonym napięciem mięśniowym można zaobserwować podwichnięcie dolne w stawie ramiennym. Stawu ramiennego nie można rozpatrywać jako samodzielnego stawu, ale jako złożony kompleks obręczy barkowej.

**Materiał i metody:** W badaniu uwzględniono wyniki 40 pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu, z obniżonym napięciem mięśniowym oraz zmniejszeniem siły mięśniowej w kończynie górnej. W grupie badanej zastosowano autorską aplikację Kinesiology Taping kompleksu obręczy barkowej. W badaniu oceniano szparę stawową stawu ramiennego, długość względną ramienia oraz odległość kąta dolnego łopatki od linii wyrostków kolczystych.

**Wyniki:** W całej grupie badanej podwichnięcie dolne zanotowano u 32,5% pacjentów. W badaniu wykazano, iż Kinesiology Taping wpływa na pomiary liniowe ramienia oraz ustawienie łopatki u osób z obniżonym napięciem mięśniowym po udarze mózgu. Odległość kąta łopatki od kregosłupa zmniejsza się, natomiast wartość względna długości ramienia maleje u osób z zastosowaną aplikacją.

**Wnioski:** Autorska aplikacja Kinesiology Taping okazała się skuteczną prewencją podwichnięcia dolnego w stawie ramiennym.

**Słowa kluczowe:** udar niedokrwienny, Kinesiology Taping, kompleks obręczy barkowej

### SUMMARY

**Introduction:** A stroke is one of the causes of disability in the world. The occurrence of a stroke leads to many complications in a patient's physical and mental sphere. In patients after a stroke, whose muscle tone is reduced, a lower subluxation in the glenohumeral joint may be observed. The glenohumeral joint cannot be considered as an independent joint, but as the whole intricate shoulder complex.

**Materials and Methods:** The study included the results of 40 patients after an ischemic stroke with a reduced muscle tone and muscle strength of an upper limb. In the examined group, an original application of Kinesiology Taping of the shoulder girdle was used. The examination evaluated the articular space of the glenohumeral joint, the relative length of the shoulder and the distance of the lower shoulder blade from the line of spinous processes.

**Results:** In the whole examined group, lower subluxation was noted in 32,5% of patients. The study demonstrated that Kinesiology Taping affects the shoulder's linear measurements and shoulder blade arrangement in people with reduced muscle tone after a stroke. The distance between the shoulder blade's angle and the spine decreases, while the relative value of the shoulder's length is reduced in people, on whom the application was used.

**Conclusions:** The original Kinesiology Taping application turned out to be an effective preventive measure of a lower subluxation in the glenohumeral joint.

**Key words:** ischemic stroke, Kinesiology Taping, shoulder complex



## WSTĘP

Udar niedokrwienny mózgu jest jedną z głównych przyczyn niepełnosprawności na świecie. Wystąpienie udaru prowadzi do wielu powikłań w sferze fizycznej i psychicznej. W Polsce wśród około 60 tys. osób doznających udaru rocznie: 15% umiera w ciągu miesiąca, 30% przejawia objawy ciężkiej niepełnosprawności, 30% posiada niewielkie następstwa udaru, a 25% powraca do normalnego stanu neurologicznego. Ryzyko wystąpienia kolejnego udaru wynosi około 10-12% w 1. roku i 5-8% w kolejnych latach od wystąpienia objawów zaburzeń krążenia mózgowego. Około 15% osób po udarze wymaga specjalistycznej, instytucjonalnej opieki długoterminowej. Po udarze mózgu siła mięśniowa kończyny górnej maleje, możemy zaobserwować porażenie lub niedowład. U pacjentów ze zmniejszoną siłą mięśniową oraz obniżonym napięciem mięśniowym może dojść do podwichnięcia dolnego w stawie ramiennym [1]. Stawu ramiennego nie można rozpatrywać jako pojedynczy staw, ale jako cały złożony kompleks obręczy barkowej. Prawdłowo działający kompleks ze stabilizatorami czynnymi i biernymi jest w stanie zapewnić stabilizację stawowi ramiennemu, zapobiegając podwichnięciu dolnemu [2]. Pojęcie kompleksu ramiennego dla określenia złożonej struktury stawu ramiennego wprowadził po raz pierwszy Dempster w latach siedemdziesiątych. Od tamtej pory termin ten obowiązuje w literaturze, która opisuje skomplikowane działanie i budowę stawu ramiennego. Autor zwrócił uwagę na fakt, że mechanizm działania barku to równoczesne działanie trzech stawów anatomicznych oraz dwóch stawów fizjologicznych [3]. Bark jest kompleksem składającym się z pięciu stawów. Stawy te możemy podzielić na dwie grupy.

### Grupa pierwsza:

Staw ramienny (ramiennie-łopatkowy), jest to staw anatomiczny, zawierający dwie powierzchnie stawowe z chrząstką szklistą. Powierzchnie stawowe utworzone są poprzez głowę kości ramiennej oraz panewkę utworzoną przez wydrążenie stawowe łopatki. Jest on najważniejszym stawem kompleksu.

Staw podbarkowy nazywany „drugim stawem ramiennym”, nie jest stawem anatomicznym, ale fizjologicznym, gdyż tworzą go dwie przesuujące się między sobą powierzchnie. Jest to szczelina między mięśniami „stożka rotatorów”, a dolną powierzchnią m. naramiennego. Jest połączony mechanicznie ze stawem ramiennym, gdyż ruchy obu stawów są ze sobą powiązane.

### Grupa druga:

Staw żebrowo-łopatkowy jest to połączenie między m. podłopatkowym a m. zębatym przednim oraz pomiędzy m. zębatym przednim a ścianą klatki piersiowej. Jest to staw fizjologiczny, najważniejszy w tej grupie, lecz nie może funkcjonować bez dwóch poniższych stawów, ze względu na ścisłe powiązanie mechaniczne między sobą.

Staw barkowo-obojęczykowy jest stawem anatomicznym. Powierzchnie stawowe to koniec barkowy obojęczyka, który stanowi główkę stawową i wyrostek barkowy łopatki.

Staw mostkowo-żebrowo-obojęczykowy, staw anatomiczny jest połączeniem obojęczyka z klatką piersiową. Powierzchnie stawowe utworzone są przez koniec mostkowy obojęczyka i wcięcie obojęczykowe mostka z przylegającą do nich częścią chrzęstną żebra. Jest to staw typu siodłkowego wg Kapandjięgo [4].

Jedną z metod wspomagających działanie kompleksu stawu ramiennego może być plastrowanie dynamiczne. Kinesiology Taping jest metodą terapeutyczną wspomagającą pracę mięśni i stawów. Przypisuje się jej również działanie korekcyjne oraz prewencyjne. Jest to młoda dziedzina terapeutyczna, lecz szybko znalazła zastosowanie w różnych działach medycznych. Plastrowanie dynamiczne wykorzystywane jest od kilkunastu lat u osób po udarze mózgu [5].

## MATERIAŁ I METODY

Celem badania była ocena skuteczności oraz przydatności klinicznej, autorskiej aplikacji Kinesiology Taping (KT) kompleksu obręczy barkowej w prewencji podwichnięcia dolnego u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu z obniżonym napięciem mięśniowym o charakterze wiotkim. W pracy założono że zostanie wykonana aplikacja Kinesiology Taping w celu prewencji podwichnięcia dolnego w stawie ramiennym oraz stabilizacji łopatki. Kryteriami włączenia do badania było: wystąpienie pierwszego udaru niedokrwiennego w życiu, możliwość pionizacji pacjenta do pozycji siedzącej, zgoda lekarza na pionizację, obniżone napięcie mięśniowe, obniżona siła mięśniowa kończyny górnej ewentualnie porażenie oraz brak reakcji alergicznej na KT. Kryteriami wyłączenia z badania były: udar krwotoczny, kolejny udar niedokrwienny, prawidłowa siła mięśniowa, podwyższone napięcie mięśniowe, brak możliwości pionizacji.

Badaniem objęto grupę pacjentów, którzy przeżyli udar niedokrwienny mózgu i byli hospitalizowani w Klinice Neurologii II Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego w Szpitalu Bielańskim. Pacjentów do obu grup kwalifikowano na podstawie badania fizjoterapeutycznego, w którym zanotowano obniżenie napięcia mięśniowego typu wiotkiego. Siła mięśniowa kończyny górnej była natomiast określana jako niedowład nieznaczny, niedowład znaczny lub bezwład. Do badania powyższych parametrów wykorzystano zmodyfikowaną na potrzeby badania skalę Repty. Pacjentom spełniającym kryteria badania w tym samym dniu wykonywano pomiary liniowe oraz oceniano ich przy użyciu kwestionariusza Skandynawskiej Skali Oceny Udarów. W użytej skali oceniane są następujące funkcje: świadomość, ruch oka, kończyna górna, ręka, kończyna dolna, orientacja, mowa, porażenie twarzy oraz chód. Maksymalna punktacja kwestionariusza to 58 punktów. W grupie badanej w tym samym dniu wykonano aplikację Kinesiology Taping. Pomiary kontrolne w obu grupach były wykonywane w 3. dobie od pierwszych pomiarów przez tego samego terapeute.

W analizie uwzględniono wyniki 40 pacjentów. Grupa badana obejmowała 15 kobiet i 5 mężczyzn, średnia wieku wynosiła 73 lata w tej grupie. W tej grupie osób została wykonana autorska aplikacja plastrowania dynamicznego. Grupę kontrolną stanowiło 20 osób. Do analizy poddano 12 kobiet oraz 8 mężczyzn ze średnią wieku 77,7. Szczegółową



charakterystykę grup przedstawiono w tabeli 1. W obu grupach kontrolnej i badanej, od początku pobytu w 2. dobie od zachorowania była prowadzona kompleksowa rehabilitacja neurologiczna opierająca się na metodach PNF oraz NDT-Bobath. Wszyscy pacjenci przed przystąpieniem do rehabilitacji mieli przeprowadzone badanie fizjoterapeutyczne zgodnie z kwestionariuszem ICF. Do części badania należała ocena ruchu ramiennie-łopatkowego i ocena mobilności łopatki. Ruchy kończyną górną bezpośrednio zajęta były wykonywane przez terapeutę ze stabilizacją i prawidłowym fizjologicznym ruchem łopatki. Przed przystąpieniem do pionizacji pacjenci mieli wykonywane badanie USG Doppler tętnic szyjnych oraz pomiary podstawowych parametrów życiowych, których wynik zezwalał na przyjmowanie pozycji wysokich.

## METODY BADANIA

W badaniu oceniano: długość ramienia względną, długość ramienia bezwzględną i odległość kąta łopatki od linii wyrostków kolczystych kręgosłupa. Ocena szpary stawowej stawu ramiennego była wizualna i palpacyjna. Wielkość szpary stawowej oceniano za pomocą szerokości palca wskazującego badającego. Badający określał trzy zmienne na podstawie tego badania: brak zmian, powiększona szpara stawowa, znacznie powiększona szpara stawowa. Oceny dokonywano po przyjęciu przez pacjenta pozycji siedzącej, kończyna górna była poddana sile grawitacji.

Aplikacja została wykonana zgodnie z zasadami plastrowania dynamicznego, a osoba badająca odbyła szkolenie z Kinesiology Tapingu.

Do aplikacji użyto trzech taśm o długości dobieranej indywidualnie do pacjenta. Pierwsza taśma została naklejona według aplikacji mięśniowej wzdłuż mięśnia naramiennego. Baza początkowa została umieszczona na wyrostku barkowym łopatki, natomiast baza końcowa w pobliżu guzowatości naramiennej kości ramiennej. Taśma została przyklejona na skórze przy maksymalnym zbliżeniu przyczepów, czyli przy wykonaniu odwiedzenia ramienia do kąta prostego w celu zwiększenia napięcia. Drugi plaster został naklejony jako wspomagający mięśnie stożka rotatorów. Baza początkowa została umieszczona w pobliżu wyrostka kruczego łopatki, natomiast końcowa przy brzegu przyśrodkowym łopatki bez napięcia. Napięcie plastra wynosiło około 50% rozciągliwości plastra. Trzecia taśma została naklejona jako aplikacja korekcyjna w celu stabilizacji łopatki. Początek taśmy korekcyjnej został umocowany w okolicy proksymalnej części obojczyka, natomiast koniec na kładzie dolnym łopatki. Napięcie taśmy wynosiło 50-75%. Kierunek naklejania taśm użytych w wyżej opisanej aplikacji przedstawia foto 1 i 2. Aplikacja była wykonywana po przyjęciu przez pacjenta pozycji siedzącej, ramię podlegało sile grawitacji. Przy naklejaniu drugiej i trzeciej taśmy ustawienia łopatki były korygowane przez terapeutę. Przed przystąpieniem do aplikacji skóra pacjentów została odfuszczona i osuszona. Pacjenci zostali poinformowani o możliwości wystąpienia odczynu alergicznego. Końce taśm zostały zaokrąglone, a klej zaaktywizowany.

## Metody analizy statystycznej

Przed analizą danych potwierdzono testem Shapiro-Wilka, że analizowane zmienne mają rozkład normalny. W zależności od typu rozkładu zmiennych do dalszej analizy stosowano różne testy. Dla zmiennych o rozkładzie normalnym, dla porównania średnich wartości dwóch zmiennych stosowano test t-Studenta (do danych sparowanych lub nie w zależności od analizowanej sytuacji). Porównując średnie wartości większej ilości zmiennych losowych stosowano analizę wariancji. Do oceny wpływu aplikacji KT i porównania wyniku między grupami zastosowano analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami z testami post-hoc NIR Fishera. W przypadku odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu badanych zmiennych korzystano z analizy nieparametrycznej. Do oceny korelacji wykorzystano współczynnik korelacji Spearmana, dla porównania mediany stosowano test U-Manna-Whitneya. Dla cech jakościowych do wykrycia istnienia różnic pomiędzy porównywanymi grupami użyto testu Chi2 Pearsona. Analizy danych i przygotowania wykresów dokonano przy wykorzystaniu programu STATISTICA 12 PL.

## WYNIKI

Charakterystyka oraz porównanie grupy badanej z grupą kontrolną

We wszystkich mierzonych parametrach nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą badaną, a grupą kontrolną.

### Wpływ aplikacji KinesioTapingu na wybrane parametry w grupie badanej oraz porównanie z grupą kontrolną

- Wpływ na stabilizację łopatki – odległość kąta dolnego łopatki od linii pośrodkowej ciała.

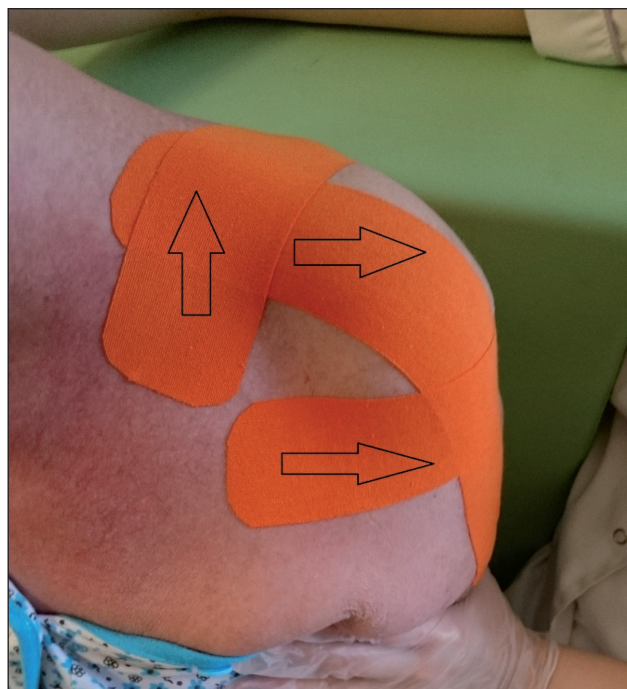
Wykazano istotną statystycznie interakcję pomiędzy czynnikami Terapia (Przed, Po) i Grupa (Badana, Kontrolna) ( $p < 0,001$ ) w analizie zmiennej: odległość kąta dolnego łopatki od linii pośrodkowej ciała (ryc. 1). Analiza testów post-hoc (NIR Fishera) wykazała istotne statystycznie zmniejszenie wartości odległości kąta dolnego łopatki od linii pośrodkowej ciała w grupie badanej ( $p < 0,001$ ), w grupie kontrolnej zanotowano nominalny wzrost wartości analizowanej zmiennej. Po terapii, zanotowano istotną statystycznie różnicę pomiędzy grupą badaną z aplikacją KT, a grupą kontrolną bez aplikacji ( $p < 0,001$ ).

- Prewencja podwichnięcia dolnego – długość względna ramienia.

Wykazano istotną statystycznie interakcję pomiędzy czynnikami Terapia (Przed, Po) i Grupa (Badana, Kontrolna) ( $p < 0,001$ ) w analizie zmiennej: długość względna ramienia (ryc. 2). Analiza testów post-hoc (NIR Fishera) wykazała istotne statystycznie zmniejszenie wartości długości względnej ramienia w grupie badanej ( $p < 0,01$ ), w grupie kontrolnej takiego wyniku nie zanotowano – długość względna ramienia pozostała na takim samym poziomie.

## DYSKUSJA

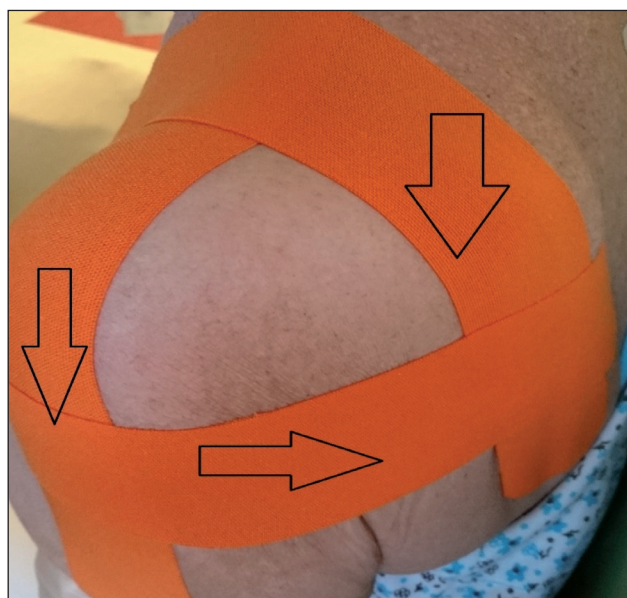
W powyższym badaniu wykazano, iż Kinesiology Taping wpływa na pomiary liniowe oraz ustawienie łopatki u osób



Fot. 1. Aplikacja widok z przodu (materiał własny)



Fot. 3. Pacjent przed aplikacją (materiał własny)



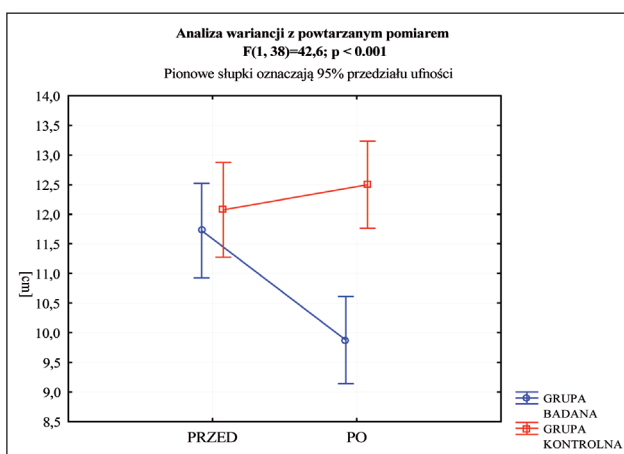
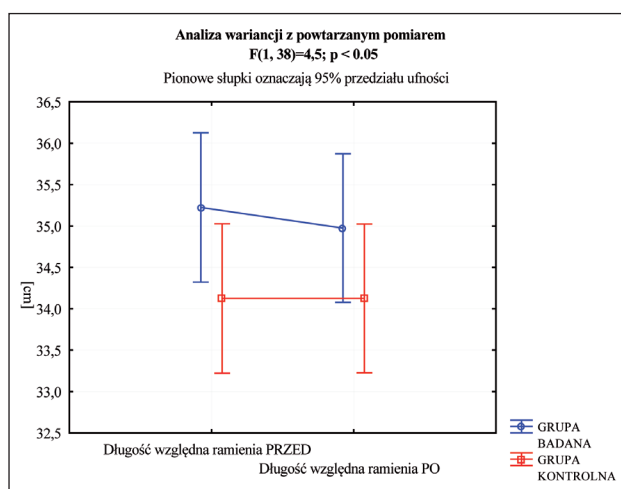
Fot. 2. Aplikacja widok z tyłu (materiał własny)



Fot. 4. Pacjent po wykonanej aplikacji (materiał własny)

**Tabela 1.** Szczegółowa charakterystyka oraz porównanie grupy badanej z grupą kontrolną

Zmienna	Grupa badana	Grupa kontrolna	p
N ( / )	15/5	12/8	NS (p = 0,50)
Wiek	73,0 ± 12,8	77,7 ± 10,8	NS (p = 0,22)
Niedowład (P/L)	15/5	12/8	NS (p = 0,50)
Długość względna ramienia (cm)	35,2 ± 2,1	34,1 ± 1,9	NS (p = 0,09)
Długość bezwzględna ramienia (cm)	33,1 ± 1,9	32,1 ± 2,1	NS (p = 0,11)
Odległość kąta dolnego łopatki od linii pośrodkowej ciała (cm)	11,7 ± 1,9	12,1 ± 1,6	NS (p = 0,53)
Szpara stawowa (brak zmian/ powiększona/znacznie powiększona)	14/2/4	13/3/4	NS (p = 0,89)
Obecność podwichnięcia dolnego (tak/nie)	6/14	7/13	NS (p = 0,74)
Punktacja w Skali Skandynawskiej (0-58)	13,5 (2,0 – 43,0)	24,0 (2,0 – 52,0)	NS (p = 0,67)
Ocena siły mięśniowej (niedowład nieznaczny/niedowład znaczny/ bezwład)	0/7/13	1/5/14	NS (p = 0,50)

**Rycina 1.** Odległość kąta dolnego łopatki od linii pośrodkowej ciała przed i po terapii w grupie badanej z aplikacją KT oraz w grupie kontrolnej bez terapii**Rycina 2.** Długość względną ramienia przed i po terapii w grupie badanej z aplikacją KT oraz grupie kontrolnej bez terapii

z obniżonym napięciem mięśniowym po udarze mózgu. Zmiany zachodzące pod wpływem aplikacji są istotne statystycznie. Odległość kąta łopatki od kręgosłupa zmniejsza się, wartość względna długości ramienia również maleje u osób z zastosowaną aplikacją.

W dostępnych pracach badawczych polskojęzycznych autorzy nie odnaleźli publikacji na temat prewencji dolnego podwichnięcia stawu ramiennego u osób po udarze za pomocą metody KT [6, 7]. Odnalezione zostały materiały poglądowe, uwzględniające podstawy teoretyczne oraz własne doświadczenia nieoparte badaniami naukowymi. W publikacji Sasinowski (2013) zostały przedstawione możliwe do zastosowania aplikacje KT u osób z porażeniem połowicznym jako studium przypadku. Jedną z nich była aplikacja korekcyjna, stabilizująca łopatkę połączona z aplikacją wspomagającą m. naramienny. Opisana aplikacja była wykonana u pacjenta, który wykonywał czynny ruch w stawie ramiennym oraz nie występowało u niego podwichnięcie dolne, odmiennie niż w niniejszej pracy [6].

W dostępnej angielskiej literaturze znaleziono kilka prac badawczych na temat zastosowania metody KT u osób po udarze z problemami ze stawem ramiennym [8-10].

Badaniem Kalichmana (2016) w Izraelu poddano 11 osób po udarze mózgu, które zgłaszały ból barku. W badaniu uwzględniono odczucia bólowe w skali VAS, zakresy ruchów bierne, czynne w stawie ramiennym oraz podwichnięcie w stawie. Badania nie wykorzystywały specjalistycznego sprzętu i były wykonywane w dniu aplikacji i po 24 godzinach od aplikacji. Autor nie stwierdził istotnych statystycznie zmian po zastosowaniu aplikacji, chociaż podaje, iż w kilku przypadkach pacjenci odczuwali mniejsze dolegliwości bólowe oraz wzrastały zakresy ruchów [10].

Huang (2016) w Tajwanie przeprowadził badania na 44 pacjentach po udarze mózgu z problemami w stawie ramiennym, z podziałem na grupę badaną oraz grupę kontrolną z pozorną, niedziałającą aplikacją KT. Był to 3-tygodniowy program usprawniania z aplikacją KT. Pacjentów przebadano na początku programu i po zakończeniu programu. Szerokość



szpary stawowej stawu ramiennego oceniana za pomocą szerokości palca w tym badaniu ulega zmniejszeniu w grupie badanej. Autor jednak nie stwierdza statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupą kontrolną i badaną [9].

Huang w 2017 roku ponownie przeprowadził badania na 21 pacjentach z podziałem na grupę badaną i kontrolną. Aplikacja KT była stosowana 6-krotnie u każdego pacjenta przez 3 dni w ciągu 3-tygodniowego procesu usprawniania. W grupie badanej aplikacja została wykonana na m. nadgrzebieniowym, m. dwugłowym ramienia oraz na stawie ramiennym. W tym projekcie badawczym do oceny wyników użyto badania ultrasonograficznego dla ścięgien mięśni oraz podwichnięcia w stawie ramiennym. Autor, stwierdził istotne statystycznie zmiany w zakresach ruchomości w stawie ramiennym, w grupie z zastosowaną aplikacją. Nie wykazano istotnie statystycznych zmian w badaniu ultrasonograficznym. Jednak szerokość szpary stawowej zmniejszała się tylko w grupie badanej więc na tej podstawie można wnioskować, iż KT był prewencją podwichnięcia. Autor stwierdza, iż KT jest łatwą metodą terapeutyczną i przynosi efekty w usprawnianiu kończyny górnej po udarze mózgu [7].

## WNIOSKI

1. Autorska aplikacja Kinesiology Taping okazała się skuteczną prewencją podwichnięcia dolnego w stawie ramiennym.
2. Zastosowana aplikacja plastrowania dynamicznego wpłynęła na zmianę ustawienia łopatki. Odległość kąta łopatki od linii kręgosłupa zmniejszała się lub nie zmieniała w 3. dobie po wykonaniu aplikacji.
3. Podwichnięcie dolne jest częstym problemem po udarze niedokrwiennym mózgu u osób ze zmniejszoną siłą mięśniową i obniżonym napięciem mięśniowym.

## Piśmiennictwo

1. Bradley WG. Neurologia w praktyce klinicznej. Tom II. Wydawnictwo Czelej. Lublin 2006.
2. Skolimowski J. Współczesne poglądy na biomechanikę kompleksu barkowego. Fizjoterapia. 2009;17(2):64-73.
3. Kapandji AI. Anatomia funkcjonalna stawów. Elsevier Urban & Partner T1. 2013; T1: 4-74.
4. Dempster WT. Mechanism of the shoulder movements. Arch. Phys. Med. And Rehab. 1965;46(49).
5. Jaraczewska E, Long C. Kinesio taping in stroke: improving functional use of the upper extremity in hemiplegia. Top Stroke Rehabil. 2006;13(3):31-42.
6. Sasinowski J. Kinesio® Taping u pacjenta z porażeniem połowicznym. Rehabilitacja w Praktyce. 2013;2:36-38.
7. Berezutsky VI. Kinesiotaping w leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawu kolanowego. Acta Balneologica. 2018;2(152):101-106.
8. Huang YC et al. Effects of Kinesio taping for stroke patients with hemiplegic shoulder pain: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. J Rehabil Med. 2017;49(3): 208-215.
9. Kręgiel A et al. The use of kinesio taping in the treatment of pain and shoulder dysfunction in patients after stroke. Journal of Education, Health and Sport. 2018;8(3): 88-103.
10. Huang YC et al. Effect of kinesiology taping on hemiplegic shoulder pain and functional outcomes in subacute stroke patients: a randomized controlled study. Eur J Phys Rehabil Med. 2016;52(6):774-781.
11. Kalichman L et al. Effect of kinesio tape application on hemiplegic shoulder pain and motor ability: a pilot study. Int J Rehabil Res. 2016;39(3):272-6.

## Wkład autorów:

Według kolejności.

## Konflikt interesów:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

**Pracę nadesłano:** 19.03.2019

**Zaakceptowano:** 15.05.2019

---

## ADRES DO KORESPONDENCJI:

**Rafał Piascik**

ul. Wróbla 15/19

02-736 Warszawa

tel.: +48 510 653 395

e-mail: piascik.rafal@gmail.com

# Ocena bezpieczeństwa oraz wpływu serii zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej na poziom odczuwania bólu i sprawność funkcjonalną pacjentów w różnym wieku

## Evaluation of the Safety and the Influence of a Whole Body Cryotherapy on the Level of Pain Perception and Functional Capacity of Patients at Different Age

Katarzyna Pietrzak<sup>1</sup>, Łukasz Kikowski<sup>2</sup>, Adrianna Zwolińska<sup>1</sup>, Joanna Kostka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zakład Medycyny Fizycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Polska

<sup>2</sup>Ośrodek Profilaktyki i Rehabilitacji CREATOR Sp. z o.o. w Łodzi, Polska

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej w połączeniu z kinezyterapią mogą potencjalnie wpłynąć na poprawę funkcjonowania pacjentów. Celem pracy była ocena wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na poziom odczuwania bólu i sprawność funkcjonalną pacjentów z zespołami bólowymi w różnym wieku oraz ocena występowania działań niepożądanych podczas pobytu w kriokomorze.

**Materiał i metody:** Badaniem objęto 40 pacjentów z zespołami bólowymi pomiędzy 24 a 73 rokiem życia podzielonych na 2 grupy: grupę I (młodszą) do 55 roku życia i grupę II (starszą) powyżej 55 roku życia. Badani poddani byli serii 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej. Do oceny sprawności funkcjonalnej wykorzystano testy: FTSST (test 5-krotnego wstania z krzesła) oraz TUG (Wstań i Idź), do oceny bólu skalę VAS i Zmodyfikowany Kwestionariusz Bólu wg Laitinena.

**Wyniki:** W grupie I uzyskano zmniejszenie intensywności bólu w skali VAS już po 1 zabiegu ( $p=0,003$ ) oraz po serii 10 zabiegów poprawę w zakresie skal bólu (VAS  $p=0,001$ ; Kwestionariusz Laitinena  $p=0,002$ ) i testów funkcjonalnych (TUG  $p=0,002$ ; FTSST  $p<0,001$ ). W grupie II po 1 zabiegu uzyskano poprawę w zakresie odczuwania bólu w skali VAS ( $p=0,01$ ). Po serii 10 zabiegów doszło do poprawy sprawności funkcjonalnej (TUG  $p=0,006$ ; FTSST  $p<0,001$ ) oraz zmniejszenia bólu ocenianego za pomocą skali VAS ( $p=0,04$ ) i Kwestionariusza Laitinena ( $p=0,05$ ).

**Wnioski:** Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej w połączeniu z kinezyterapią wpływają na zmniejszenie dolegliwości bólowych już po pojedynczej ekspozycji, a po serii 10 zabiegów dochodzi do poprawy wyników testów funkcjonalnych. Pobyt w kriokomorze może wiązać się z wystąpieniem efektów niepożądanych, które występują stosunkowo rzadko, ustępują szybko i nie zagrażają życiu ani zdrowiu pacjentów. Wiek pacjentów nie ma istotnego wpływu na końcowy wynik terapii oraz na występowanie efektów niepożądanych.

**Słowa kluczowe:** krioterapia ogólnoustrojowa, kriokomora, sprawność funkcjonalna, zespoły bólowe kręgosłupa

### SUMMARY

**Introduction:** Whole body cryotherapy with kinesitherapy can potentially improve the everyday functioning of patients. The aim of the study was to assess the influence of whole body cryotherapy on the pain perception and functional efficiency of patients with pain syndromes in a different age and to assess the occurrence of adverse effects during treatment.

**Material and Methods:** The study involved 40 patients with pain syndromes aged between 24 and 73 divided into 2 groups: group I (younger) up to 55 years old and group II (older) over 55 years old. The subjects underwent a series of 10 treatments of cryotherapy. The following tests were used to assess functional performance and pain: FTSST (Five Times Sit- to- Stand Test), TUG (Timed Up and Go Test), VAS (Visual Analogue Scale) Modified Pain Questionnaire according to Laitinen.

**Results:** In the group I: the intensity of pain on the VAS scale was reduced after the first treatment ( $p=0.003$ ); after a series of 10 treatments improvement in pain scales (VAS:  $p=0.001$ , Laitinen Questionnaire:  $p=0.002$ ) and functional tests (TUG:  $p=0.002$ , FTSST:  $p<0.001$ ) was obtained. In the group II: improvement in pain perception at VAS scale after first treatment ( $p=0.01$ ) was achieved and after a series of 10 treatments, functional improvement (TUG:  $p=0.006$ , FTSST:  $p<0.001$ ) and in results in pain scales (VAS:  $p=0.04$ , Laitinen questionnaire:  $p=0.05$ ) was obtained.

**Conclusions:** Whole body cryotherapy with kinesitherapy contribute to the reduction of pain after only a single exposure, and after a series of 10 treatments occur to improve performance of functional tests. Cryotherapy may be associated with adverse effects, which are relatively rare, disappear quickly and do not endanger the life or health of patients. The age of patients has no significant effect on the final outcomes of therapy and on the occurrence of adverse effects.

**Key words:** whole body cryotherapy, cryochamber, functional performance, back pain syndromes

Acta Balneol, TOM LXI, Nr 3(157);2019:182-188

## WSTĘP

Najważniejszym celem holistycznego postępowania fizjoterapeutycznego jest zapewnienie sprawności funkcjonalnej (czynnościowej), czyli możliwości wykonywania codziennych czynności i zaspokajania potrzeb życiowych określanych jako podstawowe ADL (ang. *activities of daily living*) i złożone IADL (ang. *instrumental activities of daily living*). Wśród nich wymienia się między innymi: zdolność do samodzielnego przyjmowania posiłków, poruszania się, utrzymania higieny osobistej, kontroli czynności fizjologicznych oraz funkcjonowania w środowisku. Aktywności te są miernikiem samodzielności oraz niezależności od otoczenia [1-3].

Jednym z ważniejszych środków terapeutycznych wykorzystywanych w fizjoterapii, przede wszystkim w celu poprawy sprawności funkcjonalnej, jest odpowiednio zaprogramowana kinezyterapia. Jednak niektóre zabiegi z zakresu medycyny fizykalnej mogą wpłynąć na poprawę efektywności prowadzonej terapii i uatrakcyjnić proces terapeutyczny. Coraz większą popularność zdobywają zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej. W piśmiennictwie zarówno krajowym, jak i międzynarodowym wiele badań potwierdza skuteczność terapeutyczną procedur wykorzystujących temperatury kriogeniczne u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową, chorobami reumatoidalnymi, bólami mięśniowo-powięziowymi, fibromialgią, stwardnieniem rozsianym, zespołem depresyjnym czy zespołem stresu pourazowego [4-11]. Zabiegi krioterapii pobudzają organizm do wielu pozytywnych reakcji wspomagających odtwarzanie oraz podtrzymanie homeostazy. Dlatego też znajdują zastosowanie również wśród osób zdrowych, między innymi w odnowie biologicznej [12].

Wraz z wiekiem dochodzi do stopniowego pogarszania się sprawności funkcjonalnej, dlatego starsi pacjenci należą do grona osób najczęściej korzystających z zabiegów fizjoterapeutycznych. Fizjologiczne zmiany związane z wiekiem oraz coraz częściej występujące choroby przewlekłe mogą wpływać na skuteczność postępowania fizjoterapeutycznego, ale również na bezpieczeństwo zabiegów. Niektóre źródła podają, że starszy wiek może stanowić względne przeciwwskazanie do krioterapii ogólnoustrojowej [13, 14], co sprawia, że seniorzy mogą być wykluczani z udziału w tej atrakcyjnej formie terapii.

## CEL PRACY

Celem pracy była ocena wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na poziom odczuwania bólu i sprawność funkcjonal-

ną pacjentów z zespołami bólowymi w różnym wieku oraz ocena występowania działań niepożądanych podczas pobytu w kriokomorze.

## MATERIAŁ I METODY

Wszyscy pacjenci biorący udział w badaniach zostali zakwalifikowani do serii 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej przez lekarza specjalistę: rehabilitacji, ortopedii, neurologii lub reumatologii z powodu dolegliwości bólowych stawów obwodowych i/lub kręgosłupa. Każdy z nich wyraził świadomą, pisemną zgodę na uczestnictwo w badaniach.

Do badania włączono 40 osób pomiędzy 24 a 73 rokiem życia. Pacjenci zostali podzieleni pod względem wieku na dwie grupy: grupa I (młodsza) – osoby do 55 roku życia (21 osób, w tym 10 kobiet i 11 mężczyzn) oraz grupa II (starsza) – osoby powyżej 55 roku życia (19 osób, w tym 17 kobiet i 2 mężczyzn).

Do badania nie zakwalifikowano pacjentów, którzy nie wyrazili zgody na udział w badaniu, niepełnoletnich oraz ze współistniejącymi przeciwwskazaniami do zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej, takimi jak: nietolerancja zimna, kacheksja, hipotermia, krioglobulinemia, zespół/choroba Raynauda, niedoczynność tarczycy, ostre choroby układu oddechowego, choroby nowotworowe (do 5 lat od wyleczenia), ciężkie choroby układu krążenia, nerwica wegetatywna, zaburzenia krążenia obwodowego znacznego stopnia, klaustrofobia i choroby psychiczne [15].

Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej realizowane były w komorze kriogenicznej typu wrocławskiego w Ośrodku Profilaktyki i Rehabilitacji Creator Sp. z o. o. w Łodzi. Zabiegi przeprowadzone zostały w ramach standardowych procedur stosowanych w ośrodku. Przed każdym wejściem odbywała się kwalifikacja lekarska połączona z pomiarem ciśnienia tętniczego krwi oraz instrukcją dotyczącą właściwego zachowania podczas zabiegu: oddychania (wydech 2-razy dłuższy niż wdech), przestrzegania procedury niedotykania skóry własnej, innych uczestników oraz ścian kriokomor, sposobu poruszania (w koło, ze zmianą kierunku po około 30 sekundach zabiegu) i zakazie rozmów. Szczególnie monitorowano właściwy ubiór chorych (wykonane z naturalnych surowców: krótkie spodenki, u kobiet dodatkowo podkoszulek/top, rękawiczki, czapka/opaska na uszy, długie skarpety), obecność maski ochronnej na usta i nos, zmianę obuwia na drewniane chodaki, dokładne osuszenie ciała, a także brak metalowych ozdób [16, 17]. Zabiegi odbywały się zgodnie

z ustaloną procedurą. Najpierw 3-4 pacjentów przebywało przez 30 sekund w przedsiomku kriokomorzy w temperaturze  $-60^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), następnie na 2 minuty przechodzili do komory właściwej o temperaturze w zakresie od  $-130^{\circ}\text{C}$  do  $-120^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), a na zakończenie zabiegu ponownie przemieszczali się do przedsiomka na 30 sekund [4, 18]. Podczas zabiegów pacjenci byli obserwowani przez kamerę umieszczoną w kriokomorze oraz instruowani przez mikrofon o zmianie kierunku marszu i przechodzeniu do poszczególnych części kriokomorzy przez fizjoterapeutę nadzorującego z zewnątrz przebieg zabiegu.

Po wyjściu z kriokomorzy pacjenci udawali się do sali gimnastycznej, gdzie poddawani byli 30-minutowej kinezyterapii, na którą składały się ćwiczenia grupowe i ćwiczenia z wykorzystaniem przyrządów – cykloergometrów oraz stepów [17,19].

Przed zabiegami pacjenci byli proszeni o wypełnienie ankiety zawierającej pytania dotyczące danych socjodemograficznych, antropometrycznych oraz stanu zdrowia. Do oceny stopnia dolegliwości bólowych wykorzystano skalę VAS (ang. *Visual Analogue Scale*; skala wizualno-analogowa) i zmodyfikowany Kwestionariusz Bólu według Laitinena. Do oceny sprawności funkcjonalnej wykorzystano test 5-krotnego wstania z krzesła (ang. *Five Times Sit- to- Stand Test* – FTSST) oraz test TUG (ang. *Timed Up & Go Test*). Badania te zostały wykonane przed i po 1 zabiegu oraz po pełnej serii zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej (z wyjątkiem Kwestionariusza Laitinena – wykonano 2-krotnie przed pierwszym i po serii dziesięciu zabiegów).

W celu oceny nasilenia bólu w skali VAS pacjenci byli proszeni o zaznaczenie na 10-centymetrowej linii miejsca odpowiadającego aktualnemu poziomowi odczuwanego bólu, gdzie 0 (początek linii) – oznaczało brak bólu, zaś 10 (koniec linii) – najsilniejszy wyobrażalny ból [4, 20]. Zmodyfikowany Kwestionariusz Bólu według Laitinena składa się z 4 części dotyczących: intensywności bólu, częstotliwości występowania bólu, stosowania leków przeciwbólowych oraz ograniczenia aktywności ruchowej. Każda z części kwestionariusza oceniana była w skali punktowej (od 0 do 4 punktów) [18].

Zdolność do zmiany pozycji, siłę mięśniową, ruchomość stawów kończyn dolnych i koordynację badanego oceniano na podstawie próby 5-krotnego wstania z krzesła, czyli wykonania 5 powtórzeń podnoszenia się z krzesła z pozycji wyjściowej (siad, ramiona skrzyżowane na klatce piersiowej, stopy oparte na podłodze) do pozycji wyprostowanej oraz z powrotem do pozycji siedzącej. Czas rejestrowano od sygnału rozpoczynającego próbę do chwili przyjęcia pozycji stojącej po ostatnim powtórzeniu. Wyniki podano w sekundach [21-23]. Test TUG jest prostym testem wykorzystywanym do oceny równowagi dynamicznej, ryzyka upadków oraz sprawności chodu. Polega na wykonaniu kolejno: podniesienia się z pozycji wyjściowej (siad na krześle z opartymi plecami), pokonaniu odległości 3 metrów, wykonaniu zwrotu oraz powrotu do krzesła i zajęcia pozycji siedzącej na krześle. Podczas zadania mierzony był czas (w sekundach) [24-26]. Ponadto po 10 zabiegu pacjenci wypełnili ankietę dotyczącą wystąpienia działań niepożądanych związanych z pobytem w kriokomorze.

Dane sprawdzono pod względem normalności rozkładu i równości wariancji.

Do porównania parametrów ilościowych pomiędzy badanymi grupami oraz do porównania zmian badanych parametrów pod wpływem pobytu w kriokomorze pomiędzy grupami wykorzystano test t-Studenta dla wartości niepowiązanych lub Manna-Whitneya w zależności od rozkładu. Zmiany badanych parametrów pod wpływem pobytu w kriokomorze w poszczególnych grupach określono za pomocą testu t-Studenta dla wartości sparowanych oraz test znaków rank w zależności od rozkładu. Dane przedstawiono w postaci średniej i odchylenia standardowego. Za próg istotności statystycznej uznano wartość  $p \leq 0,05$ .

## WYNIKI

W badaniu początkowym grupy nie różniły się istotnie statystycznie pod względem masy ciała, BMI oraz wyników uzyskanych w skalach bólu. Starsze osoby (grupa II) były niższe i uzyskały gorszy czas w testach funkcjonalnych – TUG oraz FTSST (tab. 1). W grupie młodszej (grupa I) dolegliwości bólowe dotyczyły kręgosłupa (15 osób) i stawów obwodowych (15 osób), w tym 9 osób zgłaszało ból zarówno w obrębie kręgosłupa, jak i stawów obwodowych. W grupie starszej u 13 osób ból dotyczył kręgosłupa, u 16 – stawów obwodowych, w tym u 10 osób – zarówno kręgosłupa, jak i stawów obwodowych. Zarówno w grupie starszej, jak i młodszej ból stawów obwodowych występował najczęściej w obrębie stawów kolanowych, biodrowych i barkowych. Ponadto w grupie młodszej 11 osób zgłaszało występowanie hipercholesterolemii, 8 – osób nadciśnienia tętniczego, 6 – chorób przewodu pokarmowego, 3 – osteoporozy oraz 1 – cukrzycy. W grupie starszej u 16 osób występowała hipercholesterolemia, u 6 – nadciśnienie tętnicze, u 4 – choroby przewodu pokarmowego, u 3 – cukrzyca, u 2 – osteoporoza, 2 osoby przebyły chorobę nowotworową oraz pojedyncze osoby zgłaszały występowanie choroby wieńcowej, udaru mózgu i przewlekłych chorób płuc.

W badaniu początkowym oraz po serii 10 zabiegów oceniano wyniki uzyskane w skalach bólu (VAS i Laitinena) oraz testach funkcjonalnych, ponadto po 1 sesji w kriokomorze oceniono zmiany w skali VAS i obu testach funkcjonalnych. W grupie I uzyskano zmniejszenie intensywności bólu w skali VAS po 1 zabiegu (bez zmian wyników w testach funkcjonalnych) oraz po serii 10 zabiegów poprawę w zakresie wszystkich analizowanych wskaźników poza częścią kwestionariusza Laitinena dotyczącą ilości przyjmowanych leków (tab. 2). Pod wpływem terapii w grupie II po 1 zabiegu uzyskano poprawę w zakresie odczuwania bólu w skali VAS, ale nie poprawiły się wyniki testów funkcjonalnych. Po serii 10 zabiegów doszło do poprawy sprawności funkcjonalnej oraz niektórych wyników skal bólu poza częstotliwością występowania bólu, ilością przyjmowanych leków oraz ograniczeniem aktywności fizycznej w skali Laitinena (tab. 3). Zmiany w zakresie analizowanych wskaźników pod wpływem zastosowanej terapii nie różniły się istotnie w badanych grupach pacjentów (tab. 4).

Po serii 10 zabiegów w I grupie 1 osoba zgłaszała ospałość po zabiegach i u 1 osoby po około połowie zabiegów



**Tabela 1.** Charakterystyka badanych pacjentów – porównanie grup

Oceniany parametr	Grupa I (n=21)	Grupa II (n=19)	p	
Wiek	44,2±10,2	62,4±4,4	<0,001	
Wzrost (m)	1,71±0,11	1,64±0,1	0,03	
Masa ciała (kg)	77,0±15,1	74,9±12,1	ns	
BMI	26,0±3,1	28,1±4,4	ns	
VAS (przed)	5,10±1,51	5,26±1,76	ns	
Kwestionariusz Laitinena (przed)	intensywność	1,76±0,94	1,68±0,58	ns
	częstotliwość	2,05±1,16	2,0±1,0	ns
	leki	0,86±0,73	0,68±0,75	ns
	ogr. akt.	0,95±0,50	0,89±0,66	ns
	razem	5,62±2,27	5,25±2,0	ns
TUG (s) (przed)	6,56±1,06	7,76±1,41	0,005	
FTSST (s) (przed)	10,53±2,16	12,68±3,77	0,05	

ns – brak różnicy na poziomie istotnym statystycznie

VAS (Visual Analogue Scale) – skala wizualno-analogowa

FTSST (Five Times Sit- to- Stand Test) – test 5-krotnego wstania z krzesła

TUG (Timed Up &amp; Go Test) – test Wstań i Idź

**Tabela 2.** Zmiany w odczuwaniu nasilenia dolegliwości bólowych oraz sprawności funkcjonalnej pod wpływem pobytu w kriokomorze – grupa I

Oceniany parametr	Przed	Po 1 zabiegu	P (przed vs po1 zabiegu)	Po 10 zabiegu	P (przed vs po10 zabiegu)
VAS	5,10±1,51	3,10±2,41	0,003	3,0±2,37	0,001
Kwestionariusz Laitinena	intensywność	1,76±0,94	-	0,86±0,96	<0,001
	częstotliwość	2,05±1,16	-	1,43±1,16	0,03
	leki	0,86±0,73	-	0,57±0,81	ns
	ogr. akt.	0,95±0,50	-	0,52±0,60	0,001
	razem	5,62±2,27	-	3,38±2,56	0,002
TUG (s)	6,56±1,06	6,3±1,22	ns	5,83±1,03	0,002
FTSST (s)	10,53±2,16	10,43±1,96	ns	8,86±1,84	<0,001

ns – brak różnicy na poziomie istotnym statystycznie

VAS (Visual Analogue Scale) – skala wizualno-analogowa

FTSST (Five Times Sit- to- Stand Test) – test 5-krotnego wstania z krzesła

TUG (Timed Up &amp; Go Test) – test Wstań i Idź

**Tabela 3.** Zmiany w odczuwaniu nasilenia dolegliwości bólowych oraz sprawności funkcjonalnej pod wpływem pobytu w kriokomorze – grupa II

Oceniany parametr	Przed	Po 1 zabiegu	P (przed vs po 1 zabiegu)	Po 10 zabiegu	P (przed vs po 10 zabiegu)
VAS	5,26±1,76	3,84±2,95	0,01	3,68±3,23	0,04
Kwestionariusz Laitinena	intensywność	1,68±0,58	-	1,05±0,78	0,02
	częstotliwość	2,0±1,0	-	1,74±1,33	ns
	leki	0,68±0,75	-	0,42±0,61	ns
	ogr. akt.	0,89±0,66	-	0,74±0,73	ns
	razem	5,25±2,0	-	3,95±2,90	0,05
TUG (s)	7,76±1,41	8,43±2,82	ns	7,02±1,34	0,006
FTSST (s)	12,68±3,77	12,26±4,24	ns	10,08±2,93	<0,001

ns – brak różnicy na poziomie istotnym statystycznie

VAS (Visual Analogue Scale) – skala wizualno-analogowa

FTSST (Five Times Sit- to- Stand Test) – test 5-krotnego wstania z krzesła

TUG (Timed Up &amp; Go Test) – test Wstań i Idź

**Tabela 4.** Porównanie zmian w poziomie odczuwania nasilenia dolegliwości bólowych oraz sprawności funkcjonalnej pod wpływem pobytu w kriokomorze oraz ćwiczeń pomiędzy grupami

Oceniany parametr	Przed vs po 1 zabiegu			Przed vs po 10 zabiegu		
	grupa I	grupa II	p	grupa I	grupa II	p
VAS	2,0±2,74	1,42±2,17	ns	2,10±2,53	1,58±3,10	ns
Kwestionariusz Laitinena	intensywność	-	-	0,90±0,1	0,63±0,96	ns
	częstotliwość	-	-	0,62±1,20	0,26±1,52	ns
	leki	-	-	0,29±0,96	0,26±0,81	ns
	ogr, akt,	-	-	0,43±0,51	0,16±0,60	ns
	razem	-	-	2,24±2,47	1,32±2,73	ns
TUG (s)	0,26±0,76	0,67±2,33	ns	0,73±0,95	0,74±1,02	ns
FTSST(s)	0,10±1,07	0,43±1,73	ns	1,67±1,91	1,88±1,72	ns

ns – brak różnicy na poziomie istotnym statystycznie

VAS (Visual Analogue Scale) – skala wizualno-analogowa

FTSST (Five Times Sit- to- Stand Test) – test 5-krotnego wstania z krzesła

TUG (Timed Up & Go Test) – test Wstań i Idź

wystąpiło podrażnienie skóry w obrębie podudzi, ale nie eliminujące pacjentki z kontynuowania terapii. W II grupie 1 osoba zgłaszała pojawiające się po zabiegu zawroty głowy i 1 osoba – subiektywne wrażenie podniesionego ciśnienia krwi (niepotwierdzone w pomiarze).

## DYSKUSJA

Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej wpływają na zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz sprawność funkcjonalną osób korzystających z tej formy fizjoterapii. Przeprowadzone badania wskazują jednoznacznie na poprawę w zakresie nasilenia odczuwania bólu w skali VAS już po 1 zabiegu w serii. Szybki efekt przeciwbólowy, zauważalny już po 1 zabiegu wynika z wpływu niskich temperatur na włókna czuciowe i redukcję przewodnictwa w nich, a także zahamowanie działania receptorów czuciowych oraz ich połączeń z proprioreceptorami [5]. Ponadto pod wpływem niskich temperatur organizm jest stymulowany do wzrostu wydzielania beta-endorfin oraz obniżenia stężenia mleczanów i histaminy w zmienionych zapalnie tkankach [27]. Po 10 zabiegu efekt przeciwbólowy utrzymywał się, uzyskana również została poprawa rezultatów w obu testach funkcjonalnych. Wyniki niniejszych badań są zgodne z wynikami uzyskanymi przez innych autorów dotyczących różnych grup pacjentów. W pracy Krekory i wsp. [6] pod wpływem krioterapii ogólnoustrojowej uzyskano istotne zmniejszenie występujących dolegliwości bólowych u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów, szczególnie w zakresie częstości i intensywności bólu oraz ilości zażywanych farmaceutyków, zaś w badaniach Stanek i wsp. znaczący efekt obniżenia dolegliwości bólowych uzyskano u pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa [29]. Wiele badań potwierdza skuteczność przeciwbólową niskich temperatur u pacjentów z zespołami bólowymi w obrębie kręgosłupa zarówno w części lędźwiowo-krzyżowej [4, 17, 27, 28], jak i szyjnej [18]. W praktyce klinicznej dla osiągnięcia działania przeciwbólowego wykorzystywane są różne formy terapeutycznego działania zimna. Jednak w badaniach, w których porów-

nywano efekty krioterapii miejscowej do ogólnoustrojowej oraz różny zakres temperatur stosowanych w terapii lepszy efekt uzyskiwano w przypadku działania ogólnoustrojowego w stosunku do miejscowego [30] oraz przy zastosowaniu niższych temperatur [28].

Poza efektem przeciwbólowym prowadzonej terapii u pacjentów doszło do poprawy sprawności funkcjonalnej w obydwu grupach pacjentów i we wszystkich testach. Nie tylko ból, ale nawet obawa przed bólem jest istotnym determinantem sprawności funkcjonalnej [31], dlatego jego złagodzenie prawdopodobnie wpłynęło na poprawę wyników w analizowanych testach. Efekt ten mógł być następstwem działania również wielu innych czynników. Poza redukcją bólu w wyniku stosowania temperatur kriogenicznych dochodzi do szeregu korzystnych efektów, takich jak: zmniejszenie sztywności [6], poprawa zakresu ruchu [4, 6, 17, 18], zmniejszenie napięcia mięśni [32], ograniczenie objawów depresji [33], które mogą istotnie poprawiać funkcjonowanie pacjenta. Wyniki badań innych autorów również wskazują na poprawę funkcjonalną pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa [5, 36], reumatoidalnym zapaleniem stawów [6], zespołami bólowymi w obrębie kręgosłupa [4,17] po serii zabiegów krioterapii. Rezultatów takich nie uzyskano w badaniach Giemzy i wsp. [27] wśród pacjentów z dolegliwościami odcinka lędźwiowego kręgosłupa, u których 2 razy w tygodniu stosowano zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej w połączeniu z ćwiczeniami metodą DBC (ang. *Documentation Based Care*). Po zaproponowanej terapii w obydwu badanych grupach (w I z nich ćwiczenia poprzedzone były sesją w kriokomorze, w II stosowano tylko ćwiczenia) uzyskano poprawę funkcjonalną, jednak poprzedzenie ćwiczeń zabiegami krioterapii ogólnoustrojowej nie poprawiało wyników. Autorzy sugerują, że dla uzyskania wymiernych efektów krioterapii potrzebna jest większa częstotliwość zabiegów – zabiegi stosowane 2 razy w tygodniu są zbyt słabym bodźcem, nieprowadzącym do sumowania się pozytywnych efektów prowadzonych zabiegów. Sugestia ta znajduje potwierdzenie również w naszych badaniach. Pojedynczy (pierwszy) zabieg

nie spowodował poprawy wyników testów funkcjonalnych w obydwu badanych grupach, nawet pomimo zmniejszenia poziomu bólu. Natomiast po serii 10 zabiegów stosowanych codziennie pojawiły się korzyści funkcjonalne. Warto podkreślić, że na efekt terapeutyczny, przede wszystkim w postaci poprawy sprawności funkcjonalnej, mogła wpłynąć kinezyterapia. Zgodnie z wytycznymi Narodowego Funduszu Zdrowia nie ma możliwości skorzystania z zabiegu w kriokomorze jako monoterapii, zabieg krioterapii ogólnoustrojowej musi być zawsze skojarzony z kinezyterapią. Aktywność ruchowa jest jednym z ważniejszych czynników determinujących sprawność człowieka i opóźniających jej pogarszanie się wraz z wiekiem [34]. Jednak połączenie zabiegów działających synergistycznie z reguły daje lepsze efekty. Z danych dostępnych w piśmiennictwie, poprzedzenie sesji kinezyterapii pobyt w kriokomorze wpływa na uzyskanie korzystniejszych zmian, niż będące wynikiem samej tylko kinezyterapii [5, 35]. Np. w badaniach Stanek i wsp. [35] pod wpływem terapii łączonej w porównaniu do samej kinezyterapii, uzyskano większe zmiany w zakresie redukcji dolegliwości bólowych, poprawy zakresu ruchu, a przede wszystkim we wskaźnikach odzwierciedlających aktywność choroby i deficyty funkcjonalne u pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa (BASDAI i BASFI). Temperatury kriogeniczne znacząco wpływają na wywołanie efektu przeciwbólowego, który może utrzymywać się po zabiegu nawet do kilku godzin, co niewątpliwie predysponuje do efektywniejszej kinezyterapii [10]. Zmniejszenie dolegliwości bólowych wpływa dodatkowo na rozluźnienie mięśni i umożliwia progres zakresu ruchu w stawach pod wpływem kinezyterapii, a przy doborze odpowiednich ćwiczeń nawet przyrost masy mięśniowej i zwiększenie ich siły [32]. Redukcja odczuwania bólu pociąga za sobą kolejne korzyści dla pacjenta skutki w postaci nie tylko zwiększenia, ale przede wszystkim utrwalenia efektów fizjoterapii po odbytej kinezyterapii [36].

Celem niniejszych badań była również ocena, czy pacjenci w różnym wieku mogą osiągnąć różne efekty pod wpływem terapii. Zmiany związane z wiekiem powodują, że potencjał rehabilitacyjny osób starszych może być ograniczony. Nasze przypuszczenia nie potwierdziły się. Okazało się, że niezależnie od wieku korzyści z zaproponowanej terapii są zbliżone. Zakładaliśmy również, że w grupie osób starszych może częściej dochodzić do działań niepożądanych w wyniku pobytu w kriokomorze. Jednak z naszych badań wynika, że krioterapia ogólnoustrojowa jest bezpieczna i dobrze tolerowana przez pacjentów. Zabiegi w kriokomorze mogą wywołać niepożądane dolegliwości, ale odnotowano je u niewielkiej liczby osób i nie były znacznie nasilone. Było to prawdopodobnie związane z właściwą kwalifikacją i informacją pacjentów na temat zachowania w trakcie zabiegu, nienaruszaniem zasad bezpieczeństwa oraz obsługą przez odpowiednio wykwalifikowany personel medyczny. Sołtys i Elwart [37] stwierdzili wśród badanych pacjentów wystąpienie dolegliwości niepożądanych, takich jak: podwyższenie ciśnienia tętniczego krwi i bóle głowy w przypadku pozostania w kriokomorze dłużej niż 90 sekund, napady lęku,

zaburzenia oddychania w wyniku niezdolności oddychania w sposób zalecany, uczucie zimna utrzymujące się do kilku godzin po zabiegu i odmrożenia I stopnia w obrębie dołów podkolanowych. Z zebranych danych wysunęli wniosek, że niepożądane objawy, choć pojawiają się często, nie powodują przerwania zabiegu ani nie zagrażają życiu chorych. Odpowiednia kwalifikacja do zabiegu i przestrzeganie zasad bezpieczeństwa pozwalają na korzystanie z tej formy terapii osobom w różnym wieku. Jednak ze względu na niedostateczną ilość danych w tym zakresie niezbędne wydaje się prowadzenie dalszych badań klinicznych z wykorzystaniem większych grup pacjentów.

## WNIOSKI

Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej w połączeniu z kinezyterapią wpływają na zmniejszenie dolegliwości bólowych już po pojedynczej ekspozycji.

Seria 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej skojarzonej z kinezyterapią wpływa na poprawę wyników testów funkcjonalnych.

Pobyt w kriokomorze może wiązać się z wystąpieniem efektów niepożądanych, które występują stosunkowo rzadko, ustępują szybko i nie zagrażają życiu ani zdrowiu pacjentów.

Wiek pacjentów nie ma istotnego wpływu na końcowy wynik terapii oraz na występowanie efektów niepożądanych.

## Piśmiennictwo

- Jachimowicz V, Kostka T. Aktywność ruchowa a sprawność funkcjonalna i lokomocyjna osób starszych. *Med Sport*. 2009;4:256-264.
- Kostka J, Kostka T, Czernicki J. Siła i moc mięśniowa oraz optymalna prędkość skracania się mięśni a sprawność funkcjonalna pacjentów poddawanych rehabilitacji. *Med Sport*. 2010;5:244-252.
- Wiktor K, Drozdowska B, Czekajło A, Hebel R. Wybrane metody oceny czynnościowej (funkcjonalnej) w praktyce lekarskiej. *Ann Acad Med Siles*. 2010;5-6:76-81.
- Barocha M, Daniszewska P, Kikowski Ł. Wpływ zabiegu krioterapii ogólnoustrojowej na dolegliwości bólowe i ruchomość kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego w przebiegu choroby zwyrodnieniowej. *Acta Balneologica*. 2016;4:244-249.
- Stanek A, Cieślak G, Matyszkiewicz B i wsp. Subiektywna ocena skuteczności terapeutycznej krioterapii ogólnoustrojowej u pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa. *Balneologia Polska*. 2005;1-2:24-32.
- Krekora K, Sawicka A, Czernicki J. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na dolegliwości bólowe chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. *Balneologia Polska*. 2008;4:307-312.
- García-Espinoza ÓA, Salas-Fraire Ó, Flores-Garza PP, Salas-Longoria K. Analgesic effect of whole body cryotherapy in patients with trapezius myofascial pain syndrome: A longitudinal, non-blinded, experimental study. *Medicina Universitaria*. 2017;19:115-122.
- Vitenet M, TUBEZ F, Marreiro A et al. Effect of whole body cryotherapy interventions on health-related quality of life in fibromyalgia patients: A randomized controlled trial. *Complement Ther Med*. 2018;36:6-8.
- Mraz M, Skrzek A, Gruszka E, Chamela-Bilińska D, Drak-Wojakiewicz M, Dutkiewicz A. Wpływ fizjoterapii z wykorzystaniem krioterapii ogólnoustrojowej na stabilność i równowagę pozycji stojącej pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. *Fizjoterapia*. 2001;1:26-29.

10. Lubkowska A. Zastosowanie krioterapii w chorobach przewlekłych. *Fam Med Primary Care Rev.* 2013;2:233-239.
11. Panchenko OA, Śliwiński Z. Cryotherapy as a part of the post-stress disorder rehabilitation complex. *Fizjoter Pol.* 2017;4:62-68.
12. Jonak A, Skrzek A. Krioterapia w odnowie biologicznej sportowców - przegląd badań. *Acta Bio-Opt Inform Med.* 2009;4:319-321.
13. Straburzyńska-Lupa A, Straburzyński G. Fizjoterapia. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa. 2006:72.
14. Madejski R, Madejski E. Krioterapia – lecznicze zimno. *Lider.* 2010;6:11-13.
15. Cholewka A, Stanek A, Wójcik M, Sieroń-Stożny K, Drzazga Z. Does local cryotherapy improve thermal diagnosis similar to whole body cryotherapy in the case of spine diseases? *J Therm Anal Calorim.* 2017;2:1155-1162.
16. Stanek A, Cieślak G, Mrowiec J, Sieroń A. Krioterapia w praktyce klinicznej. *Rehabil Prakt.* 2006;1:27- 31.
17. Demczuk-Włodarczyk E, Kurant B, Kopa-Szocińska M, Śliwińska Z, Juszyńska J, Śliwiński Z. Wpływ temperatur kriogenicznych na stan funkcjonalny pacjentów z zespołem bólowym kręgosłupa lędźwiowego. *Fizjoter Pol.* 2014;3:36-55.
18. Daniszewska P, Kroc A, Barocha A, Kikowski Ł. Ocena leczniczego oddziaływania krioterapii ogólnoustrojowej u chorych z zespołem bólowym kręgosłupa szyjnego. *Acta Balneologica.* 2014;2:100-105.
19. Kikowski Ł, Szwaczko A, Korzycka-Zaborowska B. Ocena parametrów klinicznych metodą bioimpedancji tkankowej u osób poddanych serii zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej połączonej z kinezyterapią – doniesienia wstępne. *Acta Balneologica.* 2012;3:173-186.
20. Kram M, Kurylak A. Ból w przebiegu choroby nowotworowej u dzieci i młodzieży. *Współcz Onkol.* 2006;7:344-348.
21. Mong Y, Teo TW, Ng SS. 5-repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehab.* 2010;91:407-413.
22. Duncan RP, Leddy AL, Earhart GM. Five times sit-to-stand test performance in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehab.* 2011;92:1431-1436.
23. Mętel S, Kwiatkowska A, Głodzik J, Szczygieł E. Wykorzystanie testu Functional Strength w ocenie stanu funkcjonalnego oraz w monitorowaniu procesu rehabilitacji medycznej osób starszych. *Gerontol Pol.* 2012;4:148-154.
24. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community – dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther.* 2000;9:896-903.
25. Szot P, Golec J, Szczygieł E. Przegląd wybranych testów funkcjonalnych, stosowanych w ocenie ryzyka upadków u osób starszych. *Gerontol Pol.* 2008;1:12-17.
26. Skalska A, Gałaś A. Upadki jako czynnik ryzyka pogorszenia stanu funkcjonalnego w starszy wieku. *Gerontol Pol.* 2011;3-4:150-160.
27. Gierała C, Ostrowska B, Hawrylak A, Barczyk-Paweł K, Wójtowicz D. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na skuteczność zwalczania dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. *Acta Bio-Opt Inform Med.* 2011;2:95- 98.
28. Nugraha B, Günther JT, Rawert H, Siegert R, Gutenbrunner C. Effects of whole cryo-chamber therapy on pain in patients with chronic low back pain: a prospective double blind randomised controlled trial. *Eur J Phys Rehab Med.* 2015;2:143-148.
29. Stanek A, Cholewka A, Cieślak G, Rosmus-Kuczia I, Drzazga Z, Sieroń A. Ocena działania przeciwbólowego krioterapii ogólnoustrojowej u pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów. *Fizjoter Pol.* 2011;4:49-55.
30. Miller E. Porównanie skuteczności działania krioterapii miejscowej i ogólnoustrojowej w bólu przewlekłym. *Fizjoter Pol.* 2006;1:27-31.
31. Swinkels-Meewisse IE, Roelofs J, Oostendorp RA, Verbeek AL, Vlaeyen JW. Acute low back pain: pain-related fear and pain catastrophizing influence physical performance and perceived disability. *Pain* 2006;1-2:36-43.
32. Rymaszewska J, Pawik M. Czy krioterapia ogólnoustrojowa staje się formą terapii? *Fam Med Primary Care Rev.* 2013;2:247-250.
33. Rymaszewska J, Urbańska K, Szcześniak D i wsp. Krioterapia ogólnoustrojowa - obiecująca forma potencjalizacji leczenia zaburzeń depresyjnych. *Psychiatr Pol.* 2018;100:1-15.
34. Visser M, Pluijm SM, Stel VS, Bosscher RJ, Deeg DJ. Physical activity as a determinant of change in mobility performance: the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Am Geriatr Soc.* 2002;11:1774-1781.
35. Stanek A, Cholewka A, Gaduła J, Drzazga Z, Sieroń A, Sieroń-Stożny K. Can whole-body cryotherapy with subsequent kinesiotherapy procedures in closed type cryogenic chamber improve BASDAI, BASFI, some spine mobility parameters and decrease pain intensity in patients with ankylosing spondylitis? *BioMed Res Int.* 2015;404259.
36. Skalska-Izdebska R, Dziadosz W, Goraj-Szczypiorska B, Kurach A, Pałka T. Wpływ krioterapii na organizm ludzki. *Young Sport Science of Ukraine.* 2012;3:187-194.
37. Sołtys P, Elwart D. Czy krioterapia jest bezpieczna? *Rehabil Prakt* 2008;2 36-37.

#### **Wkład autorów:**

Według kolejności

#### **Konflikt interesów:**

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów

**Pracę nadesłano:** 06.11.2018

**Zaakceptowano:** 18.12.2018

---

#### **ADRES DO KORESPONDENCJI:**

**Katarzyna Pietrzak**

Zakład Medycyny Fizykalnej

Katedra Rehabilitacji

90-647 Łódź, Plac Hallera 1

tel.: 42 639 31 12

e-mail: katarzyna.pietrzak2@stud.umed.lodz.pl



# Ocena skuteczności fizjoterapii uzdrowiskowej w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa

## Evaluation of the Effectiveness of Physiotherapy in Health Resort in the Treatment of Lumbosacral Spine Pain

Jolanta Matusiak, Antonina Kaczorowska, Aleksandra Katan

<sup>1</sup>Państwowa Medyczna Wyższa Szkoła Zawodowa w Opolu, Wydział Fizjoterapii, Polska

<sup>2</sup>Wyższa Szkoła Medyczna w Kłodzku, Polska

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Choroby kręgosłupa, to najczęściej zgłaszany problem zdrowotny we wszystkich badanych populacjach, niezależnie od kraju. Dużym problemem osób z zespołem bólowym kręgosłupa jest postępująca niepełnosprawność, a co za tym idzie pogorszenie jakości życia. Ważne miejsce w terapii zespołów bólowych kręgosłupa zajmują metody fizykalne. Kompleksowe postępowanie fizjoterapeutyczne największy nacisk kładzie na walkę z bólem i odzyskanie prawidłowego zakresu ruchomości w kręgosłupie, a także uzyskanie odpowiedniej stabilizacji. Celem pracy jest ocena skuteczności fizjoterapii uzdrowiskowej w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa.

**Materiał i metody:** Badaniami objętych zostało 50 kuracjuszy Sanatorium Uzdrowiskowego „Malwa” w Polanicy Zdroju odczuwających dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa, przebywających na trzytygodniowym turnusie rehabilitacyjnym. Do oceny skuteczności leczenia zastosowano Numeryczną Skalę Natężenia Bólu (NRS), skalę Jacksona-Moskowitza, Kwestionariusz Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa i test palce-podłoga.

**Wyniki:** Po trzytygodniowym okresie prowadzonej fizjoterapii średnia wartość bólu mierzona w skali NRS zmniejszyła się. Zakres zgjęcia w przód całego kręgosłupa mierzony podczas testu palce-podłoga uległ poprawie po przeprowadzonej fizjoterapii. Różnice pomiędzy średnimi są istotne statystycznie. Niepełnosprawność pacjentów, dotycząca wykonywania codziennych czynności, mierzona za pomocą Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa, zmniejszyła się.

**Wnioski:** Kompleksowe postępowanie fizjoterapeutyczne stosowane w lecznictwie uzdrowiskowym poprawiło ruchomość kręgosłupa pacjentów z bólami kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym oraz wpłynęło na zmniejszenie bólu i niepełnosprawności. Okres trzech tygodni wydaje się być wystarczającym czasem dla uzyskania poprawy w zespole bólowym dolnego odcinka kręgosłupa.

**Słowa kluczowe:** zespół bólowy kręgosłupa, ruchomość kręgosłupa, leczenie uzdrowiskowe, fizjoterapia

### SUMMARY

**Introduction:** Diseases of the spine are the most common health problem in all population tested, regardless of the country. Pain syndrome of the spine is a major issue because it leads to disability progression and consequently to the deterioration of the quality of life. Physical therapy takes an important place in treating pain syndrome of the spine. The main focus of comprehensive physiotherapy is on dealing with pain and regaining normal range of movement of the spine, as well as obtaining proper stabilization. The aim of this study is to evaluate the effectiveness of spa physiotherapy on treating patients with low back pain.

**Material and Methods:** The study included 50 patients of the “Malwa” Sanatorium in Polanica Zdrój participating in three-week spa therapy because of low back pain. The evaluation was based on the Numerical Rating Scale, Jackson-Moskowitz Scale, the Roland-Morris Disability Questionnaire, and the fingertip-to-floor test.

**Results:** After three weeks of physiotherapy, an average level of pain measured by the Numerical Rating Scale decreased. The range of spine mobility measured by the fingertip-to-floor test improved. The differences between the averages are statistically significant. The patients' disability concerning everyday tasks, measured by the Roland-Morris Disability Questionnaire decreased.

**Conclusions:** A comprehensive physiotherapy used in health resorts has improved spine mobility among patients with low back pain; it also helped to decrease pain and disability. It seems that a period of three weeks is enough to provide improvement in low back pain.

**Key words:** low back pain syndrome, spine mobility, sanatorium therapy, physiotherapy

## WSTĘP

W Polsce z każdym rokiem odnotowuje się coraz więcej przypadków bólu w dolnym odcinku kręgosłupa. Przyjmuje się, że choroby kręgosłupa, to najczęściej zgłaszany problem zdrowotny we wszystkich badanych populacjach, niezależnie od kraju [1, 2]. Najczęściej te dolegliwości mają charakter epizodyczny, ale niestety u około 10% przechodzą w stan tzw. chronicznych bólów krzyża i w ograniczoną sprawność ruchową [3].

Bóle odcinka lędźwiowego są jedną z czterech głównych przyczyn niezdolności do pracy. Szacuje się, że koszty leczenia tego schorzenia przekraczają koszty leczenia wszystkich urazów i chorób przemysłowych [3]. Przewlekły charakter dolegliwości bólowych kręgosłupa, a także duża częstotliwość ich występowania, dowodzi, że leczenie jest kosztowne i jest znacznym obciążeniem finansowym dla systemów opieki zdrowotnej w większości krajów. Dużym problemem osób z zespołem bólowym kręgosłupa jest postępująca niepełnosprawność, a co za tym idzie pogorszenie jakości życia [4-6].

Według danych przeprowadzonych przez GUS z 1 grudnia 2015 roku, które dotyczyły zdrowia i zachowań zdrowotnych mieszkańców Polski w świetle Europejskiego Ankietowego Badania Zdrowia (EHIS), pod koniec 2014 roku na bóle w dolnej części pleców skarżyło się aż 59% ogółu osób powyżej 15 roku życia. Dolegliwości te wzrastają wraz z wiekiem, a szczególnie gwałtownie po ukończeniu 50 roku życia. Z danych wynika, że bóle w odcinku lędźwiowym były wymieniane na pierwszym miejscu z sześciu najczęściej występujących dolegliwości zdrowotnych [7].

Czynniki ryzyka wystąpienia bólów w dolnym odcinku kręgosłupa to starszy wiek, płeć żeńska, przebyte leczenie operacyjne, stałe przyjmowanie leków, siedzący tryb życia i niższy poziom sprawności fizycznej [8].

Obecnie medycyna umożliwia leczenie bólu kręgosłupa różnymi metodami – operacyjnie i zachowawczo. Znaczna większość pacjentów kwalifikuje się do leczenia zachowawczego, a tylko około 2% pacjentów wymaga operacji [9]. Do leczenia zachowawczego w dolegliwościach bólowych kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym zaliczamy: farmakoterapię, kinezyterapię, masaż leczniczy, fizykoterapię, a także edukację zdrowotną.

Ważne miejsce w terapii zespołów bólowych kręgosłupa zajmują metody fizykalne, jednakże wyniki badań są niejednoznaczne – prowadzone są ciągle dyskusje nad skutecznością poszczególnych metod terapeutycznych, doborem optymalnych parametrów zabiegów i sposobem kojarzenia czynników fizykalnych [10]. Najlepsze rezultaty można uzyskać wtedy, kiedy pacjenci korzystają jednocześnie z wielu metod leczenia zachowawczego. Kompleksowe postępowanie fizjoterapeutyczne największy nacisk kładzie na walkę z bólem i odzyskanie prawidłowego zakresu ruchomości w kręgosłupie, a także uzyskanie odpowiedniej stabilizacji [9].

Takie kompleksowe postępowanie oferuje w Polsce leczenie w uzdrowiskach. Lecznictwo uzdrowiskowe jest działem medycyny, w którym wykorzystuje się przede wszystkim lecznicze działanie klimatu oraz naturalne surowce lecznicze,

stosowane podczas kuracji fizjoterapeutycznej. Stosowane są także czynniki i metody lecznicze ogólnie dostępne, jak farmakoterapia, zabiegi fizjoterapeutyczne – kinezyterapia i fizykoterapia. W skład leczenia sanatoryjnego wchodzi także dieta, psychoterapia i edukacja pacjenta. Wykorzystanie wielu metod medycznych i diagnostycznych umożliwia organizowanie kompleksowego postępowania leczniczego i zapobiegawczego [11].

## CEL PRACY

Celem pracy jest ocena skuteczności fizjoterapii uzdrowiskowej stosowanej podczas turnusu sanatoryjnego w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniami objętych zostało 50 kuracjuszy w Sanatorium Uzdrowiskowym „Malwa” w Polanicy Zdroju odczuwających dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa – 29 kobiet i 21 mężczyzn w wieku 57-72 lat, przebywających na trzytygodniowym turnusie. Średni wiek badanych wynosił 63,6 lat. Kryterium włączenia stanowiły dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowego kręgosłupa, przewlekły charakter dolegliwości (powyżej trzech miesięcy), brak przeciwwskazań do zabiegów fizjoterapeutycznych w ramach prowadzonego programu terapii oraz zadeklarowanie uczestnictwa w całym programie terapii. Uzyskano zgodę na badania Komisji Bioetycznej, działającej przy Państwowej Medycznej Wyższej Szkole Zawodowej w Opolu.

Badani w pierwszym i ostatnim dniu NRSu pobytu w sanatorium wypełnili kwestionariusz zawierający narzędzia do oceny stopnia natężenia bólu: Numeryczną Skalę Natężenia Bólu (NRS), skalę Jacksona-Moskowitza oraz Kwestionariusz Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa.

Skala NRS (ang. *Numerical Rating Scale* – NRS) służy do oceny bólu. Pacjenta prosi się o wskazanie nasilenia bólu od 0 do 10 [12].

Do oceny częstości i stopnia natężenia bólu posłużono się 6-stopniową skalą wg schematów podanych przez Jacksona-Moskowitza. Skala ta, obok braku dolegliwości bólowych, uwzględnia ból sporadyczny, okresowy, częsty, bardzo częsty i ból ciągły – ograniczający całkowicie sprawność chorego [13].

Kwestionariusz Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa (The Roland-Morris Disability Questionnaire) składa się z 24 pytań, dotyczących wykonywania codziennych czynności. Każdej pozycji przyznaje się ocenę punktową 0 lub 1. Wynik 0-24 określa indeks niepełnosprawności. Im większa suma uzyskanych punktów tym większy stopień zaburzonej sprawności [14]. Stopnie niepełnosprawności wg Kwestionariusza Niesprawności Rolanda-Morrisa to:

- 0-3 – brak niepełnosprawności
- 4-10 – niski stopień niepełnosprawności
- 11-17 – średni stopień niepełnosprawności
- 18-24 wysoki stopień niepełnosprawności

Następnie kuracjusze wykonali test funkcjonalny do oceny ruchomości kręgosłupa – a test palce-podłoga również w pierwszym

i ostatnim dniu pobytu w sanatorium. Wynik testu to odległość w centymetrach między końcem palców a podłogą [15].

Wszyscy pacjenci przez cały okres pobytu w sanatorium korzystali codziennie z zabiegów fizykoterapeutycznych, masażu klasycznego oraz kinezyterapii. Program fizykoterapeutyczny obejmował:

- krioterapię miejscową w temperaturze  $-115^{\circ}\text{C}$  na odcinek lędźwiowy kręgosłupa; czas zabiegu wynosił 3 minuty; pacjentów po zabiegu skierowano na salę ćwiczeń; wykonano 15 zabiegów podczas turnusu,
- przezskórną elektryczną stymulację nerwów (metoda TENS) – zastosowano prądy o kształcie prostokąta, częstotliwości 100 Hz i czasie impulsu 50  $\mu\text{s}$ ; natężenie prądu dostosowane do odczuć pacjenta wynosiło przeważnie 100 mA; elektrody układano w miejscach bolesnych wokół kręgosłupa lędźwiowego; czas zabiegu wynosił 20 minut; wykonano 10 zabiegów podczas turnusu,
- biostymulację laserową – stosując metodę kontaktowego, punktowego naświetlania miejsca bolesnego; zabiegi wykonywano za pomocą sondy o mocy 250 mW; długość fali 808 nm; stosowana dawka na punkt to 2-6 J; czas zabiegu wynosił od 2 do 7,5 minuty; zabiegi wykonywano przez 10 dni podczas turnusu,
- zmienne pole magnetyczne o niskiej częstotliwości i o mocy 1-4 mT oraz częstotliwości impulsów 10-50 Hz; czas zabiegu wynosił 30 minut, wykonano 15 zabiegów podczas turnusu,
- fonoforezę z żelom ketonal (25 mg/g; 2,5%) – natężenie dźwięku 0,8-1,2 W/cm<sup>2</sup>, całkowity czas zabiegu do 10 min, wykonano 12 zabiegów w serii,
- naświetlanie lampą sollux z filtrem czerwonym – na obszar odcinka lędźwiowo-krzyżowego z odległości 30 cm; zabiegi przeprowadzano w pozycji siedzącej pacjenta na krześle; czas zabiegu wynosił 15 minut, wykonano 10 zabiegów podczas turnusu.

Zabiegi fizykoterapeutyczne, ich liczba i dawkowanie były zlecone przez lekarza balneoterapii i medycyny fizykalnej. Wszystkie zabiegi wykonywane były codziennie od poniedziałku do piątku w godzinach 7.30-17.30 i w soboty

w godzinach popołudniowych. Zabiegi krioterapii miejscowej były wykonywane do południa, co drugi dzień. Naświetlania lampą sollux odbywały się naprzemiennie z zabiegami krioterapii lub po południu. Pozostałe zabiegi fizykoterapeutyczne odbywały się od południa lub w soboty, po dwa-trzy zabiegi dziennie, w odstępach przynajmniej jednej godziny pomiędzy zabiegami.

Pacjenci mieli wykonywany również masaż klasyczny odcinka lędźwiowego kręgosłupa – czas trwania zabiegu to 15 minut, wykonano 15 zabiegów podczas turnusu.

Ćwiczenia lecznicze wykonywane były codziennie w godzinach popołudniowych. Czas trwania wynosił 30 min. Celem ćwiczeń było wzmocnienie gorsetu mięśniowego i zwiększenie zakresu ruchomości kręgosłupa. Program usprawniania zawierał także ćwiczenia ogólnokondycyjne, trening krótkich napięć izometrycznych mięśni grzbietu, pośladków, kończyn górnych, kończyn dolnych i brzucha, ćwiczenia elongacyjne i rozciągające w przypadku stwierdzonych przykurczy mięśniowych oraz ćwiczenia oddechowe. Dodatkowo stosowano ćwiczenia kształtujące prawidłowe nawyki postawy – trening przy lustrze tzw. biofeedback oraz elementy metody McKenzie.

Wyniki przeprowadzonych badań poddano analizie statystycznej. Analizę wykonano za pomocą programu PQStat. Wykorzystano podstawowe statystyki opisowe: średnią arytmetyczną, min, max oraz odchylenie standardowe. Do oceny istotności różnic przed i po rehabilitacji wykorzystano parametryczny test Studenta dla grup zależnych. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ . Prawdopodobieństwa  $p < 0,05$  zaznaczono tłustym drukiem. Wyniki opisowe skali Jacksona-Moskowitza i Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa przedstawiono w wartościach procentowych.

## WYNIKI

21-dniowy okres prowadzonej fizjoterapii przyczynił się do zmniejszenia średniej wartości bólu w skali NRS o 3,71 pkt. Wartości min i max także uległy zmniejszeniu. Różnica pomiędzy średnimi wynikami jest statystycznie istotna (tab.1).

**Tabela 1.** Ocena odczuwanych dolegliwości bólowych, wyników testu palce-podłoga i niepełnosprawności przed i po 21-dniowym turnusie

**Table 1.** Pain assessment, the results of the fingertip-to-floor test, and disability before and after 21 day spa therapy

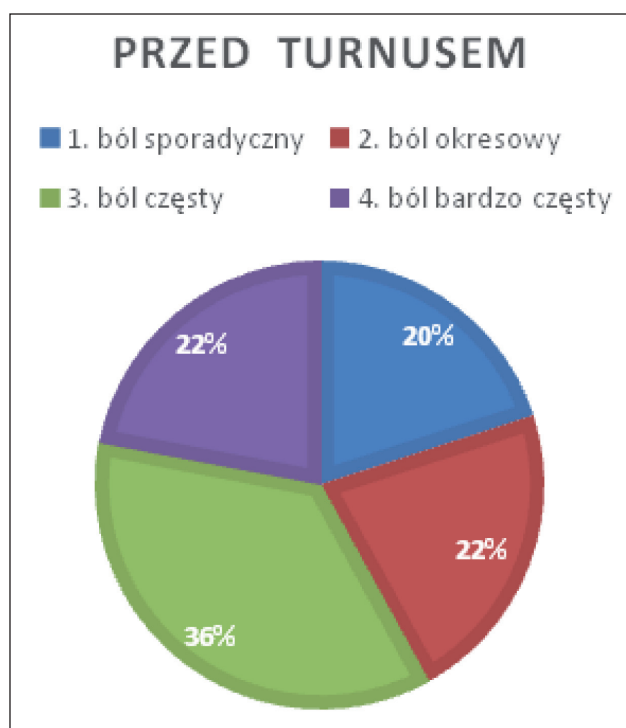
Zmienna	SD	Min	Max	Test t-Studenta			
				t	p		
Ocena bólu w skali NRS	Przed turnusem	6,84	1,62	5	10	9,86	<0,001
	Po turnusie	3,13	1,82	1	7		
Wynik testu palce – podłoga	Przed turnusem	37,36	1,40	35	40	150,88	<0,001
	Po turnusie	29,7	1,35	27	32		
Kwestionariusz Rolanda-Morrisa	Przed turnusem	12,26	3,10	7	18	16,42	<0,001
	Po turnusie	8,84	2,14	5	13		

Zakres zgięcia w przód całego kręgosłupa mierzony podczas testu palce-podłoga uległ poprawie po przeprowadzonej fizjoterapii średnio o 7,66 cm. Różnica pomiędzy średnimi wynikami jest istotna statystycznie (tab.1).

Według skali Jacksona-Moskowitza 36% badanych przed rozpoczęciem terapii odczuwało ból częsty. Stosunkowo duży odsetek osób poddanych badaniu określił swój ból jako bardzo częsty – 22%, okresowy – 22%. Tylko 20% badanych określiło ból jako sporadyczny (ryc.1). Po 21-dniowej fizjoterapii zmniejszył się odsetek osób odczuwających ból bardzo częsty – 14% i ból częsty – 30%. Zwiększył się odsetek badanych odczuwających ból okresowy – 24% i sporadyczny – 32% (ryc. 2).

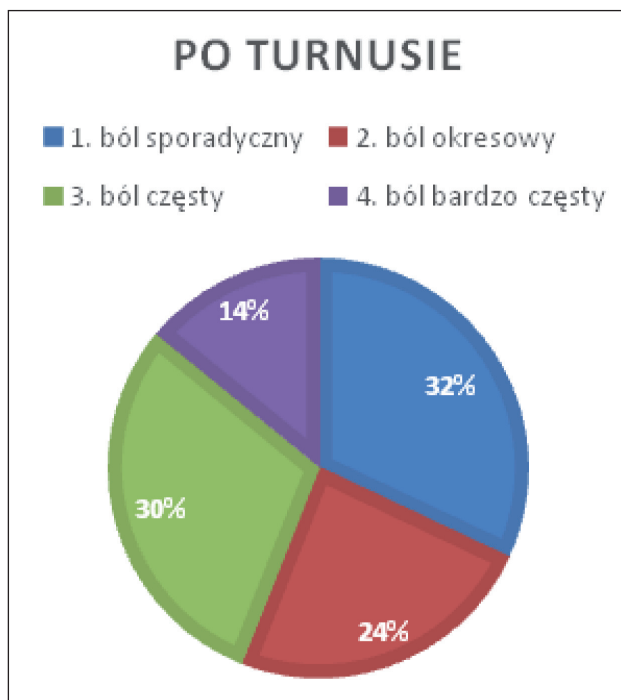
Średni wynik niepełnosprawności mierzony za pomocą Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa zmniejszył się z 12,26 do 8,84. Różnica pomiędzy średnimi jest istotna statystycznie (tab.1). Przed rozpoczęciem turnusu sanatoryjnego u ponad połowy badanych stwierdzono średni stopień niepełnosprawności w wykonywaniu codziennych czynności – (56%), u 32% – niski stopień, a u 12% pacjentów – wysoki stopień niepełnosprawności (ryc. 3). Po turnusie odsetek osób o niskim stopniu niepełnosprawności wzrósł do 65% a odsetek osób o średnim stopniu niepełnosprawności zmniejszył się do 35%. U żadnego z badanych nie stwierdzono wysokiego stopnia niepełnosprawności (ryc. 4).

Kompleksowa fizjoterapia, przeprowadzona podczas 21-dniowego turnusu sanatoryjnego wpłynęła na zmniejszenie bólu odcinka lędźwiowo-krzyżowego i poprawę ruchomości kręgosłupa. Niepełnosprawność pacjentów, dotycząca



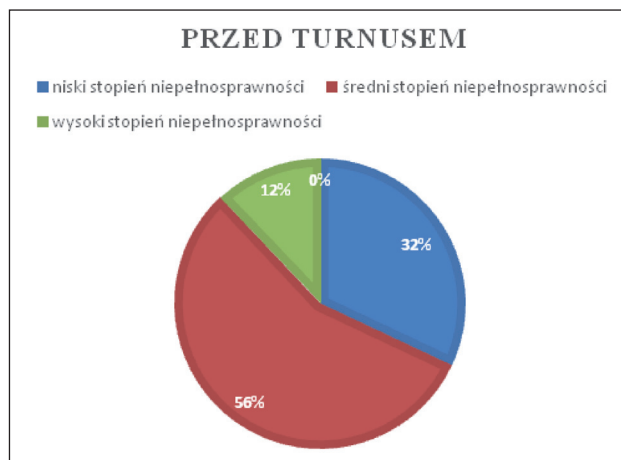
Rycina.1. Ból odczuwany przez badanych przed turnusem wg skali Jacksona-Moskowitza

Figure 1. Patients' pain assessment measured by the Jackson-Moskowitz Scale before the therapy



Rycina 2. Ból odczuwany przez badanych po turnusie wg skali Jacksona-Moskowitza

Figure 2. Patients' pain assessment measured by the Jackson-Moskowitz Scale after the therapy



Rycina 3. Stopień niepełnosprawności badanych określony na podstawie Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa przed rozpoczęciem fizjoterapii

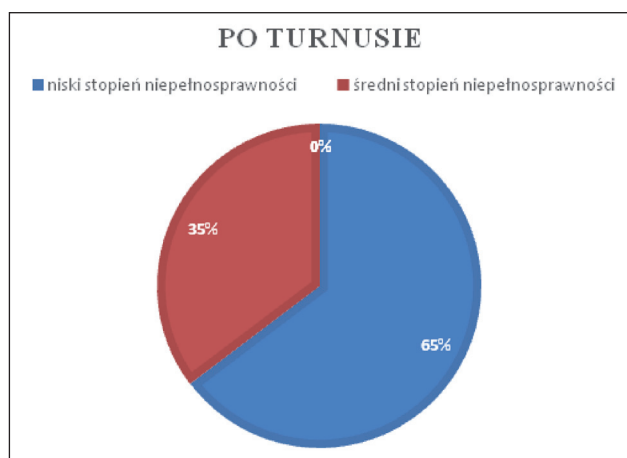
Figure 3. The degree of patients' disability measured by the Roland-Morris Disability Questionnaire before the therapy

wykonywania codziennych czynności, mierzona za pomocą Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa, zmniejszyła się.

## DYSKUSJA

Zespoły bólowe kręgosłupa odcinka lędźwiowo-krzyżowego stanowią powszechny problem. Obniżają jakość życia pacjentów, ponieważ powodują ograniczenia w życiu społecznym i zawodowym, a także ograniczenia w życiu towarzyskim. Stanowią jedną z przyczyn długotrwałej niezdolności do





**Rycina 4.** Stopień niepełnosprawności badanych określony na podstawie Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa po zakończeniu fizjoterapii

**Figure 4.** The degree of patients' disability measured by the Roland-Morris Disability Questionnaire after the therapy

pracy. Aby zwiększyć efektywność leczenia zachowawczego bólów kręgosłupa, prowadzone są badania nad skutecznością poszczególnych metod.

Uzyskane wyniki własne wykazały pozytywny wpływ zastosowanej fizjoterapii sanatoryjnej na ruchomość kręgosłupa, odczuwany ból oraz sprawność pacjentów z przewlekłym bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

Podobne wyniki uzyskali inni badacze. Puszczalska-Lizis i Zwiercan badały skuteczność usprawniania pacjentów w Sanatorium Uzdrowskim „Piast” w Iwoniczu-Zdroju w stosunku do pacjentów ambulatoryjnych za pomocą Numerycznej Skali Natężenia Bólu i Kwestionariusza Niepełnosprawności Rolanda-Morrisa. Zauważyły, że już po dwutygodniowej terapii nastąpiła statystycznie istotna poprawa zakresów ruchomości kręgosłupa oraz obniżenie dolegliwości bólowych w obu grupach. Ponadto poprawa utrzymała się przez trzy miesiące [16].

Z badań Ponikowskiej i wsp. wynika, że leczenie rehabilitacyjne wymaga często długiego czasu, by osiągnąć zadowalające wyniki, natomiast korzyści są krótkotrwałe, kiedy pacjent po zakończeniu terapii wróci do niekorzystnych swoich przyzwyczajeń, które powodują kumulację czynników ryzyka. Lecznictwo uzdrowiskowe pozwala na prowadzenie dłuższej terapii w odmiennych komfortowych warunkach klimatycznych i środowiskowych, przez co pozwala uzyskać dobre rezultaty leczenia w porównaniu do terapii ambulatoryjnej [17].

Skuteczność działania wybranych zabiegów fizjoterapeutycznych stosowanych podczas kuracji uzdrowiskowej u osób z zespołem bólowym kręgosłupa badali także Zgorzalewicz-Stachowiak i wsp. U badanych kuracjuszy zastosowano 5 zabiegów: okłady borowinowe, laseroterapię, prądy diadynamiczne, masaż suchy i ćwiczenia ogólnousprawniające. Po trzytygodniowym leczeniu stwierdzono istotne obniżenie bólu u badanych i poprawę w wykonywaniu codziennych czynności [18].

Topolska i wsp. porównali efektywność rehabilitacji u kobiet z przewlekłymi bólami dolnego odcinka kręgosłupa za pomocą Kwestionariuszy Oswestry i Rolanda-Morrisa. Wykazano skuteczność programu rehabilitacyjnego w zmniejszeniu stopnia niepełnosprawności, co wykazano za pomocą obydwu kwestionariuszy [19].

Podobnych obserwacji dokonali Depa i wsp. Wykazali, że po zastosowaniu trzytygodniowego programu rehabilitacji uzyskano poprawę w zakresie ruchomości kręgosłupa, subiektywnego odczuwania bólu i upośledzenia aktywności funkcjonalnej u osób z zespołem bólowym w odcinku lędźwiowym kręgosłupa [20].

Inni autorzy badali skuteczność stosowania poszczególnych zabiegów fizjoterapeutycznych w leczeniu przewlekłych dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Zabiegi borowinowe, sonoterapia i magnetoterapia okazały się skuteczne w zwalczaniu bólu kręgosłupa i poprawie wykonywania codziennych czynności. Najskuteczniejszą metodą fizykalną okazała się sonoterapia [21]. Badania Weber-Rajek i wsp., przeprowadzone wśród pacjentów poradni rehabilitacyjnej, również wykazały skuteczność sonoterapii w leczeniu przewlekłego bólu odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Po 10 dniach stosowania zabiegów sonoterapii zmniejszyła się intensywność bólu, poprawie uległa aktywność ruchowa badanych oraz zmniejszył się poziom niepełnosprawności [22]. Weber-Rajek i wsp. badali skuteczność stosowania zabiegów borowinowych wśród pacjentów z zespołem bólowym kręgosłupa leczonych w uzdrowisku. Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupą poddaną okładom borowinowym a grupą kontrolną, jednak korzystniejsze wyniki wszystkich badanych zmiennych (intensywność i częstotliwość bólu, stosowanie leków przeciwbólowych, poziom aktywności ruchowej oraz poziom niepełnosprawności) uzyskano w grupie poddanej terapii borowinowej [23].

Rajfur i wsp. badali skuteczność zabiegów elektroterapii w leczeniu bólów dolnego odcinka kręgosłupa. Za pomocą elektrycznej stymulacji prądem interferencyjnym, wnikającym głębiej w tkanki dochodzi do istotnej i skuteczniejszej eliminacji bólu oraz poprawy zdolności funkcjonalnej pacjentów cierpiących na bóle krzyża. Mniej skuteczne okazały się prądy TENS. Nie wykazano skuteczności prądów diadynamicznych [24]. W innych badaniach nie wykazano skuteczności laseroterapii w odniesieniu do pacjentów z bólami kręgosłupa. Badania po trzytygodniowej laseroterapii oraz po 1 i 3 miesiącach nie wykazały istotnej poprawy dolegliwości bólowych ani wykonywania codziennych czynności [25].

Wyniki badań skuteczności metod fizykalnych w zwalczaniu bólów kręgosłupa nie dają jednoznacznej odpowiedzi. Jednak kuracja uzdrowiskowa nie obejmuje oddziaływania pojedynczą metodą. Kompleksowe postępowanie w warunkach uzdrowiskowych przynosi dobre efekty w zakresie łagodzenia bólu i eliminowania ograniczeń funkcjonalnych, które wynikają z choroby kręgosłupa w odcinku lędźwiowym. Terapia prowadzona w warunkach uzdrowiskowych wpływa na przyspieszenie procesu regeneracji, ponieważ jest to leczenie przeprowadzone w sposób przemyślany i planowy, w oparciu o właściwie dobrane zabiegi, naturalne surowce lecznicze, klimat w połączeniu z kinezyterapią i fizykoterapią [16].

## WNIOSKI

Kompleksowe postępowanie fizjoterapeutyczne stosowane w lecznictwie uzdrowiskowym poprawiło ruchomość kręgosłupa pacjentów z bólami kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym oraz wpłynęło na zmniejszenie bólu.

Prowadzona terapia zmniejszyła stopień niepełnosprawności pacjentów w wykonywaniu codziennych czynności, co przekłada się na wyższą jakość życia.

Okres trzech tygodni wydaje się być wystarczającym czasem dla uzyskania poprawy w zespole bólowym dolnego odcinka kręgosłupa. Zasadna wydaje się być edukacja pacjentów, tak aby po turnusie sanatoryjnym nie powrócili do niekorzystnych nawyków, przyczyniających się do nawrotu dolegliwości bólowych.

### Piśmiennictwo

- Kołpa M, Zawisłak E, Jurkiewicz B, Grochowska A. Stan funkcjonalny pacjentów poddanych leczeniu operacyjnemu z powodu dyskopatii odcinka lędźwiowego kręgosłupa. *Pielęgniarstwo XXI wieku*. 2015;4(53):50-54.
- Kułak W, Kondzior D. Dyskopatia kręgosłupa odcinka lędźwiowo-krzyżowego w korelacji z natężeniem bólu, depresją i akceptacją choroby. *Problemy Higieny i Epidemiologii*. 2010;91(1):153-157.
- Zaniewska R, Okurowska-Zwada B, Kułak W, Domian K. Analiza jakości życia pacjentów z zespołem bólowym dolnego odcinka kręgosłupa po zastosowaniu przeskórnej elektrycznej stymulacji nerwów – TENS. *Medycyna Pracy*. 2012;63(3): 295-302.
- Cleland J, Gillani R, Bienen EJ, Sadosky A. Assessing dimensionality and responsiveness of outcomes measures for patients with low back pain. *Pain Pract*. 2011;11:57-69.
- Sochocka L, Kaczorowska A, Katan A. Wybrane elementy stylu życia nauczycieli akademickich a dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowego kręgosłupa. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine*. 2017;20(1):48-55.
- Pedisz Z, Pranic S, Jurak D. Relationship of back and neck pain with quality of life in the Croatian general population. *J Manip Physiol Ther*. 2013;36(5):267-75.
- Piekarzewska M, Zajenkovska-Kozłowska A. Zdrowie i zachowanie zdrowotne mieszkańców Polski w świetle Europejskiego Ankietowego Badania Zdrowia (EHIS) 2014 r. Główny Urząd Statystyczny, 1.12.2015.
- Rodeghero JR, Cook CE, Cleland JA, Mintken PE. Risk stratification of patients with low back pain seen in physical therapy practice. *Man Ther*. 2015;20(6):855-60.
- Plaskiewicz A, Kałużny K, Kochański B, Płoszaj O, Lulińska-Kuklik E, Weber-Rajek M. i wsp. Zastosowanie fizykoterapii w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(5):11-20.
- Reddington M, Walters SJ, Cohen J et al. Does early intervention improve outcomes in physiotherapy management of lumbar radicular syndrome? A mixed-methods study protocol. *BMJ Open*. 2017;7: e014422.
- Katan A, Kaczorowska A. Rola fizjoterapii w lecznictwie uzdrowiskowym osób dorosłych w Polsce. *Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości z siedzibą w Wałbrzychu*. 2017;40:127-138.
- Leppert W, Forycka M. Ocena bólu i jakości życia u chorych na nowotwory. *Gastroenterol Pol*. 2011;18(3):127-131.
- Kowalczyk A, Brzęk A, Nowotny-Czupryna O, Brzęk I. Niektóre odległe skutki skolioz rozpoznanych w wieku szkolnym. *Fizjoterapia Polska*. 2008;4(8):418-424.
- Opara J, Szary S, Kucharz E. Polish cultural adaptation of the Roland – Morris Questionnaire for evaluation of quality of life in patients with low back pain. *Spine*. 2006;31(23):2744-2746.
- Buckup K., Buckup J. Testy kliniczne w badaniu kości, stawów i mięśni. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa 2015.
- Puszczalowska-Lizis E, Zwiercan I. Bezpośrednia i odległa ocena skuteczności terapii uzdrowiskowej osób z dyskopatią lędźwiową. *Postępy Rehabilitacji*. 2016;1:33-40.
- Ponikowska I, Ferson D. Nowoczesna medycyna uzdrowiskowa. Medi Press. Warszawa 2009.
- Zgorzalewicz-Stachowiak M, Dobrowolska A, Jopek M, Bartkowiak Z. Zastosowanie wybranych zabiegów fizykalnych u pacjentów z przewlekłym zespołem bólowym kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego, przebywających na leczeniu uzdrowiskowym. *Acta Balneologica*. 2013;55(2):89-94.
- Topolska M, Sapuła R, Topolski A, Marczewski K. Ocena skuteczności krótkoterminowej efektywności rehabilitacji kobiet z przewlekłymi bólami dolnego odcinka kręgosłupa z wykorzystaniem Kwestionariuszy Niepełnosprawności Oswestry i Roland-Morrisa. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2011;4(6):353-360.
- Depa A, Wolan A, Przysada G. Wpływ rehabilitacji na zmianę ruchomości kręgosłupa oraz subiektywne odczuwanie bólu u chorych z zespołem bólowym w odcinku lędźwiowym. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego*. Rzeszów 2008, 2:116-124.
- Radziwińska A, Strączyńska A, Weber-Rajek M. Oswestry Disability Index – metoda oceny skuteczności terapii fizykajnej u pacjentów z zespołami bólowymi kręgosłupa. *Acta Balneologica*. 2017;4(150):310-316.
- Weber-Rajek M, Radziwińska A, Słomiński K, Lulińska-Kuklik E. Ocena skuteczności sonoterapii w leczeniu przewlekłych zespołów bólowych kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego: badanie pilotażowe. *Acta Balneologica*. 2017;2(148):104-110.
- Weber-Rajek M, Czerniachowska J, Radziwińska A, Strojek K. Ocena skuteczności okładów borowinowych w leczeniu zespołów bólowych kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego – badanie pilotażowe. *Acta Balneologica*. 2016;3(145):178-184.
- Rajfur J, Pasternok M, Rajfur K i wsp. Efficacy of Selected Electrical Therapies on Chronic Low Back Pain: A Comparative Clinical Pilot Study. *Med Sci Monit* / 2017; 23:85-100.
- Taradaj J, Rajfur K, Shay Bet al. Photobiomodulation using high- or low-level laser irradiations in patients with lumbar disc degenerative changes: disappointing outcomes and remarks. *Clin Interv Aging*. 2018;13:1445-1455.

### Wkład autorów:

Według kolejności.

### Konflikt interesów:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

Pracę nadesłano: 19.03.2019

Zaakceptowano: 15.05.2019

### ADRES DO KORESPONDENCJI:

**Antonina Kaczorowska**

Państwowa Medyczna Wyższa Szkoła Zawodowa w Opolu

ul. Katowicka 68

45-060 Opole

e-mail: t.kaczorowska@op.pl

# Degenerative Lesions of the Lumbosacral Spine and the Biological Age of the Patient

## Zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego a wiek biologiczny pacjenta

Mariusz Nowakowski<sup>1</sup>, Dominik Sieroń<sup>2</sup>, Jarosław Pecold<sup>3</sup>, Marek Szymkowicz<sup>4</sup>, Tomasz Piętka<sup>5</sup>, Maria Dydoń<sup>6</sup>, Karolina Sieroń<sup>7</sup>, Aleksander Sieroń<sup>8</sup>, Ewa Kucharska<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Vadimed Medical Center in Kraków, Kraków, Poland

<sup>2</sup>Institute of Radiology and Neuroradiology, Tiefenau Hospital, Inselgroup, Bern, Switzerland

<sup>3</sup>Department of Trauma and Orthopaedic Surgery, District Hospital in Ruda Śląska, Ruda Śląska, Poland

<sup>4</sup>Department of General Surgery, Blessed Nun Maria Merkert's Hospital in Nysa, Nysa, Poland

<sup>5</sup>Rehabilitation Office Tomasz Piętka, Ruda Śląska, Poland

<sup>6</sup>Department and Clinic of Internal Diseases, Angiology and Physical Medicine, Medical University of Silesia in Katowice, Bytom, Poland

<sup>7</sup>School of Health Sciences in Katowice, Chair of Physiotherapy, Department of Physical Medicine, Medical University of Silesia in Katowice, Katowice, Poland

<sup>8</sup>Department of Physiotherapy, Jan Długosz University in Częstochowa, Częstochowa, Poland

<sup>9</sup>Department of Gerontology, Geriatrics and Social Work, Jesuit University Ignatianum in Kraków, Kraków, Poland

### SUMMARY

In the literature, the relationship between musculoskeletal diseases and the age of patients is more and more often mentioned. One of the diseases that arouses great interest of clinicians due to its prevalence is the degenerative disease of the lumbar spine. Increasingly younger patients reporting spinal pain, together with low availability of literature on the relationship between the disease and age, indicate the need for a broader analysis of the topic. The work presents available information on osteoarthritis and biological age. The problems of diagnostic tools and bone marrow changes that result from the aging process were discussed.

Analyzing the available literature reveals the relationship between the aging process and the development of degenerative changes, as well as the need to undertake EBM-based studies to verify the relationship between the incidence of spine degenerative disease and its risk factors.

**Key words:** degenerative disease, lumbar-sacral spine, biological age, calendar age, Modic classification, changes in the bone marrow

### STRESZCZENIE

W literaturze coraz częściej wspomina się o zależności pomiędzy chorobami narządu ruchu, a wiekiem pacjentów. Jedną z chorób, która wzbudza duże zainteresowanie klinicystów ze względu na jej powszechność jest choroba zwyrodnieniowa kręgosłupa lędźwiowego. Coraz młodszy pacjenci zgłaszający się z dolegliwościami bólowymi kręgosłupa oraz niewielka dostępność literatury na temat związku pomiędzy chorobą, a wiekiem wskazują na konieczność szerszej analizy tematu. W pracy przybliżono dostępne informacje na temat choroby zwyrodnieniowej oraz wieku biologicznego. Poruszono problem narzędzi diagnostycznych oraz zmian w szpiku kostnym, które wynikają z procesu starzenia.

Analizując dostępną literaturę ukazano związek pomiędzy procesem starzenia, a rozwojem zmian zwyrodnieniowych, jak również wykazano konieczność podjęcia badań opartych o EBM w celu weryfikacji zależności pomiędzy częstością występowania choroby zwyrodnieniowej kręgosłupa, a jej czynnikami ryzyka.

**Słowa kluczowe:** choroba zwyrodnieniowa, kręgosłup lędźwiowo-krzyżowy, wiek biologiczny, wiek metrykalny, klasyfikacja Modic, zmiany w szpiku kostnym

## DEGENERATIVE SPINE DISEASE

Degenerative spine disease is currently one of the most common diseases of the musculoskeletal system, which consequently leads to a significant reduction in the quality of life of patients. It is reported that about 70% of people over 30 have suffered a back pain at least once in their lives, and every fourth person who has reached the age of 40 develops a degenerative disease of the spine, which in people over 60 is at a level of 20-64% of the population [1-3].

Degenerative disease covers all spine structures: the intervertebral disc, the vertebral body, intervertebral joints and spinal ligaments.

The process of degeneration begins with changes in the intervertebral disc. There is a gradual dehydration of the nucleus pulposus and decrease of elasticity, which results in the loss of depreciation. The consequence of these changes is the reduction in the height of the disc, which implies a reduction in the height of the intervertebral space. The degenerative changes begin to include the boundary plates of the vertebral bodies. The effect of these processes may also be hernia of the intervertebral disc, resulting from fissures of the fibrous ring [4].

The degenerative disease of the intervertebral disc and vertebral bodies also causes significant mechanical changes in the spinal ligaments. The effect of these changes is the hypertrophy of the posterior longitudinal ligament, which results in the instability of the spinal movement segment [4].

The progressive degenerative process results in damage to the articular cartilage, bone remodeling with the formation of bone growth (so-called osteophytes), sclerosis of the subchondral layer and leads to the formation of subchondral cysts. Over time, there is a narrowing of the spinal canal and intervertebral holes, kyphotic and scoliotic deformities develop and instability of the lumbar spine, which over time gives widespread pain symptoms of various nature, as well as changes in joint shape, friction in the joint during movement, limitation of joint mobility of the spine and paraspinal muscular atrophy.

Changes in the lumbar region occur most often at the level of L4-L5 and L5-S1. This is due to the fact that this section is responsible for transferring huge loads, shock absorption and ensuring high mobility [1-10].

Among the risk factors for the development of spinal degenerative disease, the following are the most important:

- late age,
- ethnic factors,
- congenital factors,
- incorrect biomechanics of the joint,
- work requiring lifting,
- low physical activity,
- obesity,
- hormone level disorders [2, 11].

An important element in the treatment of degenerative spine disease is its prevention. Authors of numerous studies indicate here, first of all, the correct body weight and lifestyle change (proper nutrition, moderate physical activity or avoiding unnecessary loading of joints) [2, 12].

## BIOLOGICAL AND RECORD AGE

The biological age determines the functioning of man over time, and thus also determines the changes occurring in the human body. With the aging of the human body, the functions of individual internal systems gradually deteriorate. According to this dependence, biological age becomes a risk factor for many diseases: cardiovascular disease, dementia, osteoporosis, osteoarthritis, cancer, type 2 diabetes [13, 14].

In turn, calendar (chronological) age determines the number of years lived. According to Lowsky et al., Calendar age is also a factor in many diseases, however, there is a very large discrepancy in the population of older people, where the calendar age does not coincide with biological age, and the symptoms of the aging process do not reduce the quality of human life [15, 16].

Is the assumption that the calendar age is a risk factor for degenerative changes of the lumbar spine is right? As the degenerative disease of the spine affects an increasing population in middle age, and the incidence is more often associated with socio-economic conditions and access to medical care [10], it may mean that the assessment of the biological age of the patient plays a key role in the diagnosis and treatment of degenerative changes in the lumbar spine.

## MODERN LS SPINE (MRI) IMAGING METHODS – MODIC CLASSIFICATION

A significant increase in the number of patients with spine diseases has caused imaging to become one of the main diagnostic elements. Thanks to the significant progress in the imaging of the musculoskeletal system, it is possible to capture very detailed changes in the spine [17].

The diagnostic process starts with a standard spine X-ray, but this test is very often insufficient. An X-ray picture reveals changes in the vertebral region, which may indicate the development of degenerative disease, e.g. osteophytes, narrowing of the intervertebral space [17].

If degenerative changes begin to produce neurological symptoms and include soft tissues, the main use is computed tomography (CT) and magnetic resonance (MR) [17].

Computed tomography enables much more accurate diagnostics of individual spine segments in any plane. It depicts changes in the vertebral body together with its proportion to the spinal canal and intervertebral holes, as well as the intervertebral disk pathology.

However, as reported by Szaśniadek et al. [17] or Babińska et al. [4] in the very advanced form of degenerative disease, the MR method was chosen as the method of choice in diagnostic imaging.

Magnetic resonance imaging is currently the most accurate imaging examination in the diagnosis of degenerative changes in the lumbar spine [17].

Thanks to the MR examination, it is possible to diagnose vertebral and spinal cord hernias, including all pathologies within the fibrous ring and the spinal cord together with other intra-canal structures [4, 17].

An important element of MR diagnostics is the distinction of changes within the intervertebral disc, which have a degenerative character from changes that result from natural aging processes [4, 18].



Magnetic resonance allows to assess degenerative changes that begin to develop in the intervertebral disc. In radiological practice, the Pfirrmann division is used to assess these changes. This scale is based on changes in the intensity of the disc signal in the dependent T-2 imaging. It also assesses the degree of reduction of the disc's height and changes in its structure [4, 19]. The initial stage of degenerative disc changes is the dehydration of the nucleus pulposus. This process in the MR examination is described in the T2-dependent image as a change in the signal from high intensity to uniformly low signal intensity at the final stage [4].

The progressive degenerative process at the same time covers the vertebrae and begins with changes in the border laminae of the vertebrae. For the first time, these changes, visible in the MR image, were described by Modic et al. At the end of the 80s of the 20th century [20].

The Modic scale is based on changes in signal intensity in T-1 and T-2 dependent images and includes 3 types of changes.

Modic 1. is the so-called aseptic inflammation of some vertebral bodies adjacent to the border plaques, which leads to bone marrow edema. In the MR image it manifests itself in the strengthening of changes.

In Modic 2 type, a change in the marrow of the red vertebral bodies is observed. This marrow is replaced with a yellow, high-fat marrow. This is called fat degeneration.

Modic 3 is characterized by chronic degenerative changes occurring in border plaques. They are sclerotic. In the MR Modic 3 examination, it is described as a low signal in all sequences [4, 18].

The available literature increasingly deals with the problem of the relationship between MR results based on the Modic classification and the symptoms of chronic spinal pain syndromes. Based on the research, Walds et al. Stated that all types of Modic grades can be transformed into successive types and, what is very important, they characterize the aging process [21].

## CHANGES IN THE BONE MARROW WITH AGE

Aging is a process that leads to a gradual deterioration of individual functions of the human body. The diet, lifestyle, environment, but also genetic factors and diseases are important in this process. Aging slows down any physiological processes that are responsible for maintaining the homeostasis of the system [22].

Osteoarthritis (including the spine) is considered a disease that afflicts the elderly. It is stated that age is one of the risk factors.

However, nowadays, the aging process and the development of osteoarthritis are also increasingly considered as independent processes [22]. It should also be borne in mind that degenerative changes that develop in young adults are most often a consequence of traumatic injuries of the musculoskeletal system, while in the elderly these factors are influenced by factors directly related to the aging process [23].

The studies carried out in the elderly without the symptoms of degenerative spine disease show that with age, the height of discs that change shape to biconvex increases. Intervertebral

space does not change [4, 19]. As a result of the aging process, slight deformation of the boundary plates and reduction of the stem heights also occurs [4, 24].

Both in a healthy, aging disc and in a disc covered by degenerative disease, its dehydration occurs, which is visible in the T2-dependent image of MR as a black disc [4, 19].

An important aspect of the diagnosis of degenerative changes in the spine is also understanding of the changes that occur in the bone marrow throughout the entire life.

The bone marrow consists of two types of hematopoietic and fat cells.

Distinguishes:

- red bone marrow, which is responsible for hematopoiesis;
- yellow bone marrow, which consists primarily of fat cells, which is hemopoetically inactive [25].

The chemical composition of both types of marrow differs significantly: the red marrow contains about 40% fat cells, 40% water and 20% protein, while the yellow marrow contains 80% fat cells, 15% water and 5% protein. This is reflected in the MR study in the T-1 depression, because the presence of fat cells enhances the intensity of the signal. This relationship allows you to assess the ratio of red and yellow marrow, which changes with age, but also under the influence of disease [25].

Throughout life, the ratio of the amount of red to yellow marrow changes. At the time of birth, the skeleton is filled with red marrow and this condition lasts until about the 7th c. Then the process of conversion of the red marrow into yellow begins [25].

At the age of about 25 years, the physiological distribution of individual bone marrow fractions, characteristic of an adult organism, is shaped. The red bone marrow is located in the axial skeleton and in the humerus and femur. However, along with the progressing aging process, it is converted into yellow marrow also in the bones of the pelvis and spine. There may still be traces of red marrow in the humerus and femoral heads, while cells in the marrow appear in the bone marrow [25].

You should also keep in mind changes in the distribution and amount of yellow bone marrow resulting from gender differences. According to Griffith et al., Before the year 55, the amount of yellow bone marrow in the vertebrae is greater in men than in women, but between 55 and 65 years of age in women there is a rapid conversion of the marrow into yellow, while in men this process is gradual. The effect of this is that together with the aging process, the level of the marrow is higher in women than in men [26-28].

The changes in the amount of yellow marrow in the skeleton can also occur regardless of the aging process. Increased levels are observed in people with malnutrition, alcoholics, spinal cord injuries, and also after prolonged immobilization in a supine position, in conditions with reduced bone density or diabetes [27]. As reported by Syed et al., Elevated levels of yellow bone marrow are observed in patients with diagnosed osteoporosis. However, after estrogen therapy, this level is significantly reduced [29].

However, there are no researches that would establish a relationship between the level of yellow bone marrow and fractures that are a consequence of osteoporosis.

## CONCLUSIONS

Degenerative changes in the spine are currently one of the major diagnostic and therapeutic challenges in medical practice, the more so as they concern younger and younger people. Understanding the degenerative process has a significant impact on the further treatment of the patient. Based on the available literature, it can be concluded that many factors influence the development of the disease. One of them is the patient's age. In diagnostics, however, the biological age of the patient should be precisely determined, because a number of accompanying diseases and lifestyle can have a significant impact on the development of the disease. In order to clearly determine whether the degenerative disease of the spine depends on the biological age, prospective studies are needed using accurate measurement tools on a representative number of patients in different age ranges.

## References

- Zielazny P, Biedrowski P, Lezner M, Uzdrowska B, Błaszczuk A, Zarzeczna-Baran M. Degree of acceptance of the disease, beliefs about pain control and strategies for coping with pain among patients qualified for surgery due to degenerative spine disease. *Advances in Psychiatry and Neurology*. 2013;22 (4):251-258.
- Kaniewska K, Terlikowski R, Rozwadowska E. Osteoarthritis. Medical University of Białystok, Rehabilitation Clinic of the University Clinical Hospital. Białystok 2010.
- Radło P. Degenerative disease of the lower lumbar spine: comparison of short-term surgical methods. Doctoral dissertation, Faculty of Medicine CMUJ in Krakow, 2016.
- Babińska A, Wawrzynek W, Skupiński J, Kasprowska S, Piechota M, Łabuz-Roszak B. A patient with spinal pain syndrome and the result of magnetic resonance imaging. *Wiad Lek*. 2018;71(2):397.
- Beattie PF, Meyers SP, Stratford P, Millard RW, Hollenberg GM. Psychological resonance imaging. *Spine (Phil Pa 1976)*. 2000;25(7):819-28;
- Willems P. Decision making in surgical treatment for select lumbar spinal fusion. *Acta Orthop Suppl*. 2013; 84(349):1- 35.
- Kumar NS, Shah SM, Tan BW, Juned S, Yao K. Discogenic axial back pain: is there a role for nucleoplasty? *Asian Spine J*. 2013;7(4):314-21.
- Bogduk N, Aprill C, Derby R. Lumbar discogenic pain: state-of-the-art review. *Pain Med*. 2013;14(6):813-36. Hurri H, Karppinen J. Discogenic pain. *Pain*. 2004;112(3):225-8.
- Bertilson BC, Brosjö E, Billing H, Strender L.E. Assessment of nerve involvement in the lumbar spine: agreement between magnetic resonance imaging, physical examination and pain drawing findings. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;10:11-202.
- Ravindra VM, Senglaub SS, Rattani A, Dewan M, Hartl R, Bisson E, Park K, Shrima MG. Degenerative Lumbar Spine Disease: Estimating Global Incidence and Worldwide Volume. *Global Spine Journal*. 2018;8(8):784-794.
- Wróblewska I, Bieszcz-Plostonka K, Błaszczuk J, Kurpas D. Effectiveness of rehabilitation in the degenerative spinal diseases. *Family Medicine & Primary Care Review*. 2014;16(1):35-38.
- Romanowski W, Zdanowska A, Romanowski M. Osteoarthritis – current treatment standards. *Forum Reumatol*. 2016;2(2):52-5.
- Świdorska M. Concerns related to old age. *Family Pedagogy*. 2015;5(3):137-150.
- McHugh D, Jesús Gil J. Senescence and aging: Causes, consequences, and therapeutic avenues. *J Cell Biol*. 2018;217(1): 65-77.
- Lowsky DJ, Olshansky SJ, Bhattacharya J, Goldman DP. Heterogeneity in healthy aging. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2014;69:640-649.
- Jylhävä J, Pedersen NL, Hägg S. Biological Age Predictors. *EBioMedicine*. 2017;21:29-36.
- Sąsiadek M, Hendrich B. Image diagnostics of the spine including new imaging techniques. *Pol Przegl Neurol*. 2010;5(1):38-45.
- Heuck A, Glaser Ch. Basic Aspects in MR Imaging of Degenerative Lumbar Disk Disease. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2014;18:228-239.
- Pfirrmann Ch, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic Resonance Classification of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration. *Spine*. 2001;26(17):1873-1878.
- Nguyen C, Jousse M, Poiradeau S, Feydy A, Rannou F. Intervertebral disc and vertebral endplate subchondral changes associated with Modic 1 changes of the lumbar spine: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):34.
- Waldt S, Gersing A, Brugel M. Measurements and classifications in spine imaging. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2014;18:219-227.
- Ganguly P, El-Jawhari J, Giannoudis P, Burska A, Ponchel F, Jones E. Age-related Changes in Bone Marrow Mesenchymal Stromal Cells: A Potential Impact on Osteoporosis and Osteoarthritis Development. *Cell Transplantation* 2017;26(9):1520-1529.
- Loeser RF, Collins JA, Diekman BO. Ageing and the pathogenesis of osteoarthritis. *Nature Rev Rheumatol*. 2016;12(7):412-420.
- Dai L. The relationship between vertebral body deformity and disc degeneration in lumbar spine of the senile. *Eur Spine J*. 1998;7:40-44.
- Małkiewicz A, Dziedzic M. Bone marrow reconversion – imaging of physiological changes in bone marrow. *Pol J Radiol*, 2012;77(4):45-50.
- Griffith JF, Yeung DK, Ma HT, Leung JC, Kwok TC, Leung P C. Bone marrow fat content in the elderly: a reversal of sex difference seen in younger subjects. *J Magn Reson Imaging*. 2012;36:225-30.
- Schwartz AV. Marrow fat and bone: review of clinical findings. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2015;6:40.
- Paccou J, Penel G, Chauveau C, Cortet B, Hardouin P. Marrow adiposity and bone: Review of clinical implications. *Bone*. 2019;118:8-15.
- Syed FA, Oursler MJ, Hefferanm TE, Peterson JM, Riggs BL, Khosla S. Effects of estrogen therapy on bone marrow adipocytes in postmenopausal osteoporotic women. *Osteoporos. Int*. 2008;19:1323-1330.

### Authors' contributions:

According to the order of the Authorship

### Conflicts of interest:

The Authors declare no conflict of interest

Received: 17.05.2019

Accepted: 18.06.2019

### ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Karolina Sieroń**

School of Health Sciences in Katowice  
Chair of Physiotherapy, Department of Physical Medicine  
Medical University of Silesia in Katowice,  
Medyków 12 Street  
40-751 Katowice, Poland,  
phone: + 48 504 824 924  
e-mail: ksieron@hotmail.pl

# The Role of Fampridine in the Symptomatic Treatment of Gait Impairment in Patients with Multiple Sclerosis

## Rola famprydyny w objawowym leczeniu upośledzenia chodu u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym

Michał Piwoński<sup>1</sup>, Klaudia Żak<sup>1</sup>, Patrycja Gierszon<sup>2</sup>, Izabela Morawska<sup>1</sup>, Dominika Psiuk<sup>1</sup>, Agata Stachura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Group of Applied Psychology, Medical University of Lublin. Lublin, Poland

<sup>2</sup>Department of Applied Psychology, Medical University of Lublin. Lublin, Poland

<sup>3</sup>Chair and Department of Epidemiology and Clinical Research Methodology, Medical University of Lublin. Lublin, Poland

### SUMMARY

**Introduction:** Multiple sclerosis (MS) is a chronic, inflammatory demyelinating disease of the central nervous system, the treatment of which remains a great challenge for modern medicine. An important part of it, apart from the treatment slowing down the process of demyelination, is the symptomatic treatment of sphincter disorders, spasticity, muscle weakness, visual disturbances, mood, depression and gait impairment, which have been carried out with the use of fampridine for a short time.

**Materials and Methods:** The study uses the method of literature analysis in the form of full English-language articles available in the PubMed and Google Scholar database describing the assessment of the effectiveness of fampridine in the symptomatic treatment of gait impairment in MS patients.

**Results:** In each of the studies cited, the ability to walk is indicated in patients taking fampridine compared to placebo. An improvement in walking speed, distance and physical activity is observed. The gait pattern changes. In addition, there is a lack of efficacy of 5 mg dalfampridine ER, with a significant effect on the dose rate of 10 mg. After 2 weeks of discontinuation, the improvement is reversed.

**Conclusion:** A significant effect of fampridine in a dose of 10 mg on improvement of walking in patients with MS is observed. However, it seems necessary for the therapy to be carried out without interruption.

**Key words:** multiple sclerosis, fampridine, walking disability, symptomatic treatment

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Stwardnienie rozsiane (MS) jest przewlekłą, zapalną chorobą demielinizacyjną ośrodkowego układu nerwowego, której leczenie pozostaje dużym wyzwaniem dla współczesnej medycyny. Istotną jego częścią, poza leczeniem spowalniającym proces demielinizacji, jest leczenie objawowe zaburzeń zwieraczy, spastyczności, osłabienia mięśni, zaburzeń wzroku, nastroju, depresji i upośledzenia zdolności chodu, które od niedługiego czasu prowadzi się z użyciem famprydyny.

**Materiał i metody:** W pracy wykorzystano metodę analizy piśmiennictwa w postaci pełnych artykułów anglojęzycznych dostępnych w bazie PubMed i Google Scholar opisujących ocenę skuteczności famprydyny w objawowym leczeniu upośledzenia chodu u pacjentów z SM.

**Wyniki:** W każdym z przytoczonych badań wskazuje się na poprawę zdolności chodu u pacjentów przyjmujących famprydynę w porównaniu do grup placebo. Obserwuje się poprawę szybkości chodzenia, odległości i aktywności fizycznej. Zmienia się wzór chodu. Dodatkowo, zaznacza się brak skuteczności 5 mg dalfamprydyny ER, przy istotnym wpływie na chód dawki 10 mg. Po 2 tygodniach od odstawienia leku dochodzi do odwrócenia poprawy.

**Wnioski:** Obserwuje się istotny wpływ famprydyny w dawce 10 mg na poprawę chodu u pacjentów z SM. Niezbędne wydaje się jednak, by terapia prowadzona była bez jej przerywania.

**Słowa kluczowe:** stwardnienie rozsiane, famprydyna, upośledzenie chodu, leczenie objawowe

## INTRODUCTION

Multiple sclerosis (sclerosis multiplex, MS, SM) was first described by Jean-Martin Charcot in 1868 as an inflammatory, chronic and demyelinating disease of the central nervous system, in which multifocal damage to the nervous tissue occurs. The estimated number of people with MS worldwide is 2.3 million, while in Europe, there is a median incidence of 5.5 cases per 100,000 with more than 600 000 patients estimated [1]. This disease most often affects young people between the ages of 20 and 40 with a slight predominance of women over men [2]. MS occurs mainly in the Caucasian race. It is believed that multiple sclerosis is an autoimmune disease in which the immune system fights nerve tissue cells of the body. This condition consists in damaging of the myelin sheath around the axons of nerve cells, which makes a proper transmission of impulses along the nerve pathways in the brain and spinal cord impossible. Usually, the disease has a multiphase course, with periods of exacerbation and remission [3]. MS can cause a number of symptoms, such as sensory (hyperaesthesia, hypoaesthesia) or movement disturbances (cramps, muscle weakness, difficulties in movement), balance disorders, vision disorders (double vision, blurred sight, nystagmus), pain syndromes, and even psychiatric symptoms, which include cognitive disorders and mood disorders, symptoms of depression or labile affect [4]. Continuous, intense fatigue is considered to be the most common symptom. What is more, sphincter disorders – incontinence, urinary urgency, urinary retention or constipation – often occur. Patients also complain about the brief buzzing sensation like an electric shock that moves along the spine – this is the so-called Lhermitte's symptom, which is not a pathognomonic symptom for MS though. The neuropathic pain is considered to be the most common type of pain among the MS patients, it causes much suffering and it is difficult to treat. It can be described as an acute, persistent and stinging pain or as a feeling of intense tingling. Most commonly, it occurs in the lower extremities. Pain associated with paresthesias can be crumpling, stinging, pulsating and may even cause a feeling of numbness [5].

There are 4 known and described forms of multiple sclerosis: relapsing-remitting, secondary progressive, primary progressive and progressive-relapsing. The relapsing-remitting form affects nearly 85-90% of all patients at the onset of the disease. It is characterized by the occurrence of relapses or new sudden symptoms of damage to the nervous system, or a deterioration of the existing ones. These relapses are preceded by a different period of relative stability lasting from several months to even several years. Symptoms occurring during the relapse may retreat completely or remain partially. In a situation when the symptoms withdraw completely, the disease is progressing slowly. The secondary progressive form affects about 80% of patients with the relapsing-remitting form after many years of the disease progression long after the very first signs. This form unfortunately leads to the most significant disability. Another form of MS is the primary progressive form which refers to the patients who do not have remission or even a partial regression of symptoms after the first symptoms of the disease. Deterioration of the disease

occurs gradually without evident exacerbations. This form is more common in people with late onset of the disease. As far as the progressive-relapsing form is concerned, it affects those patients who present a progressive deterioration with episodes of exacerbations from the very beginning. This form is known to be the rarest form of the disease [6].

Clinically isolated syndrome (CIS) which can suggest the MS manifestation is the term used to determine the first-ever episode of objective neurological disturbances persisting for more than 24 hours, with no accompanying infection or fever [7].

Multiple sclerosis is very difficult to diagnose at an early stage. A certain clinical diagnosis may be performed after the occurrence of two relapses of the disease or after demonstration the dissemination of changes over time, i.e. showing new changes in the MRI after a period of not less than 30 days. For clinical and scientific purposes, the so-called McDonald's criteria which are based on clinical data, results of additional tests such as head MRI, evoked potentials and cerebrospinal fluid examination were developed [8]. Additional research is sometimes necessary to rule out conditions of a similar course [9,10].

Unfortunately, causative treatment of multiple sclerosis is unknown at present. However, a significant number of patients and the course of the disease leading to the disability of young people result in many attempts of therapy [11]. There is no medication that would stop the progression of the disease completely and provide healing, but there are many treatments that can be helpful. Therapies vary depending on the type of the disease and the symptoms. Treatment allows to regain functions lost as a result of the disease and to slow it down. Glucocorticoids are used to treat the relapse of MS. Their mechanism of action consists in limiting the inflammatory process, reducing the release of proinflammatory cytokines, limiting intrathecal IgG synthesis and stabilizing the blood-brain barrier permeability. Among disease-modifying therapies, interferons are used worldwide, i.e. derivatives of human cytokines that are involved in the immune responses such as Interferon beta-1a and beta-1b. Also, glatiramer acetate, a synthetic peptide formed from the four amino acids which residues also in the myelin sheath can be used. Glatiramer stimulates suppressor T cells, which limits the inflammatory response of the immune system. Besides that, teriflunomide and dimethyl fumarate are also used as first-line drugs. Substances used for the second-line treatment are natalizumab, fingolimod (an immunosuppressant used in adults in the absence of interferon beta efficacy, the drug modulates the activity of sphingosine-1 type phosphates (S1PR1), which inhibits the migration of lymphocytes from lymph nodes to the central nervous system) and mitoxantrone [12,13]. In addition, symptomatic treatment of spasticity, muscle weakness (by means of physiotherapy or fampridine), tremors and ataxia, chronic pain, urinary disorders and co-occurring mood and depressive disorders are also used. The rehabilitation of the patient also plays a significant role [13].

In combination with pharmacotherapy, rehabilitation gives the opportunity to create a positive self-image, strengthens



the sense of value and usefulness, and thus causes a change in the perception of patient's life. Complementary treatment includes stays in spa hospitals, during which various forms of physiotherapy as well as balneotherapy or climate therapy are used [14,15]. To a large extent it allows for the continuity of rehabilitation of people with MS. An alternative to such activity are rehabilitation sanatoriums, in which patients are subjected to a day-long therapy, starting with treatments to reduce pain, increasing locomotion functions through improvement and sometimes maintaining the appropriate level of everyday functions. A sanatorium stay provides the possibility of continuous and multi-faceted rehabilitation [14]. Thanks to the therapeutic team, which includes specialists in various fields of medicine, it is possible to achieve a satisfactory level of health, both physical and mental. The team's task is to comprehensively assess the patient's health status in terms of both physical examination and medical history. The rehabilitation program is set individually for each patient, taking into account the clinical condition, period and the form of the disease, complications and social situation. The specificity of the disease is characterized by periods of relapses and remissions, which enforces differentiation of the program of action and thus saving the lifestyle in the acute and the most active period, and as much as possible - intensive in the remission period [14,15]. It has been proven that systematically and comprehensively conducted rehabilitation has a positive effect on the quality of life and extending the period of physical and professional efficiency in patients with MS.

## MATERIALS AND METHODS

The aim of this article was the analysis of the studies assessing the efficacy of fampridine administration in the symptomatic treatment of walking disability in patients with multiple sclerosis.

The standard criteria were adopted for the literature data review. The research for articles in the English language was conducted using the PubMed and Google Scholar base. Multiple sclerosis, fampridine, walking disability, treatment were the keywords taken into account in the research. Only full-length articles, published in reviewed journals were analysed. We found 8 articles including the research concerning human populations. The articles were based on the clinical trials conducted in the last ten years, but most of them comprise the results from last five years.

### The methods of quantifying disability in multiple sclerosis

The standard diagnostic techniques, like MRI, PET and optical coherence tomography do not exclude the importance of the diagnostic tests qualifying disability and monitoring the development of MS. The most common is Expanded Disability Status Scale (EDSS) developed by neurologist John Kutzke. Firstly, the Disability Status Scale (DSS) was established in 1961. 21 years later the scale was developed and at length it measures 20 of impairment – from 0 to 10 in 0.5 unit increments. The EDSS is based on a neurological examination by a clinician and invokes eight functional systems (FS). They are: pyramidal (weakness or difficulty in moving limbs), cerebellar (ataxia, loss of coordination or tremor),

brainstem (speech, swallowing), sensory (numbness or loss of sensations), bowel and bladder function, visual function, cerebral (or mental) function and others. Nowadays, it is the accepted standard technique in assessment of the multiple sclerosis-related disability [12, 13].

EDSS steps 1.0 to 4.5 refer to the patients who are fully able to walk without any aid. The number from 5.0 to 9.5 is described as impairment to walking (impairment to ambulation). The largest score is 10, which means death due to MS.

The alternative scale is the Multiple Sclerosis Functional Composite (MSFC) which was created in 1999. The Task Force was to reflect the main ways in which MS affects the individual function: walking, arms and hands functions, a cognitive, visual and sensory functions, intestines, bladder and sexual functions. The MSFC uses four tests: timed 25-Foot Walk (T25FW; short-distance walking speed), Nine-Hole Peg Test (9HPT; upper-extremity function), Sloan Low-Contrast Letter Acuity (SLCLA; vision), and Paced Auditory Serial Addition Test or Symbol Digit Modalities Test (PASAT or SDMT; cognitive processing speed and sustained attention) – all of them are described in the table 2 [16,17].

In addition, there are lots of smaller tests: Bladder Control Scale (BLCS), Bowel Control Scale (BWCS), Disease Steps (DS), and those concerning Quality of Life: Multiple Sclerosis Quality of Life Inventory (MSQLI), Multiple Sclerosis Quality of Life-54 (MSQOL-54). In our overview, DS is the most important one. It is used to examine functional disability in MS, primarily based on ambulation. The score ranges from 0, which is normal, to 6, which represents those confined to a wheelchair. The total administration time should be from 1 to 5 minutes. This test is quite similar to the EDSS, but it is evaluated to be more sensitive and it has better inter-rater reliability. There is a lot of modified versions, which can be used by patients to rate themselves [18]

### The information about fampridine

Fampridine is a medicine used in MS patients who have problems with walking - experience walking disability. It is helpful to enhance neuromuscular function by boosting synaptic transmission in many types of neurons, to fortify conduction in demyelinated axons, to potentiate muscle condition and to ameliorate the quality of life [19]. The patients for whom fampridine can be beneficial are those who score from 4 to 7 in EDSS scale.

Fampridine (in chemical meaning 4-aminopyridine) acts by blocking potassium channels, the transport of ions and in consequence it prolongs repolarization and enhances action potential formation in demyelinated axons. In other words, due to the reinforcement of action potential formation, more impulses might be conducted. This mechanism improves walking speed and facilitates movement [20, 21].

Fampridine-SR is a sustained-release oral tablet, which is available in 10 mg tablets. It is taken twice a day with 12 hours apart. The maximum daily dosage is 20 mg. After two to four weeks, the control is needed because of the risk of side effects. Patients who have not shown any improvement should stop this form of treatment. In addition, the treatment

**Table 1.** The Expanded Disability Status Scale

**Tabela 1.** Rozszerzona skala stanu niepełnosprawności

Score	Description
1.0	No disability, minimal signs in one FS.
1.5	No disability, minimal signs in more than one FS.
2.0	Minimal disability in one FS.
2.5	Mild disability in one FS or minimal disability in two FS.
3.0	Moderate disability in one FS, or mild disability in three or four FS. No impairment to walking.
3.5	Moderate disability in one FS and more than minimal disability in several others. No impairment to walking.
4.0	Significant disability but self-sufficient and up and about some 12 hours a day. Able to walk without aid or rest for 500 m.
4.5	Significant disability but up and about much of day, able to work a full day, may otherwise have some limitation of full activity or require minimal assistance. Able to walk without aid or rest for 300 m,
5.0	Disability severe enough to impair full daily activities and ability to work a full day without special provisions. Able to walk without aid or rest for 200 m.
5.5	Disability severe enough to preclude full daily activities. Able to walk without aid or rest for 100 m.
6.0	Requires a walking aid – cane, crutch, etc. – to walk about 100 m with or without resting.
6.5	Requires two walking aids – pair of canes, crutches, etc. – to walk about 20 m without resting.
7.0	Unable to walk beyond approximately 5 m even with aid. Essentially restricted to wheelchair; though wheels self in standard wheelchair and transfers alone. Up and about in wheelchair some 12 hours a day.
7.5	Unable to take more than a few steps. Restricted to wheelchair and may need aid in transferring. Can wheel self but cannot carry on in standard wheelchair for a full day and may require a motorized wheelchair.
8.0	Essentially restricted to bed or chair or pushed in wheelchair. May be out of bed itself much of the day. Retains many self-care functions. Generally has effective use of arms.
8.5	Essentially restricted to bed much of day. Has some effective use of arms retains some self-care functions.
9.0	Confined to bed. Can still communicate and eat.
9.5	Confined to bed and totally dependent. Unable to communicate effectively or eat, swallow.
10.0	Death due to MS.

should be terminated if a patient's walking ability worsens or if the neurological side effects like insomnia or paraesthesia are visible.

As for the side effects, they are met rarely. The most frequent ones are urinary track infections, insomnia, dizziness and headache. Less frequently, some balance disorders, paraesthesia, anxiety or tremor can be observed [22]. Fampridine, infrequently, can induce allergic symptoms: swollen face, mouth, lips, throat, itching of the skin and breathing problems – in such cases, fampridine administration should also be ceased.

There are some contraindications before fampridine administration. This medication must not be used with inhibitors of organic cation transporter 2 – like cimetidine or with other medicines that contain fampridine. The ingestion of fampridine is contraindicated in patients with kidney problems or after seizure. Fampridine is available only for adults (over 18 years). Another contraindication is taking other medicines

which may affect kidneys for example carvedilol, propranolol and metformin. Due to lack of research, fampridine cannot be used in pregnancy or during breastfeeding [22].

#### Fampridine in the symptomatic treatment of gait impairment

During the recent years, there has been a surge of interest in the effects of fampridine and dalfampridine on improving the ability to walk in patients with multiple sclerosis. In this chapter, we will review the most recent reports regarding this subject.

In 2009, the results of a randomized, multi-center, double-blind phase III controlled trial which involved 301 patients with diagnosed multiple sclerosis. Patients were assigned to a 14-week treatment with either fampridine (10 mg twice daily, n = 229) or placebo (n = 72). Two weeks after being included in the appropriate group, patients underwent the first assessment. During the trial patients have had follow-up visits every 4 weeks and after

**Table 2.** Other scales used to assess the level of disability in patients with MS**Tabela 2.** Inne skale stosowane do oceny poziomu niepełnosprawności u pacjentów ze stwardnieniem rozсіяnym

	Description	Materials needed	The limit per trial
TIMED 25-FOOT WALK (T25FW)	The first component of the MSFC administered at each visit. T25FW is a quantitative measure of lower extremity function. The patient is directed to walk 25 feet as quickly as possible, but safely. After having the patient back, the task is administered again. Patients may use assistive devices.	Stopwatch, clipboard, marked 25-foot distance in the hallway, Timed 25-Foot Walk Record Form, walking aid (if needed).	3 minutes (180 seconds) per trial.
9-HOLE PEG TEST (9-HPT)	The second component of the MSFC conducted at each visit. This is the quantitative measure of upper extremity function. Both dominant and non-dominant hands are tested twice. A solid table is required.	9-HPT Apparatus, Dycem, stopwatch, clipboard, 9-HPT Record Form	5 minutes (300 seconds)
PACED AUDITORY SERIAL ADDITION TEST (PASAT)	The last component of the MSFC. This is the measure of cognitive function that specifically assesses auditory information processing speed and flexibility, and, in addition, calculation ability. The PASAT test is presented on CD or audio cassette tape and the patient must add a new digit which is immediately prior to it. The score is the number of the correct sums. There are two versions: PASAT 2 and PASAT 3.	CD player or an audio cassette tape, CD or audio cassette tape with PASAT stimuli, clipboard, PASAT Record Forms	Depending.

**Table 3.** Characteristics of the reviewed research showing the efficacy of fampridine administration in gait impairment treatment**Tabela 3.** Charakterystyka badanych badań wykazujących skuteczność podawania famprydiny w leczeniu upośledzenia chodu

Title	Authors	Date	Study group [Analysed]; Types of the disease if noted	Scales used to assess the gait impairment	Results	Remarks
Sustained-release oral fampridine in multiple sclerosis: a randomised, double-blind, controlled trial	Andrew D Goodman, Theodore R Brown, Lauren B Krupp, et.al	2009	301: relapsing-remitting: 83; primary progressive: 45; secondary progressive: 170; progressive: 12	MSWS-12 25-foot-walk	Dalfampridine 10 mg improves the quality of walking in patients with MS compared to the placebo control.	-
Phase 3 Trial of Extended Release Oral Dalfampridine in Multiple Sclerosis.	Andrew D. Goodman, Theodore R. Brown, Keith R. Edwards et al.	2010	239 [227]	T25FW	A higher mean improvement in walking speed in fampridine group (24,7% from baseline) comparing to placebo group (7,7% from baseline).	-
Dynamic walking features and improved walking performance in multiple sclerosis patients treated with fampridine (4-aminopyridine)	Philipp M. Keune, Adam J. Cocks, William R. Young, et.al	2015	35 patients: relapsing-remitting: 3; secondary progressive 26; primary-progressive: 6	6-minute 25-foot-walk	Before the drug administration, 77% of patients were able to complete the full 6 min walk, while after the administration - 97%. An acceleration of the walking pace and an increase in distance were observed.	Some patients were taking the drug before the study, the drug was discontinued for the duration of the experiment.

**Table 3.** Cont.

**Tabela 3.** Cd.

Effects of Dalfampridine Extended-release Tablets on 6-minute Walk Distance in Patients With Multiple Sclerosis: A Post Hoc Analysis of a Double-blind, Placebo-controlled Trial	Angela Applebee, Andrew D. Goodman, Angeli S. Mayadev, et.al	2015	153	6-minute walk (6MW), MSWS-12	Improvement in the group with dalfampridine ER 10 mg BID comparing to placebo (37.3% to 12.2%) in 6MW distance.	Conflicts of interests
Prolonged-release fampridine and walking and balance in MS: randomised controlled MOBILE trial.	Raymond Hupperts, Jan Lycke, Christine Short et al.	2016	132	MSWS-12 TUG BBS	An improvement in fampridine group comparing to placebo group. Reversal after 2 weeks of discontinuation.	-
Prolonged-release fampridine in multiple sclerosis: Improved ambulation effected by changes in walking pattern.	Björn Zörner, Linard Filli, Katja Reuter et al.	2016	61 [55]	T25FW 6MWT Balance scales	An improvement in walking speed, distance and physical activity. Gait pattern changes.	-
Real-life experience with fampridine (Fampyra®) for patients with multiple sclerosis and gait disorders.	Yara Dadalti Fragoso, Tarso Adoni, Soniza Vieira Alves-Leon et al.	2016	89	T25FW	Walking distance decreased at least by 20% in 70% of patients.	-
Monitoring lang-term efficacy of fampridine in gait-impaired patients with multiple sclerosis	Linard Filli, Björn Zörner, Sandra Kapitza, et.al	2017	53	25-foot-walk 6-minute-walk MSWS-12	During the open-ended trial, a significant improvement in walking speed, endurance and self-esteem of gait function was observed in the group of patients taking the drug relative to the placebo group.	Extending of the previous trial.

the treatment there was and observation which lasted 4 weeks with two follow-up visits. The 25-foot walk test and the 12-point scale (MSWS-12) were used to assess gait improvement, and the frequency of side effects was assessed. The percentage of people who showed an improvement in walking time was significantly higher in the fampridine group (78/224) than in the placebo group (6/72). Individuals who showed an improvement in walking time were also more successful at the MSWS-12 scale than those in whom such improvement was not observed. Interestingly, this study showed a transient improvement in walking speed in non-responders compared with that in the placebo group at the first visit after 2 weeks of treatment [23].

Another early clinical trial was conducted in 2010 by Goodman et al. It was a phase 3 double-blind, placebo-controlled study, in which MS patients were randomized to 9 weeks of fampridine treatment or placebo. The results were measured by T25FW test. The average improvement in walking speed in fampridine group was 24,7% from baseline. In the placebo group the walking speed increased only by 7,7%. The improvement was reversed with discontinuation of the treatment [24].

In the work of P. M. Keune et al., researchers present the results of a trial conducted in the group of 35 patients diagnosed with multiple sclerosis. Patients had to have a confirmed diagnosis, indications to treatment with fampridine and the



ability to walk for at least 3 minutes. The trial involved rating of the walk impairment before fampridine administration, after a daily dose (2x10mg) and one week after the first test. Patients with MS have been observed to have a walk impairment especially regarding the dynamics of the gait - as the time and distance walked increases, the gait becomes more and more impaired. As a result of previously mentioned observations, the 6-min 25-foot test has been used to test the ability to walk after one day (test 1) and after one week (test 2). The test consisted of walking the distance of 25 feet as many times as possible during the 6 minute time window. Patients were directed to walk as fast and for as long time as they can. After the treatment with fampridine, patients were observed to increase the distance covered during 6 minutes considerably (20-25%). Similar increase was found in the other evaluated parameters, in both test 1 and test 2. These results can be considered as generally supporting the treatment methodology and evaluation, used in the current study [25].

Also in 2015, a study analysing data from randomized double-blind trials (430 patients) was created by A. Applebee et al. From 430 patients, researchers have chosen a group of 153 patients from 26 research centres, with an available result of the 6-min 25-foot test. The examined group, divided into a 1:1:1 ratio, were treated with 5mg dalfampridine ER in 2 divided doses, 10mg dalfampridine ER in 2 divided doses or placebo. They were also tasked with completing MSWS-12 test. Gait tests were conducted before and after 2 weeks of treatment. Drug tolerance was evaluated by reporting the adverse effects occurring during the therapy. Post hoc results included the percentage of patients that were observed to increase their 6 minute test results by over 20% and reached the so-called minimal clinical significance described as reaching the above 55m distance. Patients were divided into subdivisions: those, who reached 20% improvement and those who did not. The correlation between the speed of walking over time and belonging to one of the above subgroups were evaluated. The results indicate that the percentage of patients whose distance improvement in the 6-minute test or travel  $\geq 55m$  was twice as high in patients receiving 10 mg dalfampridine than in the placebo group. Moreover, the dose of 10mg of the drug improved the remaining gait parameters studied in a statistically significant way, while the 5mg dose did not significantly improve the gait in patients with MS. These results, although they emphasize the lack of efficacy of ER 5 mg dalfampridine, show that the 10 mg dose per day effectively improves walking speed as observed in short-distance tests, and increasing the distance during a longer walk [26].

Hupperts et al. were the scientists who conducted a phase 2 clinical, randomized, placebo-controlled, double-blind study. Patients (n=132) were divided into two groups and treated with fampridine or placebo twice daily over 24 weeks. There was an improvement comparing to baseline scores in the 12-item MS Walking Scale (MSWS-12), Berg Balance Scale (BBS) and the Timed Up and Go (TUG) test. The results were present after 2 weeks of treatment and remained

through trial. However, after 2 weeks of discontinuation of fampridine therapy, there was a reversal of the improvements and analysed measures reached the pre-treatment levels in each test [27].

Across the studies different approaches were taken to analyse the effects of fampridine of MS patients. Another phase 2 randomized, placebo-controlled, double blind study the results of which were published by Zörner et al. included fampridine or placebo (twice daily) treatment with crossing over after 6 weeks of therapy. Results of 55 patients were taken for further analysis and were measured by T25FW scale and 6MWT. There was a significant increase in walking speed and distance, observed after 1 week of treatment. The respondents under fampridine showed an increase of walking speed compared to the placebo group (14% versus 2% respectively). Modifications of gait patterns were also present [28].

There was also an observational study under the supervision of Y. D. Frago so which involved 89 patients with MS and gait disorders. After 1 month of treatment time needed to walk 25 feet distance was decreased at least by 20% in 70% of patients. Before treatment, the average time was about 25 seconds, after treatment it reduced to about 17 seconds [29].

The study „Monitoring long-term efficacy of fampridine in gait-impaired patients with multiple sclerosis” from 2017 is an extension of the FAMPKIN trial in which the efficacy and safety of fampridine doses with prolonged action of 10mg applied 2x a day were investigated. The effectiveness of the medicine in this publication was evaluated in 53 patients diagnosed with MS in an open and randomized, double-blind, placebo-controlled study, with regular assessments over a 2-year period. The previously described 25-foot walk tests, 6-minute walks and the MSWS-12 scale were used to assess gait. The first visit after the end of FAMPKIN took place after 14 weeks from discontinuation of the drug, which is enough time to compensate for its effects. After this period of time patients were taking the drug for 11.5 months and were randomly assigned to the placebo or control group and for 14 days they took prescribed tablets. After two weeks they were returned to 11.5 months of fampridine treatment. The data showed good tolerability and sustained efficacy of fampridine during long-term treatment in MS. During the open-ended trial, a significant improvement in walking speed, endurance and self-esteem of gait function was observed in the group of patients taking the drug relative to the placebo group. Over the two years of the study, some patients observed a change in response to drugs over time - patients improved significantly over time, resulting in an increase in the percentage of patients exceeding 10% or a 20% improvement in walking after long-term treatment. The authors emphasize in their conclusions that objective and measurable tests have shown that long-term use of fampridine drug is more effective than short-term use with the same safety profile [30].

The results suggest that rampridine therapy improves walking ability, mobility, static and dynamic balance. All the clinical trials are summarized in the Table 3.

## CONCLUSIONS

Relatively few studies have been conducted in recent years on the human population in which the aim would be to assess the efficacy of symptomatic treatment with fampridine in impaired walking ability in patients with multiple sclerosis. It turns out that the most important of them were created in the last ten years. Notwithstanding the study cited in the above article, there is a significant improvement in motor skills in patients who take fampridine compared to placebo groups [21, 22, 24, 25, 28], as well as in case of the use of isolated motor functions assessments not introducing placebo groups as comparisons [23, 26, 27]. Fampridine is a mean which improves walking and distance, overall performance and physical activity, and also changes the walking pattern - it becomes more fluid [26]. An important remark seems to be the lack of efficacy of 5 mg dalfampridine ER; it turns out that a dose of 10 mg per day effectively improves walking speed, which was observed in short distance tests, and increases the distance during a longer walk [24]. In addition, there is a reversal of improvement after 2 weeks from discontinuation - the abilities analyzed in the studies reach their pretreatment levels at appropriate scales [21, 22, 25]. This leads to the conclusion that treatment with fampridine should be carried out continuously, without interrupting it, so as not to miss the effects of the therapy. Undoubtedly, treatment with fampridine can significantly improve motor skills, and thus also the overall quality of life of patients subjected to it. Undoubtedly, treatment with fampridine in combination with reliable rehabilitation supplemented with sanatorium rehabilitation stays can significantly improve motor skills, and thus also the overall quality of life of patients.

## References

1. Bezzini D, Battaglia MA. Multiple Sclerosis Epidemiology in Europe. *Adv Exp Med Biol.* 2017;958:141-159.
2. Alonso A, Hernan MA. Temporal trends in the incidence of multiple sclerosis: A systematic review. *Neurology.* 2008;71(2):129-135.
3. Charcot J. Histologie de la sclerose en plaques. *Gazette des hopitaux.* Paris.1868;41: 554-555.
4. De Seze J, Zephir H, Hautecoeur P, Mackowiak A, Cabaret M, Vermersch P. Pathologic laughing and intractable hiccups can occur early in multiple sclerosis. *Neurology.* 2006;67(9):1684-1686.
5. Ferraro D, Plantone D, Morselli F, Dallari G, Simone AM, Vitetta F et al. Systematic assessment and characterization of chronic pain in multiple sclerosis patients. *Neurol Sci.* 2017;39(3):445-453.
6. Lublin FD, Reingold SC. Defining the clinical course of multiple sclerosis: Results of an international survey. *Neurology.* 1996;46(4):907-911.
7. Miller D, Barkhof F, Montalban X, Thompson A, Filippi M. Clinically isolated syndromes suggestive of multiple sclerosis, part I: natural history, pathogenesis, diagnosis, and prognosis. *The Lancet Neurology.* 2005;4(5):281-288.
8. McDonald WI, Compston A, Edan G, Goodkin D, Hartung HP, Lublin FD et al. Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: Guidelines from the international panel on the diagnosis of multiple sclerosis. *Ann Neurol.* 2001;50(1): 121-127.
9. Kohler J, Kern U, Kasper J, Rhese-Küpper B, Thoden U. Chronic central nervous system involvement in Lyme borreliosis. *Neurology.* 1988;38(6):863-7.
10. Howard J, Trevick S, Younger DS. Epidemiology of Multiple Sclerosis. *Neurol Clin.* 2016;34(4):919-939.
11. Rosati G. The prevalence of multiple sclerosis in the world: an update. *Neurol Sci.* 2001;22(2):117-139.
12. Doshi A, Chataway J. Multiple sclerosis, a treatable disease. *Clin Med (Lond).* 2016; 16(6):53-59.
13. Losy J, Bartosik-Psujek H, Członkowska A, Kurowska K, Maciejek Z, Mirowska-Guzel D i wsp. Leczenie stwardnienia rozsianego. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Neurologicznego. *Pol Przegl Neurol.* 2016;12(2):80-95.
14. Nitera-Kowalik A, Grzyb M, Jaworska M, Szczygłowska-Ambroży A. The Use of Biofeedback in the Rehabilitation of the Motor Function of the Hand in the Course of Comprehensive SPA Resort Treatment in Patients with Multiple Sclerosis. *Acta Balneologica.* 2016;2(144):95-103.
15. Kubsik A, Długosz M, Stasiak-Pietrzak A, Klimkiewicz P, Krekora K, Woldańska-Okońska M. Wpływ magnetostymulacji i promieniowania laserowego na stan funkcjonalny i napięcie mięśni chorych na stwardnienie rozsiane. *Acta Balneologica.* 2012;4:232-239.
16. Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology.* 1983;33(11):1444-1452.
17. Fischer JS, Rudick RA, Cutter GR, Reingold SC. The Multiple Sclerosis Functional Composite measure (MSFC): an integrated approach to MS clinical outcome assessment. *Mult Scler J.* 1999;5(4):244-250.
18. Ontaneda D, Thompson AJ, Fox R J, Cohen JA. Progressive multiple sclerosis: prospects for disease therapy, repair, and restoration of function. *The Lancet.* 2017; 389(10076):1357-1366.
19. Rudick R, Antel J, Confavreux C, Cutter G, Ellison G, Fischer J et al. Recommendations from the national multiple sclerosis society clinical outcomes assessment task force. *Ann Neurol.* 1997;42(3):379-382.
20. Hayes KC. Fampridine-SR for multiple sclerosis and spinal cord injury. *Expert Rev Neurother.* 2007;7(5):453-461.
21. Mejuto B, Castellano P, Castro C, López LM. Assessment of the efficacy and safety of fampridine. *Farm Hosp.* 2017;41(2):283-291.
22. European Medicines Agency. European public assessment report (EPAR) for Fampyra. 2011.
23. Goodman AD, Brown TR, Krupp LB, Schapiro TR, Schwid SR, Cohen R et al. Sustained-release oral fampridine in multiple sclerosis: a randomised, double-blind, controlled trial. *The Lancet.* 2009;373(9665):732-738.
24. Goodman AD, Brown TR, Edwards KR, Krupp LB, Schapiro RT, Cohen R et al. A phase 3 trial of extended release oral dalfampridine in multiple sclerosis. *Annals of Neurology.* 2010;68(4):494-502.
25. Keune PM, Cocks AJ, Young WR, Burschka JM, Hansen S, Hofstadt-van Ooy U et al. Dynamic walking features and improved walking performance in multiple sclerosis patients treated with fampridine (4-aminopyridine). *BMC Neurology.* 2015;15(1).
26. Applebee A, Goodman AD, Mayadev AS, Bethoux F, Goldman MD, Klingler M et al. Effects of Dalfampridine Extended-release Tablets on 6-minute Walk Distance in Patients With Multiple Sclerosis: A Post Hoc Analysis of a Double-blind, Placebo-controlled Trial. *Clinical Therapeutics.* 2015;37(12):2780-2787.
27. Hupperts R, Lycke J, Short C., Gasperini C, McNeill M, Medori R et al. Prolonged-release fampridine and walking and balance in MS: randomised controlled MOBILE trial. *Multiple Sclerosis Journal.* 2015;22(2):212-221.

28. Zörner B, Filli L, Reuter K, Kapitza S, Lörincz L, Sutter T et al. Prolonged-release fampridine in multiple sclerosis: Improved ambulation effected by changes in walking pattern. *Multiple Sclerosis Journal*. 2016;22(11):1463-1475.
29. Fragoso YD, Adoni T, Alves-Leon SV, Apostolos-Pereira SL, Barreira AA, Brooks JBB et al. Real-life experience with fampridine (Fampyra®) for patients with multiple sclerosis and gait disorders. *NeuroRehabilitation*. 2016;39(2):301-304.
30. Filli L, Zörner B, Kapitza S, Reuter K, Lörincz L, Weller D et al. Monitoring long-term efficacy of fampridine in gait-impaired patients with multiple sclerosis. *Neurology*. 2017;88(9):832-841.

**Authors' contributions:**

According to the order of the Authorship

**Conflicts of interest:**

The Authors declare no conflict of interest

**Received:** 17.05.2019

**Accepted:** 18.06.2019

---

**ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:**

**Michał Piwoński**

Czesława Strzeszewskiego 13/66 Street

20-153 Lublin, Poland

phone: +48 782 223 101

e-mail: [michalpiwonski2@gmail.com](mailto:michalpiwonski2@gmail.com)

# Efekty stosowania wibracji całego ciała w fizjoterapii – przegląd piśmiennictwa

## The Effects of Whole Body Vibration in Physiotherapy – a Review of the Literature

Mateusz Bartycz<sup>1</sup>, Andrzej Suchanowski<sup>2</sup>, Marta Woldańska-Okońska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika Rehabilitacji i Medycyny Fizykalnej UM, Łódź, Polska

<sup>2</sup>Wydział Fizjoterapii, OSW, Olsztyn, Polska

### STRESZCZENIE

W ciągu ostatniego dziesięciolecia zanotowano zwiększenie zastosowania środków terapeutycznych wspieranych wibracjami. Na rynku istnieje wiele urządzeń generujących wibrację całego ciała, jednakże można podzielić je na trzy grupy ze względu na stosowaną częstotliwość, amplitudę i kierunek podawania drgań na ciało. Celem pracy jest analiza wyników najistotniejszych prac omawiających stosowanie oraz efektywność oddziaływania terapeutycznego wibracjami na organizm człowieka. Przeprowadzone badania świadczą o korzystnych zmianach na zespoły objawów chorób neurodegeneracyjnych, w dysfunkcjach neurologicznych, częściowym uszkodzeniu rdzenia kręgowego, sarkopenii i schorzeń wieku starczego, osteoporozie, urazach sportowych. Stosowanie wibracji całego ciała nie powoduje znacznych zmian w odniesieniu do funkcji hemodynamicznych podczas stosowanej terapii, aczkolwiek odpowiednie parametry stymulacji mogą wywoływać wystarczającą odpowiedź sercowo-naczyniową, aby poprawić ogólną sprawność fizyczną. W programie postępowania fizjoterapeutycznego wibracja całego ciała jest kolejnym środkiem zwiększającym efekt stosowanej terapii.

**Słowa kluczowe:** fizjoterapia, wibracja całego ciała, efekty terapeutyczne

### SUMMARY

Over the last decade, the use of vibration-supported therapeutic measures has been increased. There are many devices in the market that generate whole body vibration, but they can be divided into three groups due to the frequency, amplitude and direction of the vibrations being applied to the body. The aim of the work is to analyze the results of the most important works discussing the use and effectiveness of the therapeutic effect of vibrations on the human body. The studies are indicative of favourable changes to the symptoms of neurodegenerative diseases, neurological dysfunctions, incomplete spinal cord injury, sarcopenia and senile age disorders, osteoporosis, sports injuries. The use of whole body vibration does not result in significant changes to the hemodynamic function during therapy, although appropriate stimulation parameters may induce sufficient cardiovascular response to improve overall physical fitness. In the physiotherapy procedure, the whole body vibration is another means of increasing the effect of the therapy used.

**Key words:** physiotherapy, whole body vibration, therapeutic effects

Acta Balneol, TOM LXI, Nr 3(157);2019:208-212

W ciągu ostatniego dziesięciolecia zanotowano zwiększenie zastosowania środków terapeutycznych wspieranych wibracjami. Obecnie stosuje się wiele rodzajów urządzeń do terapii wibracyjnych całego ciała. Urządzenia te różnią się parametrami drgań tj. częstotliwość, amplituda, kierunek podawania drgań na ciało oraz rodzajem sygnału [1, 2]. W platformie generującej drgania sinusoidalnie pionowe (rytmiczne) stosuje się amplitudę w zakresie 0-12 mm oraz częstotliwość w przedziale: 30-60 Hz. W platformie generującej drgania sinusoidalnie naprzemiennie (rytmiczne) stosuje się amplitudę w zakresie 0-12 mm oraz częstotliwość

w przedziale 5-30 Hz, natomiast w platformie generującej drgania stochastyczne trójwymiarowe (arytmiczne) stosuje się amplitudę w przedziale 0-2 mm i częstotliwość w zakresie 1-12 Hz [1, 2]. Aplikacja wibracji wywołuje liczne procesy na zróżnicowanych poziomach ludzkiego ciała, począwszy od aktywacji receptorów, odpowiedzi mięśniowej, przez zmiany wartości stężeń hormonów i uwalnianie neuroprzekaźników, aż po aktywację wielu obszarów mózgu [3].

Celem pracy jest analiza wyników najistotniejszych prac omawiających stosowanie oraz efektywność oddziaływania terapeutycznego wibracjami na organizm człowieka.



## EFEKTY W USZKODZENIU OUN

Herren i wsp. zastosowali kompleksową rehabilitację (fizjoterapia, terapia zajęciowa, terapia logopedyczna i psychologiczna) uzupełnione drganiami stochastycznymi (5 Hz, 3 mm, 5 serii po 60 s, oddzielone przerwami o tym samym czasie) w ciągu 10 dni zabiegowych (2 tygodnie) u 48 osób po udarze mózgu lub urazie czaszkowo-mózgowym. Dokonano oceny w zakresie siły eksplozywnej mięśni prostowników stawu kolanowego strony bezpośrednio zajętej, kontroli równowagi ciała, parametrów chodu po stronie pośrednio i bezpośrednio zajętej kd oraz maksymalnego skurczu dowolnego mięśnia obszernego pośredniego i bocznego, piszczelowego przedniego, brzuchatego łydki i płaszczkowatego po stronie bezpośrednio zajętej kd. Zaobserwowano poprawę parametrów docelowych po 1 i 10 dniach terapii w obu grupach, jednakże nie odnotowano różnic między grupami [5]. Van Nes i wsp. [6] wykazali, że drgania sinusoidalne naprzemiennie stosowane 5 razy w tygodniu przez 6 tygodni w uzupełnieniu z konwencjonalnymi zabiegami fizjoterapeutycznymi u osób po udarze mózgu, nie są bardziej skuteczne w zakresie poprawy zachowania balansu ciała (skala Berga) w porównaniu do grupy kontrolnej. Choi i wsp. zastosowali trening lokomocji na bieżni ruchomej w uzupełnieniu z drganiami sinusoidalnie naprzemiennymi (20-30 Hz, 3 mm, 6 serii po 45 s, oddzielone przerwami 60 s, w połączeniu z ćw. dynamicznymi kkd) 3 razy w tygodniu przez 6 tygodni u osób po udarze mózgu. W grupie eksperymentalnej zaobserwowali znaczną poprawę parametrów chodu w zakresie prędkości chodu, kadencji, długości kroku, długości kroku podwójnego, pojedynczego i obunożnego kontaktu stóp z podłożem oraz 6-minutowym teście marszu ( $p < 0,05$ ). Natomiast w grupie kontrolnej po zastosowaniu treningu na bieżni ruchomej odnotowano statystycznie istotną poprawę w prędkości chodu, długości kroku, długości kroku podwójnego i obunożnym kontakcie stóp z podłożem ( $p < 0,05$ ) [7].

Dzieci z porażeniem mózgowym często mają mimowolną, odruchową aktywność mięśni powodującą hiperrefleksję spastyczną. Udowodniono, że drgania sinusoidalnie naprzemiennie powodują zmniejszenie patologicznej odpowiedzi odruchowej (poziom rdzenia kręgowego), podczas gdy wykonywanie ruchu dobrowolnego (kontrola ośrodkowa) jest poprawione w odniesieniu do kontroli kinematycznej i nerwowo-mięśniowej [8].

## EFEKTY W CHOROBAH NEURODEGENERACYJNYCH

Schuhfried i wsp. [9] zastosowali drgania stochastyczne u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym i odnotowali statystycznie istotny wynik w teście Wstań i Idź (z 9,2 s do 8,2 s), podczas gdy nie odnotowano znaczącej różnicy w teście Wstań i Idź oraz 10-metrowego marszu u Diego i wsp., aczkolwiek zaobserwowano znaczące różnice między grupami w teście kontroli motorycznej (MCT): grupa eksperymentalna wykazała znaczne zmniejszenie czasu reakcji (LAT), oraz istotne skrócenie czasu reakcji w teście SOT1 (badanie na platformie nieruchomej przy oczach otwartych) i SOT3 (badanie na platformie nieruchomej przy oczach otwartych, ale poruszającym się otoczeniu) [10].

Odnotowano korzystne zmiany w wybranych grupach objawów choroby Parkinsona stosując drgania stochastyczne. Stabilność postawy uległa poprawie u 8 z 18 osób co daje skuteczność na poziomie 44% [11], jak również Turbanski i wsp. [12] oraz Kaut i wsp. [13] wykazali poprawę o 24% w porównaniu do grupy kontrolnej. W aspekcie lokomocji Haas i wsp. [14] wykazali poprawę średnio o 15,8%, natomiast drżenie i sztywność uległy redukcji odpowiednio o 25% i 24%. Co więcej, Kaut i wsp. [13] stosując 4 jednostki treningowe drgań stochastycznych zaobserwowali zmniejszenie objawów sztywności o 41,6%, bradykinezji o 23,7%, oraz drżenia o 30,8%. Ebersbach i wsp. [15] zastosowali drgania sinusoidalne naprzemiennie w połączeniu z konwencjonalnym programem fizjoterapii u osób opornych na L-DOPA w idiopatycznej postaci. W większości parametrów testowych obie grupy uzyskały poprawę bez istotnego różnicowania się między sobą. W badaniu posturograficznym grupa eksperymentalna wykazała znaczną poprawę bez istotnych różnic w porównaniu do grupy kontrolnej. W przeprowadzonej metaanalizie oceniającej skuteczność wibracji całego ciała w chorobie Parkinsona Dincher i wsp. odnotowali dużą zmienność pomiędzy uzyskaną poprawą a brakiem efektów w zakresie objawów motorycznych, równowagi ciała, chodu, mobilności. Aczkolwiek kilka badań wykazało istotne różnice między grupami w zakresie mobilności i objawów motorycznych [16].

## EFEKTY W CZĘŚCIOWYM USZKODZENIU RDZENIA KRĘGOWEGO

Urazy rdzenia kręgowego (URK) często skutkują upośledzeniem, które negatywnie wpływają na funkcję lokomocji. Haas i Schmidbleicher [17] zastosowali drgania stochastyczne przez 8 tygodni (3x/tydzień). Na podstawie testu „Wstań i idź” uzyskano poprawę od 15 do 89%. In i wsp. zastosowali zabiegi fizjoterapeutyczne, uzupełnione wibracjami (drgania sinusoidalne pionowe, 30 Hz, 2-4 mm, 4 serie po 45 s, oddzielone przerwami o czasie 60, półprzysiad) u 28 osób z URK na poziomie C6-7 (skala ASIA: D). Czas trwania sesji wyniósł 20 min/dzień w ciągu 5 dni przez 8 tygodni. Zaobserwowano różnice statystycznie istotne między grupą eksperymentalną a kontrolną w zakresie zmniejszenia spastyczności mięśni zginaczy stóp ( $3,0 \pm 1,7 / 0,9 \pm 1,2$ ), stabilności postawy ( $6,4 \pm 1,2 / 3,2 \pm 0,9$  w przypadku oczu otwartych i  $15,1 \pm 10,9 / 7,4 \pm 4,3$  w przypadku oczu zamkniętych), teście Wstań i Idź ( $2,3 \pm 1,3 / 1,0 \pm 1,0$ ) i 10-ciominutowym teście marszu ( $3,5 \pm 2,3 / 1,3 \pm 1,4$ ) [18]. Ness i Field-Fote [19] zastosowali 12 zabiegów drgań sinusoidalnie pionowych u osób w stadium przewlekłym ( $\geq 1$  rok) wraz z umiejętnością zmiany pozycji z siedzącej na stojącą i utrzymaniu pionowej postawy w ciągu 1 min. Parametry docelowe zmierzono 7 dni po wykonaniu ostatniej jednostki treningowej. Średnia prędkość spaceru (speed) zwiększona o  $0,062 \pm 0,011$  m/s, kadencja kroków wzrosła z  $33 \pm 5$  krok/min do  $36 \pm 5$  krok/min, długość kroku silniejszą kończyną dolną wzrosła z  $0,194 \pm 0,090$  m do  $0,23 \pm 0,063$  m, długość kroku słabszej kończyny dolnej wyniosła z  $0,180 \pm 0,082$  m do  $0,212 \pm 0,075$  m. W przeprowadzonej metaanalizie Ji i wsp. ocenili skuteczność wibracji

całego ciała na torowanie nerwowo-mięśniowe u osób z URK. Z pośród 8 prac badawczych obejmujących 94 osoby z URK i 24 pełnosprawnymi osobami, odnotowano zwiększoną aktywację mięśni w 6 pracach badawczych oraz w 2 pracach zaobserwowano zmniejszenie spastyczności. Autorzy sugerują, że zastosowanie częstotliwości w zakresie 10-50 Hz i amplitudy obejmujący zakres 0,6-4,0 mm w pozycji stojącej ze zgiętymi stawami kolanowymi (10-40°) nie prowadzi do niekorzystnego wpływu na stan zdrowia [20].

### EFEKTY W GERIATRII

Bruyere i wsp. [21] badali wpływ drgań pionowych w połączeniu z treningiem ruchowym w ciągu 6 tygodni. Na podstawie testu Tinnetii w zakresie chodu i zachowania balansu ciała grupa eksperymentalna uzyskała poprawę, natomiast w zakresie jakości życia uzyskała nieznaczną przewagę w porównaniu do grupy kontrolnej. Rees i wsp. [22, 23] zastosowali drgania pionowe wraz z treningiem ruchowym w zakresie sprawności mięśni i lokomocji i osób w podeszłym wieku. Wykazali poprawę w teście „Sit to Stance”, 5 m test marszu, zwiększeniu siły prostowników stawu kolanowego i zginaczy podeszwowych stóp w porównaniu do grupy kontrolnej. Sarkopenia stanowi niezależnie od wieku i schorzeń współistniejących czynnik ryzyka przedwczesnego zgonu. Stosowano drgania stochastyczne w ciągu 3 miesięcy (3x tydzień). Badanie wykazało poprawę sprawności fizycznej i jakości życia wśród starszych osób z sarkopenią, które mieszkają w instytucjach publicznych [24].

### WIBRACJA CAŁEGO CIAŁA NA TLE FUNKCJI HEMODYNAMICZNYCH

Herren i wsp. stosując drgania stochastyczne odnotowali średnie wartości HR (częstość skurczów serca) w zakresie od 101/min do 93-101 w ciągu 5 serii po 60 s, oddzielone przerwami o tym samym czasie. Ww. wyniki są zbieżne z ustaleniami Rittweger i wsp., którzy odnotowali wartość HRmax 128/min stosując drgania sinusoidalne naprzemiennie w połączeniu z ćwiczeniami siłowymi u zdrowych osób [25]. Natomiast Bruyere i wsp. [21] zarejestrowali wartości HR, które wzrosły nieznacznie z 69/min do 73/min podczas drgań sinusoidalnie pionowych. W analizach wartości ciśnienia tętniczego krwi, Herren i wsp. odnotowali średnie wartości 131/90 mmHg w spoczynku, które wzrosło nieznacznie do wartości 140/98 mmHg w czasie drgań stochastycznych. Rittweger i wsp. stosując drgania sinusoidalne naprzemiennie u zdrowych osób wykonujących przysiady z dodatkowym obciążeniem, otrzymał podobne wyniki w zakresie 132/52 mmHg (średnia) [25]. Bruyere i wsp. [21] stosując drgania sinusoidalnie pionowe początkowe wartości BP 135/79 mmHg uległy zmniejszeniu do 129/73 podczas treningów.

Zastosowano drgania sinusoidalne naprzemiennie uzupełnione izometrycznymi i dynamicznymi przysiadami bez i z obciążeniem 30% masy ciała (plecak). Gojanovic i wsp. [26] zaobserwowali, iż u osób nieaktywnych fizycznie trening wibracyjny może wywoływać wystarczającą odpowiedź sercowo-naczyniową, aby poprawić ogólną sprawność, a zatem może być potencjalnie użytecznym środkiem w zmniejszaniu ryzyka sercowo-naczyniowego.

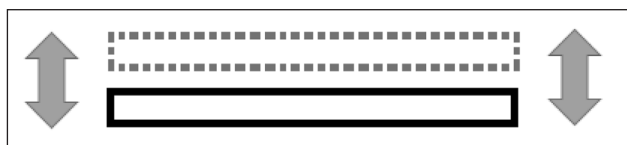
### DODATKOWE EFEKTY

Verschueren i wsp. [27] zastosowali u kobiet w okresie pomenopauzalnym drgania sinusoidalnie w kierunku pionowym w ciągu 6 miesięcy (3 razy w tygodniu). Zaobserwowano poprawę siły w pracy statycznej i dynamicznej mięśni odpowiednio o 15% i 16%, a także znacznie zwiększyła się gęstość mineralna kośćca (BMD) o 0,93%. Marin-Puyalto i wsp. przeprowadzili metaanalizę 17 badań dotyczących wpływu wibracji całego ciała na BMD. U kobiet w okresie pomenopauzalnym nie zaobserwowano wzrostu i niewielkiej poprawy BMD. Co więcej, przeprowadzono jedno badanie dotyczące młodych osób dorosłych, nie stwierdzono żadnych pozytywnych zmian. Aczkolwiek, badania dotyczące dzieci i młodzieży z zaburzeniami masy kostnej, wykazały poprawę BMD w kończynach dolnych, w odcinku lędźwiowym kręgosłupa i w innych częściach ciała [28].

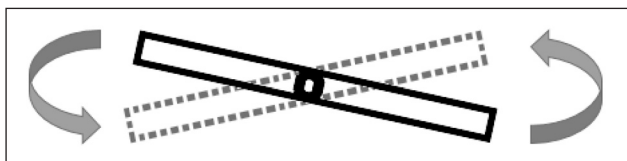
Haas i wsp. [29] przeprowadzili badanie porównując zdrowych studentów z lekkoatletami po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (ACL) stosując drgania stochastyczne o częstotliwości 6 Hz w pierwszej jednostce treningowej dla obu grup oraz stosując częstotliwość 10 Hz w drugiej jednostce treningowej u zdrowych studentów. W aspekcie stabilności postawy u zdrowych studentów poprawa wyniosła 44% przy stymulacji 6 Hz, natomiast po zastosowaniu stymulacji 10 Hz odnotowano poprawę średnio, o 19%, ale nie udało się uzyskać statystycznej istotności. Natomiast u lekkoatletów uzyskana poprawa wyniosła 37% po stronie objętej procesem chorobowym ( $p < 0,01$ ) oraz 25% po stronie zdrowej ( $p > 0,05$ ) po zastosowaniu stymulacji 6 Hz. W analizach EMG zaobserwowano, że poprawa równowagi ciała wiąże się z mniejszą intensywnością aktywności mięśni. da Costa i wsp. zastosowali drgania sinusoidalnie pionowe (25 i 50 Hz, 2-4 mm, 10 serii po 30 s, oddzielone przerwami o tym samym czasie, zgięcie w stawach kolanowych 40°) u 44 mężczyzn po rekonstrukcji więzadła ACL. Dokonano oceny kończyny dolnej bezpośrednio zajętej w zakresie szczytowego momentu siły względem masy ciała, średniej kwadratowej (RMS %) m. obszernego przyśrodkowego (VM) i m. obszernego bocznego (VL), wykonanej pracy (J) oraz równowagi statycznej w płaszczyźnie A/P i M/L (mm). Odnotowano poprawę parametrów docelowych w obu grupach, jednakże nie stwierdzono znaczących różnic między grupą eksperymentalną a kontrolną [30].

### PODSUMOWANIE

W postępowaniu fizjoterapeutycznym należy stosować różne środki terapeutyczne, nie ograniczając się do jednej koncepcji czy metody. Należy unikać wibracji o identycznej wysokiej częstotliwości oraz kilkuminutowej ciągłej stymulacji, które z jednej strony mogą prowadzić do zaburzeń czucia lub utraty aktywności odruchowej, a z drugiej strony trenują bardzo wąski zakres wzorców aktywacji mięśni, który dla sprostania wymaganiom dnia codziennego nie wystarczy [6, 31]. Warto zauważyć, że wibracje o niskiej częstotliwości (drgania stochastyczne) są bardziej obiecujące i wydaje się bezpieczniejsze niż stymulacja o wysokiej częstotliwości od 20 do 60 Hz [15, 25, 32]. Częstotliwość, amplituda, ilość serii,



Rycina 1. Drgania sinusoidalne pionowe. Modyfikacja własna [wg 4].



Rycina 2. Drgania sinusoidalne naprzemiennie. Modyfikacja własna [wg 4].

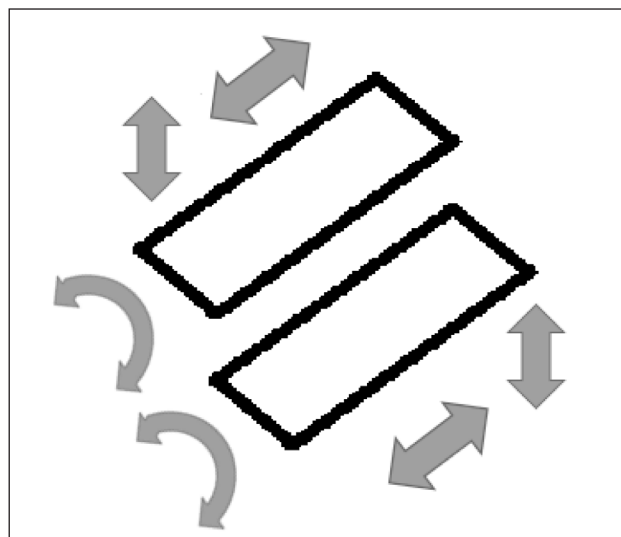
czas trwania stymulacji i czas trwania przerwy powinny być dostosowane do możliwości pacjenta. W odniesieniu do złożonej kontroli motorycznej i bezpieczeństwa motorycznego stwierdzono, że drgania stochastyczne mogą poprawić kontrolę postawy lub zdolność lokomocji w różnych chorobach neurodegeneracyjnych i urazach rdzenia kręgowego [14, 33]. Rutkowski i Szczegielniak [34] wyjaśniają, iż drgania stochastyczne są bezpiecznym środkiem terapeutycznym mogącym wpływać na poprawę koordynacji i równowagi chorych po przebytych udarze mózgu. Kiwerski [35] podkreśla, że poprawa w kontroli stabilności postawy, procesów równoważnych i koordynacyjnych jest bardzo ważnym wskaźnikiem określającym efektywność przeprowadzonej terapii. Na podstawie analizy piśmiennictwa oceniającego efektywność stosowania wibracji całego ciała w fizjoterapii, sformułowano następujące wnioski:

- Oddziaływanie wibracjami na organizm powoduje zmniejszenie lub usunięcie dysfunkcji w wielu jednostkach chorobowych.
- Zabiegi wibracyjne powinny być częściej stosowane w fizjoterapii jako uzupełnienie w działaniu skojarzonym.

Ze względu na znaczną heterogeniczność dotyczącą zarówno osób badanych, projektu, metodologii badań trudno jest sformułować ogólny pozytywny lub negatywny wniosek końcowy. Wymagane są dalsze badania oceniające efektywność wibracji całego ciała w wielu jednostkach chorobowych i w działaniu profilaktycznym.

### Piśmiennictwo

1. Burkhardt A. Wippen mit Wirkung. *Physiopraxis*. 2006;9:21-25.
2. Elfering A, Zahno J, Taeymans J et al. Acute effects of stochastic resonance whole body vibration. *World J Orthop*. 2013;4(4):291-298.
3. Haas CT, Turbanski S, Schmidtleicher D. Wie gezielte Unordnung im Training für Ordnung in der Bewegung sorgt: zufällige Schwingungen wirken auf Muskel- und Nervenzellen ein. *Forschung Frankfurt*. 2006;4:19-25.
4. Herren K, Rogan S, Hilfiker R et al. Vibrationen mit therapeutisch interessanten Effekten. *Physioactive*. 2009;5:39-44.
5. Herren K, Schmid S, Rogan S, Radlinger L. Effects of Stochastic Resonance Whole-Body Vibration in Individuals with Unilateral Brain Lesion: A Single-Blind Randomized Controlled Trial: Whole-Body Vibration and Neuromuscular Function. *Rehabil Res Pract*. 2018, 9319258. doi: 10.1155/2018/9319258



Rycina 3. Drgania stochastyczne trójwymiarowe. Modyfikacja własna [wg 4].

6. van Nes I. J, Latour H, Schils F et al. Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*. 2006;37(9):2331-5.
7. Choi W, Han D, Kim J, Lee S. Whole-Body Vibration Combined with Treadmill Training Improves Walking Performance in Post-Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit*. 2017;23:4918-4925.
8. Krause A, Schönau E, Gollhofer A et al. Alleviation of Motor Impairments in Patients with Cerebral Palsy: Acute Effects of Whole-body Vibration on Stretch Reflex Response, Voluntary Muscle Activation and Mobility. *Front Neurol*. 2017;8:416.
9. Schuhfried O, Mittermaier Ch, Jovanovic T et al. Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Clinical Rehabilitation*. 2005;19(8):834-842.
10. Alguacil Diego IM, Pedrero Hernández C, Molina Rueda F, Cano de la Cuerda R. Effects of vibrotherapy on postural control, functionality and fatigue in multiple sclerosis patients. A randomised clinical trial. *Neurologia*. 2012;27(3):143-53.
11. Kaut O, Allert N, Coch Ch et al. Stochastic resonance therapy in Parkinson's disease. *Neurorehabilitation*. 2011;28(4):353-358.
12. Turbanski S, Haas CT, Schmidtleicher D et al. Effects of random whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. *Res Sports Med*. 2005;13(3):243-256.
13. Kaut O, Brenig D, Marek M et al. Postural Stability in Parkinson's Disease Patients Is Improved after Stochastic Resonance Therapy. *Parkinsons Dis*. 2016.
14. Haas CT, Turbanski S, Kessler K et al. The effects of random whole-body vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*. 2006;21(1):29-36.
15. Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O et al. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(3):399-403.
16. Dincher A, Schwarz M, Wydra G. Analysis of the effects of whole-body vibration in Parkinson's disease - Systematic review and meta-analysis. *PM R*. 2019. doi: 10.1002/pmrj.12094.
17. Haas CT, Hochsprung A, Turbanski S et al. Neurorehabilitation via mechanischer Oszillationsreize. Publikationen zum Kongress der Deutschsprachigen medizinischen Gesellschaft für Paraplegie 2005, CD: 9 Seiten.



18. In T, Jung K, Lee MG, Cho HY. Whole-body vibration improves ankle spasticity, balance, and walking ability in individuals with incomplete cervical spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*. 2018;42(4):491-497.
19. Ness LL, Field-Fote EC. Whole-body vibration improves walking function in individuals with spinal cord injury, a pilot study. *Gait Posture*. 2009;4:436-40.
20. Ji Q, He H, Zhang C, Lu C, Zheng Y, Luo XT, He C. Effects of whole-body vibration on neuromuscular performance in individuals with spinal cord injury: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2017;31(10):1279-1291.
21. Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(2):303-7
22. Rees S, Murphy A, Watsford ML. Effects of vibration exercise on muscle performance and mobility in an older population. *J Aging Phys Act*. 2007;15(4):367-81.
23. Rees S, Murphy AJ, Watsford ML. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2008;88(4):462-70.
24. Chang SF, Lin PC, Yang RS et al. The preliminary effect of whole-body vibration intervention on improving the skeletal muscle mass index, physical fitness, and quality of life among older people with sarcopenia. *BMC Geriatr*. 2018;18(1):17.
25. Herren K, Holz Hängärtner C, Oberli A et al. Kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung während stochastischer Resonanztherapie bei Schlaganfallpatienten. *Physioscience*. 2009;5(1):13-17.
26. Gojanovic B, Feihl F, Gremion G et al. Physiological response to whole-body vibration in athletes and sedentary subjects. *Physiol Res*. 2014;63(6):779-92.
27. Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C et al. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*. 2004;9(3):352-9.
28. Marin-Puyalto J, Gomez-Cabello A, Gonzalez-Agüero A et al. Is Vibration Training Good for Your Bones? An Overview of Systematic Reviews. *Biomed Res Int*. 2018, 5178284. doi: 10.1155/2018/5178284.
29. Haas CT, Turbanski S, Schmidtbleicher D. Nerval and mechanical rhythms in rehabilitative balance training. *Isokinetics and exercise science*. 2004;1:54-55.
30. da Costa KSA, Borges DT, de Brito Macedo L, de Almeida Lins CA, Brasileiro JS. Whole-Body Vibration on Performance of Quadriceps After ACL Reconstruction: A Blinded Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil*. 2019;28(1):52-58.
31. Haas CT, Schmidtbleicher D. Training und Therapie: Zu den Effekten von Vibrationen und Stochastischer Resonanz in Training und Therapie. *Medical Sports Network*. 2007; 2:50-51.
32. Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108:877-904.
33. Haas CT. Stochastic Resonance Training in Treatment of Neuropathy and Neuropathic Pain. *Der Schmerz*. 2006;4:354-6.
34. Rutkowski S, Szczegieliński J. Rezonans stochastyczny w fizjoterapii. *Prakt Fizjoter Rehabil*. 2013;42:26-29.
35. Kiwerski J. Rehabilitacja medyczna. PZWL. Warszawa 2005.

**Wkład autorów:**  
Według kolejności.

**Konflikt interesów:**  
Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

**Pracę nadesłano:** 19.03.2019  
**Zaakceptowano:** 15.05.2019

---

**ADRES DO KORESPONDENCJI:**

**Mateusz Bartczyk**  
Klinika Rehabilitacji i Medycyny Fizykalnej UM  
Pl. Hallera 1  
90-647 Łódź  
tel./fax: 42 6393064  
e-mail:mateusz.bartczyk@o2.pl



# Wpływ prądu TENS H na proliferację komórek nowotworowych w zależności od natężenia prądu w badaniach *in vitro*

## The influence TENS H Current Over Proliferation of Cancer Cells Depending on the Intensity in *in vitro* Assay

Marzena Pełczyńska<sup>1,2</sup>, Magdalena Milczarek<sup>1</sup>, Magdalena Maciejewska<sup>1</sup>, Joanna Wietrzyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Doświadczalnej Terapii Przeciwnowotworowej, Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN, Wrocław, Polska

<sup>2</sup>Wydział Przyrodniczo-Techniczny, Karkonoska Państwowa Szkoła Wyższa w Jeleniej Górze, Polska

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Wiedza na temat wpływu metod fizjoterapeutycznych na proces proliferacji komórek nowotworowych jest wciąż niewystarczająca. Zakłada się, że metody elektroterapeutyczne mogą przyspieszać proces nowotworowy. Dlatego też zastosowanie tych metod w leczeniu pacjentów po przebytej chorobie nowotworowej jest bardzo ograniczone. Niestety, w literaturze nie ma wielu wyników badań odnoszących się bezpośrednio do takich metod. Tym bardziej, że znacznie trudniej jest wykluczyć pronowotworową aktywność tych metod niż ją potwierdzić.

**Cel:** Celem badań było sprawdzenie hipotezy o pobudzającym wpływie prądu TENS na proliferację komórek nowotworowych w warunkach *in vitro*.

**Materiał i metody:** Badania przeprowadzono w oparciu o 96-godzinny test SRB proliferacji *in vitro* dla komórek linii nowotworowych: A549 (rak płuc); ES-2 (rak jajnika); HT29 (rak jelita grubego); MCF-7 (rak piersi). Komórki zostały poddane działaniu dawki prądu TENS H o parametrach: 0,1 mA i 1mA/ dołek, czas impulsu 100µs, symetryczny, częstotliwość 100 Hz, stała, czas ekspozycji 20 min w pojedynczej dawce po 24 godzinach lub w serii trzech ekspozycji po 24, 48 i 72 godzinach od początku eksperymentu.

**Wyniki:** Uzyskano niewielkie zmiany proliferacji w badanych komórkach. Żadna ze zmian nie była statystycznie istotna, w szczególności nie obserwowano istotnego statystycznie przyspieszenia proliferacji.

**Wnioski:** Ani pojedyncza ekspozycja na prąd TENS H, ani seria trzykrotnej ekspozycji nie powoduje istotnego przyspieszenia proliferacji komórek nowotworowych.

**Słowa kluczowe:** prąd TENS, proliferacja komórek nowotworowych, badania *in vitro*, elektroterapia, fizjoterapia, rehabilitacja

### SUMMARY

**Introduction:** The knowledge of influence physiotherapeutic method over proliferation process is insufficient. It is considered that electrotherapeutic methods could accelerate neoplastic process. Thus using this methods are very limited in treatment patients with cancer anamnesis. Unfortunately, there are in literature not a lot of results of base researches in this area. It is much more difficult to exclude possibility proneoplastic activity of this methods than confirm this action.

**Aim:** of the study is checking the influence of TENS current over proliferation of cancer cells in *in vitro* assay.

**Materials and Methods:** The following human cell lines were used- A549, ES-2, HT29, MCF-7. The cells were plated twenty-four hours before treatment. Then the cells were exposed to TENS H current (0,1 mV and 1mV), t imp.100µs; f 100Hz, constant; during 20 min. The *in vitro* cytotoxic effects were examined after 96h in SRB assay. In the other experiment there were three- times expositions – 24, 48 and 72 hours after the plated.

**Results:** In this assay it wasn't observed the acceleration of proliferation of cancer cells after single dose or triple dose expositions to TENS H current.

**Conclusion:** The TENS H current after repeated doses didn't accelerate proliferation of cancer cells in *in vitro* conditions.

**Key words:** TENS current, proliferation of cancer cells, *in vitro* assay, electrotherapy, physiotherapy, cancer, rehabilitation

## WSTĘP

Elektrolecznictwo należy do znaczących gałęzi medycyny fizykalnej. Obserwacja zjawisk elektrostatycznych była prowadzona już w starożytności. Natomiast odkrycia Galwaniego w XVIII wieku przyczyniły się do rozwoju badań nad wpływem elektryczności na zachowanie komórek, zarówno pobudliwych jak i niepobudliwych [1]. XX wiek przyniósł znaczny rozwój w zakresie metod fizykoterapeutycznych, a wśród nich elektrolecznictwa prądem zmiennym małej i średniej częstotliwości [2]. Zjawiska elektromagnetyczne towarzyszące działaniu prądu stałego i zmiennego na organizmy żywe są przedmiotem różnorodnych badań [1, 3]. Działanie takiego prądu charakteryzuje się ingerencją w przemiany wewnątrzkomórkowe i ogólnoustrojowe w zakresie elektrokinetycznym, elektrochemicznym i cieplnym ustroju [4]. Co więcej, mogą stać się przyczyną zmian w komórkach i tkankach, również poprzez działanie parakryne i endokryne organizmu.

Jednym z takich wciąż niedostatecznie poznanych procesów jest przemiana nowotworowa komórek zdrowych. Wśród podstawowych mechanizmów nowotworzenia wyróżniamy nadmierną proliferację komórek nowotworu. W toku wielu przemian komórki wydostają się spod wewnątrzkomórkowej kontroli podziału, jak również omijają mechanizmy immunologiczne służące wyeliminowaniu nieprawidłowo dzielących się komórek [5, 6]. Wskaźnik zahamowania proliferacji komórek nowotworowych pozostaje jednym z podstawowych wyznaczników aktywności przeciwnowotworowej nowobadanych leków [7, 8]. Pomimo wieloletnich badań naukowych, licznych i ważnych danych na temat powstania i rozwoju nowotworów wiele ścieżek jest nadal niepoznanych, gdyż jest to proces skomplikowany i zależny od wielu czynników. Niektóre czynniki zewnętrzne, jak dym tytoniowy, są bezsprzecznie odpowiedzialne za powstawanie chorób nowotworowych [9]. Co do wielu bodźców środowiskowych istnieją pewne przesłanki, co do innych są tylko przypuszczenia.

Do takich czynników należy elektroterapia. Z jednej strony istnieje obszerna literatura dotycząca zastosowań elektroterapii w leczeniu chorób nowotworowych. Należy tu wspomnieć o elektrochemioterapii, gdzie zastosowanie pola elektromagnetycznego przyczynia się do zwiększonej przepuszczalności błony komórek nowotworowych dla leków cytostatycznych [10, 11]. Bardzo obiecujące wydają się wyniki zastosowania nieodwracalnej elektroporacji znanej jako metoda NanoKnife [12, 13]. Jeszcze innymi parametrami pola elektromagnetycznego średniej częstotliwości (100 do 300 kHz) operuje się w przypadku zastosowań przeciwnowotworowych TTF (ang. *Tumor Treating Fields* – TTF). [1,14]. Coraz szerzej stosowane w onkologii pole elektromagnetyczne ma jednak ściśle określone parametry prądu i pola magnetycznego. Te parametry różnią się od tych wykorzystywanych w zabiegach fizykoterapeutycznych z udziałem prądu zmiennego niskiej częstotliwości (np. TENS) jak i średniej częstotliwości. Dotychczas w literaturze brak jest wyników badań wpływu zabiegów o tych dokładnie parametrach prądu zmiennego na proces nowotworzenia. Zatem brak wiedzy na ten temat powoduje ostrożność w stosowaniu elektroterapii w rehabi-

litacji osób po przebytych leczeniu z powodu choroby nowotworowej [15, 16]. Jako hipotezę zerową przyjmuje się, że zabiegi elektroterapeutyczne mogą inicjować lub przyspieszać proces rozrostu nowotworowego, jednak brak potwierdzenia tego założenia w literaturze przedmiotu. Niniejsza praca wychodzi naprzeciw tym oczekiwaniom i próbuje uzupełnić wiedzę na temat badań podstawowych. Istotnym problemem jest brak odniesień literaturowych w tym zakresie, co znacznie utrudnia przeprowadzenie dyskusji wyników. Brak jest możliwości odniesienia własnych wniosków do obserwacji innych autorów dotyczących badań działania prądu zmiennego niskiej częstotliwości o parametrach powszechnie używanych w fizykoterapii.

## CEL PRACY

Celem badań było sprawdzenie hipotezy o pobudzającym wpływie prądu TENS na proliferację komórek nowotworowych w warunkach *in vitro*.

## MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w oparciu o 96-godzinny test SRB proliferacji *in vitro* [7, 8, 17]. Test SRB jest kolorymetryczną metodą oceny ilości żywych komórek w hodowli. Podstawą tej metody jest zdolność wiązania się SRB (sulforodaminy B) z zasadowymi aminokwasami białek komórkowych (komórkowych makrocząstek) i tworzenia barwnych połączeń, które intensywnie absorbują światło w zakresie 500-550 nm. Pomiar spektrofotometryczny pozwala oznaczyć ilość białka związanego z SRB, a zatem daje możliwość oszacowania liczby żywych komórek. Komórki martwe linii adherentnych ulegają oderwaniu od podłoża płytek hodowlanych i zostają usunięte w trakcie pomiaru.

Badaniu poddane zostały komórki adherentnych ludzkich linii nowotworowych:

1. A549 – rak płuc
2. ES-2 – rak jajnika
3. HT29 – rak jelita grubego
4. MCF-7 – rak piersi

Wybrano nowotwory, których częstość występowania jest największa. Zatem próbowano zbadać wpływ prądu TENS na nowotwory stwarzające największe zagrożenie epidemiologiczne.

Testy przeprowadzono w 6-dołkowych płytkach płaskodennych. Do dołków nanoszono komórki zawieszono w medium hodowlanym (400 000 komórek/2ml medium/dołek) Po 24 godzinach do inkubowanych komórek dodawano 2 ml medium hodowlanego. Następnie komórki zostały poddane działaniu dawki prądu TENS H o parametrach: 0,1 mA i 1mA/dołek, czas impulsu 100µs, symetryczny, częstotliwość 100 Hz, stała, czas ekspozycji 20 min. Generowano prąd przy użyciu aparatu BTL 5625 Plus.

Jako kontrolę pozytywną zastosowano hodowlę komórkową poddaną działaniu układu elektrod bez podłączonego napięcia (KB) oraz hodowlę komórkową, w której uzupełniono tylko medium hodowlane (KA). Płytki kontrolne (KA) znajdowały się poza zasięgiem badanych czynników fizycznych. Kontrolą negatywną była hodowla poddana działaniu prądu stałego

o natężeniu 10 mA/ dołek. Po upływie 96 godzin od nałożenia komórek odczytywano wartości absorpcji badanych próbek przy długości fali 540 nm za pomocą czytnika do płytek BioTek Synergy H4 wyposażony w program Gen 5.

W kolejnym etapie badań zastosowano trzykrotne podanie komórek wpływowi takiego samego prądu TENS H o natężeniu 1mA/ dołek, czas ekspozycji 20 min. Ekspozycja miała miejsce po 24, 48 i 72 godzinach od założenia hodowli. Odczyt następował po 96 godzinach ekspozycji.

W każdym doświadczeniu próbki poddane działaniu jednakowej dawki prądu znajdowały się w trzech studzienkach. Doświadczenia powtarzano 3-5 razy.

Analizę statystyczną przeprowadzono jednowymiarowym testem wariancji ANOVA dla wszystkich efektów. Przeprowadzono statystykę podklas, a dla efektów pomiędzy poszczególnymi grupami badanymi a kontrolnymi przeprowadzono test t-Studenta. Za istotne statystycznie przyjęto  $p < 0,05$ . Analizę założeń przeprowadzono za pomocą testu Lavenęa badając normalność rozkładu i jednorodność wariancji.

## WYNIKI

Przy natężeniu 10mA prądu stałego uzyskano zahamowanie proliferacji od 95 do 98% – zatem przyjęto, że jest to wartość bodźca, która powoduje całkowite uszkodzenie komórek. Tę próbkę przyjęto jako kontrolę negatywną.

W badanych natężeniach prądu proliferacje komórek odnoszono do proliferacji w próbkach kontrolnych (kontrola pozytywna) – hodowli komórkowej, w której uzupełniono tylko medium hodowlane (KA) oraz hodowli komórkowej poddanej działaniu układu elektrod bez podłączonego napięcia (KB); Aby wyeliminować wpływy zjawisk towarzyszących przepływowi prądu na jednej płytce hodowlanej były tylko próbki poddane działaniu badanego prądu. Płytki kontrolne (KA) znajdowały się poza zasięgiem badanych czynników fizycznych.

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano niewielkie zmiany proliferacji w badanych komórkach. Żadna ze zmian nie była statystycznie istotna, w szczególności nie obserwowano istotnego statystycznie przyspieszenia proliferacji.

Odnosząc wyniki badań w stosunku do kontroli KA (hodowla niepoddawana manipulacjom związanym z badaniem) widać zwolnienie proliferacji. Największe po trzykrotnej ekspozycji dla komórek linii HT-29 – 13,4% +/- 3,7%. Świadczy to, że komórki hodowli *in vitro* są wrażliwe na wszelkie działania, które przerywają naturalny bieg hodowli komórkowej. Wnioskiem płynącym z tej obserwacji jest, że wyniki należy odnosić do kontroli, która została poddana manipulacjom, gdyż stwarza to warunki bardziej zbliżone do właściwego eksperymentu.

Wyniki dla pojedynczej ekspozycji na prąd TENS H w odniesieniu do kontroli KB zebrano w tabeli 1.

Na podstawie wyników zebranych w tabeli 1 można zauważyć, iż dla linii ES-2 (rak jajnika) i HT-29 (rak jelita grubego) nastąpiło pewne przyspieszenie proliferacji komórek nowotworowych, jednak zmiany te są nie tylko niewielkie odsetkowo, lecz również nieistotne statystycznie. Nie wydaje się,

**Tabela 1.** Zmiany w proliferacji komórek różnych linii nowotworowych w porównaniu do kontroli KB przy jednorazowej aplikacji prądu TENS H po 24 godzinach od rozpoczęcia testu.

Linia komórkowa	„+0,1 mA”		„+1,0 mA”	
	średnia	±	średnia	±
A549	-0,09	2,12	-5,94	9,12
ES-2	8,91	19,00	5,64	15,84
HT-29	1,50	0,10	-5,43	9,44
MCF-7	-4,03	0,58	-2,14	0,23

**Tabela 2.** Zmiany w proliferacji komórek różnych linii nowotworowych w porównaniu do kontroli KKB przy trzykrotnej aplikacji prądu TENS H w 24, 48 i 72 godzinie po rozpoczęciu testu

Linia komórkowa	„+1,0 mA”	
	średnia	±
A549	-0,15	2,43
ES-2	-0,22	0,52
HT-29	-1,79	0,67
MCF-7	0,86	0,46

aby miało to jakiegokolwiek przełożenie na przebieg zdarzenia w warunkach naturalnych. W pozostałych sytuacjach mamy zwolnienie proliferacji komórek nowotworowych. Niewielkie w wartościach bezwzględnych i nieistotne statystycznie. Dla komórek wszystkich linii za wyjątkiem komórek linii MCF-7 (rak piersi) większe jest zahamowanie proliferacji w przypadku większego zastosowanego natężenia prądu.

Również trzykrotna ekspozycja na prąd TENS H nie przynosi istotnego przyspieszenia proliferacji komórek nowotworowych (tab. 2). Widoczne są niewielkie oscylacje w odniesieniu do kontroli KB (komórki poddane manipulacji bez ekspozycji na prąd). Jednak w porównaniu do wyników po jednokrotnej ekspozycji widać, że trzykrotna ekspozycja powoduje niewielkie przyspieszenie proliferacji rzędu 3-5%, dla wszystkich linii komórkowych za wyjątkiem ES-2, gdzie obserwujemy większe, niż dla jednokrotnego podania, zahamowanie proliferacji. Tym niemniej nadal są to różnice bardzo niewielkie (ok. 5%). Wszystkie wyniki nie były statystycznie istotne.

## WNIOSKI

Pojedyncza ekspozycja na prąd TENS H przynosi bardzo niewielkie zmiany proliferacji, zazwyczaj jej zmniejszenie.

Trzykrotna ekspozycja również powoduje niewielkie zmniejszenie proliferacji, jednak w wartościach bezwzględnych mniejsze niż w przypadku ekspozycji jednokrotnej.

*Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr UMO-2012/05/D/NZ7/02263*

## Piśmiennictwo

1. Funk RH, Monsees T, Ozkucur N. Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. *Prog Histochem Cytochem*. 2009;43(4):177-264.
2. Kasprzak W, Mańkowska A. Fizykoterapia, w: Kasprzak W. (red.), *Fizjoterapia Kliniczna*. PZWL. Warszawa 2011.
3. Cifra M, Fields JZ, Farhadi A. Electromagnetic cellular interactions. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011;105(3):223-46.
4. Straburzyńska-Lupa A, Lupa G. *Fizjoterapia z elementami klinicznymi*. PZWL. Warszawa 2008.
5. Chorąży M, Dux K. (1995): *Wprowadzenie do biologii nowotworów*. Kosmos. 1995;44:259-277.
6. Ścibior-Bentkowska D, Czczot H. Cancer cells and oxidative stress. *Postępy Hig Med Dosw (Online)*. 2009;23(63):58-72.
7. Skehan P, Storeng R, Scudiero D, Monks A, McMahon J, Vistica D, Warren JT, Bokesch H, Kenney S, Boyd MR. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer-drug screening. *J. Natl. Cancer Inst*. 1990;82:1107-112.
8. Puszek A, Brzuszkiewicz A, Jezierska J, Adach A, Wietrzyk J, Filip B, Pełczyńska M, Cieslak-Golonka M. Systematic coordination chemistry and cytotoxicity of copper(II) complexes with methyl substituted 4-nitropyridine N-oxides. *J Inorg Biochem*. 2011;105(8):1109-14.
9. Krzakowski M. *Onkologia kliniczna tom I*. Borgis. Warszawa 2001.
10. Cemazar M, Miklavcic D, Mir LM, Belehradek JJr, Bonnay M, Fourcault D, Sersa G. Electrochemotherapy of tumours resistant to cisplatin: a study in a murine tumour model. *Eur J Cancer*. 2001;37(9):1166-72.
11. Sersa G, Miklavcic D, Cemazar M, Rudolf Z, Pucihar G, Snoj M. Electrochemotherapy in treatment of tumours. *Eur J Surg Oncol*. 2008;34(2):232-40.
12. Rubinsky B, Onik G, Mikus P. Irreversible electroporation: a new ablation modality—clinical implications. *Technol Cancer Res Treat*. 2007;6(1):37-48.
13. Davalos RV, Mir LL, Rubinsky B. Tissue ablation with irreversible electroporation. *Ann Biomed Eng*. 2005;33(2):223-31.
14. Tuszynski JA, Wenger C, Friesen DE, Preto J. An Overview of Sub-Cellular Mechanisms Involved in the Action of TFields. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(11). pii: E1128.
15. Woźniewski M. *Rehabilitacja medyczna w onkologii*, w: Woźniewski M (red.) *Rehabilitacja w onkologii*. Elsevier Urban & Partner. Wrocław 2010.
16. Gomez I, Szekanecz É, Szekanecz Z, Bender T. Physiotherapy of cancer patients. *Orv Hetil*. 2016;157(31):1224-31.
17. Marcinkowska E, Kutner A, Radzikowski C. Cell differentiating and anti-proliferative activity of side-chain modified analogues of 1,25-dihydroxyvitamin D3. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1998;67:71-78.

## Wkład autorów:

Według kolejności

## Konflikt interesów:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów

**Pracę nadesłano:** 16.02.2019

**Zaakceptowano:** 18.04.2019

---

## ADRES DO KORESPONDENCJI:

### Marzena Pełczyńska

Wydział Przyrodniczo-Techniczny  
Karkonoska Państwowa Szkoła Wyższa w Jeleniej Górze  
ul. Lwówecka 18  
58-503 Jelenia Góra,  
tel.: 500 541 228  
e-mail: pelczynska@poczta.kpswjg.pl



# Powstanie i ewolucja kąpeli perełkowych

## Origin and Development of the Pearl Baths

Maciej Kochański<sup>1</sup>, J. Wiesław Kochański<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Polska

<sup>2</sup>Wyższa Szkoła Fizjoterapii z siedzibą we Wrocławiu, Polska

### STRESZCZENIE

Druga połowa dziewiętnastego wieku to okres intensyfikacji prac nad stworzeniem sztucznych kąpeli zbliżonych swoim oddziaływaniem do zabiegów z wykorzystaniem wód leczniczych. Pierwszym czynnikiem gazowym wprowadzanym do kąpeli było CO<sub>2</sub>. Intensywne badania na początku dwudziestego wieku nad wykorzystaniem w kąpeli innych gazów przyczyniły się do powstania i wyodrębnienia kąpeli z użyciem powietrza atmosferycznego. W ponad stuletniej historii kąpeli perełkowych największe zmiany dotyczą ewolucji urządzeń związanych z postępem technologicznym.

**Słowa kluczowe:** hydroterapia, kąpiel perełkowa

### SUMMARY

The second half of the nineteenth century was the time of wide research in subject of artificial baths giving the effects similar to the natural treatments with healing waters. The first gaseous factor used in the baths was CO<sub>2</sub>. Intensive experiments to put upon other gases to the baths concurred to invention and distinct the baths with the atmospheric gases usage. During the more than centennial history of the pearl baths, the most significant development concerns the evolution of equipment related to technological progress.

**Key words:** hydrotherapy, pearl bath

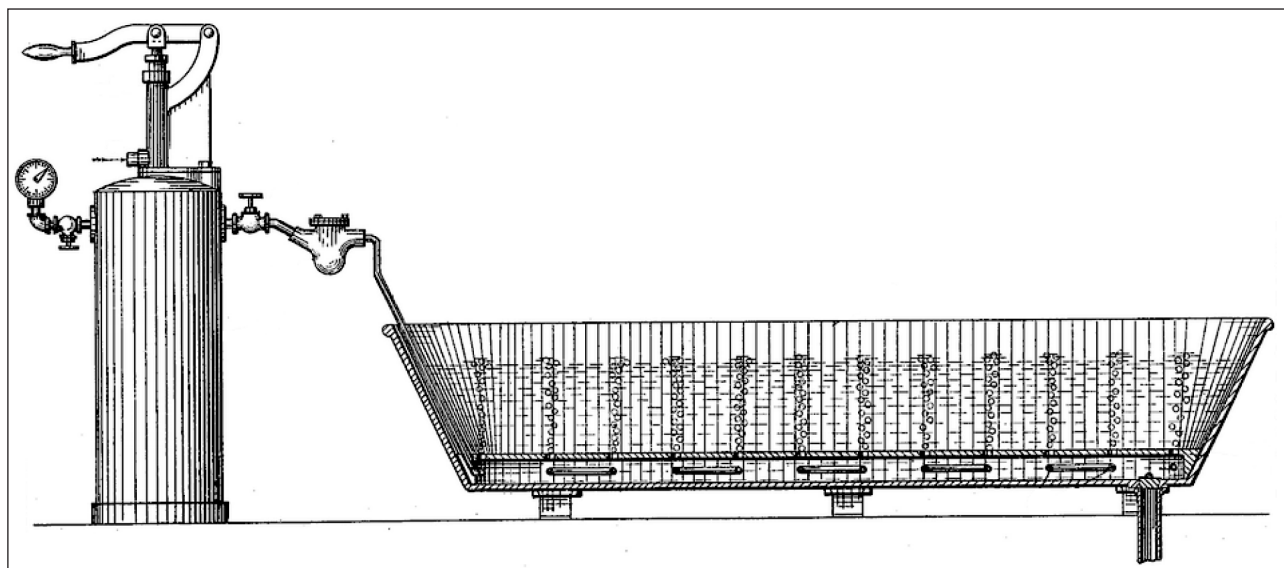
Acta Balneol, TOM LXI, Nr 3(157);2019:217-222

Druga połowa XIX wieku stanowi okres dynamicznego rozwoju lecznictwa uzdrowiskowego, balneologii i przyrodolecznictwa opartych na badaniach wybitnych autorzytów naukowych. Analiza chemiczna naturalnych tworzyw balneologicznych, obserwacja reakcji osób poddawanych zabiegom oraz publikowanie wyników w medycznych periodykach przyczyniły się do normalizacji parametrów zabiegowych, jak również opracowania nowych wskazań i przeciwwskazań. Tworząca się moda na „podróże do wód” zaowocowała powstawaniem coraz większej ilości zdrojowisk, również klimatycznych, nieposiadających własnych tworzyw balneologicznych. Prawdopodobnie ten fakt, jak również powstające zakłady hydroterapeutyczne oraz chęć zapewnienia kontynuacji terapii uzdrowiskowej przyczyniły się do próby stworzenia sztucznych kąpeli zbliżonych swoim oddziaływaniem do kąpeli na bazie naturalnych wód leczniczych. Najprostszą formą sztucznych kąpeli leczniczych były kąpiele chlorkowo-sodowe. Już na początku drugiej połowy XIX wieku rozpoczęły się próby stworzenia sztucznych kąpeli kwasowęglowych. Ponadto zaczęto wprowadzać nowe elementy hydroterapeutyczne celem rozszerzenia wa-

charza usług leczniczych. Najczęściej pod postacią kąpeli tak zwanych bąbelkowych, wytwarzanych w coraz bardziej różnicowany sposób.

Obecnie stosowane kąpiele perełkowe wywodzą się z prób stworzenia w XIX wieku sztucznych kąpeli z wykorzystaniem czynnika gazowego, zbliżonych do oddziaływania naturalnych wód wodorowęglanowych. W 1865 roku Carl Herman Schultz (1827-1897) oraz Thomas Warker opatentowali urządzenie składające się z butli ciśnieniowej wypełnionej gazem (główny czynnik CO<sub>2</sub> lub powietrze), oraz przewodu łączącego i rusztu z rurek z małymi otworami [1].

Kolejnym nowatorskim pomysłem był opatentowany w 1888 roku aparat do celów kąpielowych Franka C. F. Knaaka, który był zdecydowanie bardziej skomplikowanym urządzeniem. Składało się ono z butli wypełnionej sprężonym powietrzem, CO<sub>2</sub> (lub innymi gazami), zaworem bezpieczeństwa oraz specjalnego pojemnika (mieszalnika), do którego można było dodawać różne preparaty w celu zmiany właściwości gazu podawanego do kąpeli. Sprężone powietrze lub gaz doprowadzano przewodami do dysz membranowych w tak zwanym „drugim dniu wanny” – czyli



Rycina 1. Aparat do celów kąpielowych F.C.F. Knaacka z 1888 roku [2]

perforowanej płycie na dnie wanny zmniejszającej średnicę pęcherzyków [2].

W 1901 roku berliński lekarz Ludwig Von Orth (1862-1921) zafascynowany odkryciem w 1895 roku przez Wilhelma Conrada Röntgena (1845-1923) nowego typu promieniowania zbudował, a następnie opatentował w 1903 roku urządzenie łączące kąpiel gazową (z wykorzystaniem sprężonego powietrza lub  $\text{CO}_2$ ) z naświetlaniem promieniami X. Wanna składała się ze stelażu pokrytego materiałem, który powodował zmniejszenie wielkości pęcherzyków gazu, jednak najistotniejszym elementem było przezroczyste okno, przez które do kąpeli wprowadzano specjalną lampą promienie X. Promienie X odbijając się od pęcherzyków gazu miały dodatkowo napromieniowywać ciało osoby spoczywającej w wannie [3].

Na przełomie XIX i XX wieku nastąpiła intensyfikacja prac nad preparatami i urządzeniami do kąpeli gazowych. W okresie tym pojawiają się na rynku preparaty chemiczne, najczęściej dwuskładnikowe, które w wyniku reakcji chemicznej wytwarzały w kąpeli pęcherzyki  $\text{CO}_2$ . Zwiększająca się moda na ten rodzaj zabiegów zwróciła uwagę producentów, jak i świata medycznego na oddziaływanie  $\text{CO}_2$  na organizm, oraz na niepożądane skutki uboczne zabiegów. Efektem ubocznym tych kąpeli było narażenie pacjenta na zatrucie  $\text{CO}_2$  [4].

Prawdopodobnie efekty uboczne sztucznych kąpeli  $\text{CO}_2$  przyczyniły się do stworzenia kąpeli gazowych z pęcherzykami  $\text{O}_2$ . I w tym przypadku bazowano na preparatach dwuskładnikowych [5]. W 1904 roku Sarason na łamach *Deutsche Medizinische Wochenschrift* opisał w artykule „Ueber moussierende Sauerstoffbäder” („O musujących kąpielach tlenowych”) uspokajające oddziaływanie tych zabiegów [6]. Sarason pracował też nad urządzeniem do kąpeli leczniczych, opatentowanym w 1908 roku, zbudowanym z rusztu z wieloma elektrodami, przez który przepuszczał prąd w celu wytworzenia tlenu w procesie elektrolizy wody,

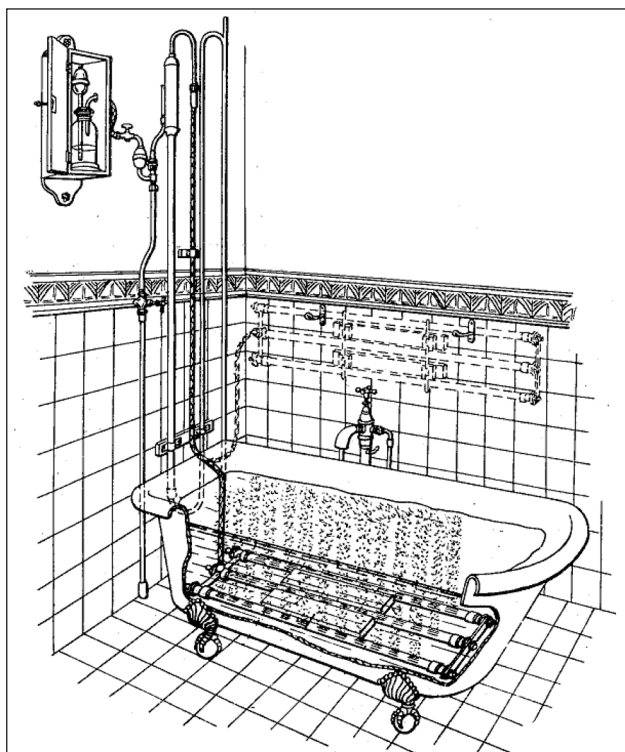
jednak w krótkim czasie wrócił do pracy nad udoskonaleniem wodnych kąpeli tlenowych wytwarzanych w procesie chemicznym, wykorzystując nadboran sodu ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_8 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) i pirofosforan sodu ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), co opisał w 1909 roku w *Deutsche Medizinische Wochenschrift* w doniesieniu „Ueber eine wesentliche technische Verbesserung meiner Ozet-Bäder” („O znaczącym ulepszeniu technicznym moich kąpeli Ozet”) [5, 7-10].

Wśród osób, które rozpoczęły badania nad różnicami efektów i oddziaływania sztucznych wodnych kąpeli węglowych i tlenowych był między innymi internista, balneolog, profesor hydroterapii August Laqueur (1875-1954), który w 1907 roku potwierdził spadek ciśnienia tętniczego po kąpeli tlenowej [8, 11].

Wraz z ewolucją preparatów do sztucznych kąpeli gazowych cały czas trwały prace nad urządzeniami wprowadzającymi gaz do wody w sposób mechaniczny. Na przełomie XIX i XX wieku prowadzono wiele badań w zakresie stosowania i wytwarzania tak zwanych kąpeli bąbelkowych. Ukazało się wiele publikacji oraz patentów na wytwarzanie kąpeli bąbelkowych i odpowiedniej aparatury do ich wytwarzania. Już w 1901 roku firma Jacob & Serenyi z Berlina skonstruowała urządzenie do napowietrzania powietrzem atmosferycznym zbiorników wodnych, do transportu ryb i do kąpeli terapeutycznych. Szczególnie interesujące było rozwiązanie dotyczące budowy pierwszych wersji rusztu do perlenia wody powietrzem lub innym czynnikiem gazowym, w których wykorzystano naturalny materiał – ratan. Ze względu na budowę ratanu związaną z podłużnymi wolnymi przestrzeniami i przepuszczalną dla gazów strukturą zewnętrzną, roślina ta nadawała się idealnie, jako dystrybutor drobnych pęcherzyków powietrza w kąpeli. W kolejnych latach Alois Serenyi, Ernst Jacob, Franz Jacob i Arthur Alexander rozwijali swoje urządzenia, stosując też bambus, opatentowując nowe wersje w 1907 i w 1908 roku [5, 12, 13].

Za początek powstania kąpeli perelkowych uważa się rok 1909, kiedy to Hermann Senator (1834-1911) i A. Schnütgen opublikowali swoje badania dotyczące perlenia wody w kąpeli leczniczej przy zastosowaniu tlenu,  $\text{CO}_2$  oraz powietrza atmosferycznego. Kąpiele z zastosowaniem powietrza atmosferycznego nazwali kąpielami perelkowymi. Zabieg polegał na pompowaniu powietrza atmosferycznego za pomocą pompy powietrza, do umieszczonej na dnie wanny wkładki z płyty ratanowych pasków [14]. Na początku badań system napowietrzania oparty był na aparaturze wykorzystującej kompresyjne oddziaływania przepływającej wody przez układ rur. Efektywniejszym systemem napowietrzania okazało się zastosowanie kompresora zasilanego prądem elektrycznym, który był w stanie obsługiwać trzy ruszty do kąpeli perelkowych jednocześnie [5, 12-14]. Wyniki badań potwierdziły różnice w reakcjach fizjologicznych między kąpielami z  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$ , natomiast kąpiele wodne z tlenem i powietrzem dawały zbliżone reakcje. Artykuł Senatora i Schnütgena „Über Luftsprudelbäder” („O kąpeli perelkowej”), podsumowujący roczne badania potwierdził różnice w oddziaływaniu między kąpielami z  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  czy powietrzem atmosferycznym. Stał się też przyczynkiem do szybkiego rozwoju kąpeli perelkowych z wykorzystaniem powietrza atmosferycznego, które zdecydowanie były tańsze niż chemiczne kąpiele tlenowe przy użyciu preparatów dwuskładnikowych [5, 14-16].

Publikacja Senatora i Schnütgena stała się kołem zamachowym pobudzającym chęć zastosowania mechanicznych kąpeli z użyciem sprężonego powietrza określane, jako kąpiel perelkowa w zakładach hydroterapeutycznych, w uzdrowiskach oraz w prywatnych łazienkach. Jednym z najpopularniejszych



Rycina 2. Dystrybutor do kąpeli powietrznych Ernsta Webera-Stierlinga z 1911 roku [17]

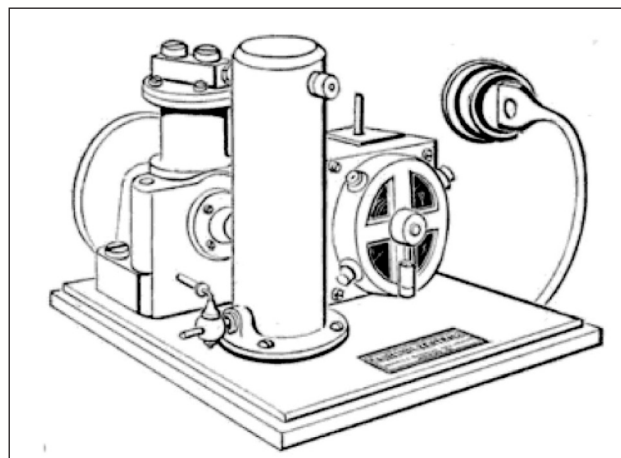
urządzeń w drugiej dekadzie XX wieku był aparat zgłoszony w urządzenie patentowym 7 lipca 1910 roku przez Ernsta Webera-Stierlinga (1866-1930). Jego patent dystrybutora gazu w kąpeli zatwierdzony w 1911 roku, uważany jest często, jako pierwowzór techniczny kąpeli perelkowych [17, 18].

W krótkim czasie kolejni konstruktorzy podjęli próbę modyfikacji aparatu Webera. Już w 1912 roku Andreas Walther Leuschner konstruuje urządzenie do kąpeli gazowych. W urządzeniu Leuschnera powietrze było dostarczane z wodą nawet pod ciśnieniem 3 atmosfer, tworząc mieszanke powietrzną, co obecnie jest często używane w wielu urządzeniach szczególnie w ośrodkach Wellness & Spa [19].

W latach 20. XX wieku system Webera napowietrzania kąpeli został stopniowo wyparty przez łatwiejsze w użyciu kompresory. Również w uzdrowiskach i zakładach hydroterapeutycznych przy dużych klinikach pojawiły się urządzenia (agregaty napowietrzające) umożliwiające obsługę kilku, lub kilkunastu stanowisk zabiegowych. Przykładem tego rozwiązania było zastosowanie kompresora w uzdrowisku Łądek-Zdrój (Bad Landeck) w zakładzie przyrodolecznictwa Wojciech (dawniej Marienbad) [11, 18].

Do końca lat trzydziestych można zaobserwować znaczący postęp w wiedzy dotyczącej reakcji organizmu na różne formy kąpeli gazowych i wyraźne rozdzielanie oddziaływania czynników gazowych, takich jak  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , powietrze atmosferyczne i innych (na przykład radon). Również urządzenia do sztucznych kąpeli ulegają stałym, niewielkim modyfikacjom dotyczącym głównie systemu rozprowadzania pęcherzyków powietrza, tak zwanego rusztu.

Szczególnie interesującym rozwiązaniem był aparat do celów kąpielowych stworzony w drugiej połowie lat dwudziestych XX wieku i opatentowany w 1929 roku przez Gustava Adolfa Bruggmanna. Najważniejszym elementem wynalazku Bruggmanna był element umożliwiający połączenie pomiędzy dystrybutorem a wylotem dmuchawy odkurzacza. Zastosowanie odkurzacza jako pompy, według autora pomysłu, obniżało ponad pięciokrotnie koszt zastosowania zabiegu w domu w stosunku do systemów przepływowych Webera, czy wciąż dużych i ciężkich kompresorów [11, 18, 20].



Rycina 3. Kompresor do napowietrzania kąpeli z lat trzydziestych XX wieku [18]



W okresie II Wojny Światowej wyraźnie zmniejszyła się intensyfikacja badań w dziedzinie wynalazczości, choć i w tym czasie pojawiły się patenty, głównie w Stanach Zjednoczonych. Ponowny wzrost zainteresowania tworzeniem nowych urządzeń do kąpeli perełkowych obserwujemy od lat pięćdziesiątych XX wieku, który trwa do dnia dzisiejszego. Na początku lat pięćdziesiątych Alexander Rubin z Tel Awiw wymyślił nowy typ rusztu do kąpeli perełkowych zapewniający lepszą dystrybucję pęcherzyków gazowych, który opatentował w 1953 roku. Ruszt składał się z trapezowych elementów, natomiast otwory umieszczone zostały na górnych i bocznych powierzchniach zwiększając tym samym liczbę i pojemność rozprowadzanych pęcherzyków powietrza w kąpeli [21].

Postęp technologiczny dotyczący nowych materiałów, szczególnie kauczuku syntetycznego stworzonego przez Fritza Hofmanna (1866-1956), syntetycznego kauczuku polibutadienowego opracowanego przez Siergieja Lebediewa (1874-1934) i tworzyw sztucznych wpłynął na zdecydowanie na wielkość, szybkość produkcji i obniżenie kosztów końcowych. Przenośne urządzenia do kąpeli perełkowej stały się dostępne dla szerszego grona odbiorców, a stale zwiększająca się ilość gospodarstw domowych posiadających własne łaźienki zwiększyła popyt na tego typu urządzenie. Odpowiedzią było stworzenie stosunkowo tanich, lekkich i mobilnych urządzeń. W krótkim czasie pomysł Bruggmanna z 1929 roku na wykorzystanie odkurzacza, jako źródła sprężonego powietrza znalazł kolejnych naśladowców. Już w 1958 roku Clarence R. Munroe zgłosił patent mobilnego, lekkiego, praktycznego urządzenia do hydromasażu w warunkach domowych składającego się z trzech sekcji zbudowanych z perforowanych rurek umieszczonych w osłonie z tworzywa sztucznego, połączonych gumowymi łącznikami, co umożliwiało przechowywanie go w formie złożonej. Przewód zasilający posiadał końcówkę umożliwiającą podłączenie go do dyszy wylotowej odkurzacza. W 1971 roku James L. Frazier i Sara J. Frazier opatentowali prosty ruszt do kąpeli perełkowej. Składał się z półkolistych elastycznych perforowanych przewodów dopasowanych do dna wanny zakończony łącznikiem dopasowanym do odkurzacza. Zbliżone pod względem budowy do patentu Frazierów urządzenie było dostępne również w Polsce. Półprzezroczysta elastyczna perforowana rurka wyposażona była w przysawki umożliwiające umocowanie go do dna lub boków wanny. Rurka z jednej strony była zaślepiona, natomiast z drugiej strony posiadała gumową stożkową końcówkę idealnie pasującą do dyszy wylotowej odkurzacza Zelmer Typ 251 [22-24].

Pierwsze elastyczne maty, będące prekursorem obecnie stosowanych, powstały na początku lat sześćdziesiątych XX wieku. Projekt Lawrence A. Bogara wykorzystywał w tym celu uformowaną z gumy jednoczęściową integralną konstrukcję zawierającą wiele podłużnych kanałów powietrznych z systemem otworów. Kanały powietrzne na jednym końcu maty podłączone były do kolektora umożliwiającego przyłączenie do urządzenia wytwarzającego wydajny strumień powietrza o niskim ciśnieniu. Mata charakteryzowała się łatwością dopasowania do wanny, a system mocowania opierał się na przysawkach lub magnesach albo kompilacji obu wariantów.

Nad podobnymi rozwiązaniami w tym okresie pracował Walter Frenkel, który od końca lat pięćdziesiątych tworzył patenty urządzeń terapeutycznych. Szybki rozwój automatyki w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych przyczynił się do stosowania sterowników w urządzeniach medycznych i terapeutycznych. W 1983 roku Frenkel opatentował aparat generujący sprężone powietrze do systemów kąpeli bąbelkowych z cyfrowym wyświetlaczem operacyjnym sterowanym mikroprocesorem z programem operacyjnym. Urządzenie to pozwalało na odczytywanie i wyświetlanie temperatury wody w wannie lub wilgotności powietrza, które mierzone były za pomocą odpowiednich czujników w wannie lub w samym generatorze sprężonego powietrza. Mikroprocesor pozwalał na automatyczną regulację temperatury kąpeli dzięki funkcji termostatu, a także regulację prędkości silnika dmuchawy i cykle zmiany intensywności.

Nad doskonaleniem urządzeń pracował również Wolf Gerhard Frenkel. Firma Dr. Frenkel jest chyba najbardziej rozpoznawalną marką na rynku mat do kąpeli perełkowych i ozonowych produkując modele do ośrodków leczniczych, odnowy biologicznej, Wellness & Spa, czy dla przeciętne-nabywcy, a wieloletnia współpraca firmy z potentatami technologicznymi takimi jak Siemens czy Bosch zapewnia wysoką jakość urządzeń [26-28].

Obecnie popularne są również wanny z wbudowanym systemem kąpeli perełkowych lub wielofunkcyjne zintegrowane urządzenia, które oprócz kąpeli perełkowych zapewniają masaż strumieniem wody, masaż mieszkanką wodno-powietrzną, chromoterapię, etc. Pierwsze próby stworzenia zespołonych urządzeń tego typu sięgają drugiej połowy XIX wieku i wcześniej wspomnianego aparatu do celów kąpielowych Knaaka z 1888 roku. Jednak dopiero postęp technologiczny dotyczący używanych materiałów kompozytowych, w tym włókna szklanego, który rozwinął się po II Wojnie Światowej, wpłynął na rozwój, ewolucję i masowe stosowanie obecnie tego typu urządzeń. Początki nowoczesnych urządzeń hydroterapeutycznych wykorzystujących kąpiel perełkową lub perlenia strumienia wody związane są z tworzeniem syste-



Rycina 4. Mata do kąpeli perełkowej i ozonowej MegaWhirl firmy Dr. Frenkel [25]



mów do masażu podwodnego stałego, określanego też jak kąpiel wirowa. Jednym z pierwszych urządzeń tego typu był aparat do kąpeli wykorzystujący strumień wody z pęcherzykami powietrza konstrukcji z 1912 roku Andreasa Walthera Leuschnera, czy konstrukcja z 1917 roku Johna Vaudreuila, propagatora między innymi zmywarek do naczyń [2, 19, 29, 30]. Odmiernym nieco urządzeniem, łączącym hydroterapię z kinezyterapią był tank Hubbarda (wanna motylkowa) opracowana w 1924 roku przez amerykańskiego ortopeda Leroya Watkina Hubbarda (1857-1938) zajmującego się osobami dotkniętymi schorzeniami neurologicznymi w tym chorobą Heinego-Medina. W wannie motylkowej terapię prowadzono głównie w płaszczyźnie poziomej w formie ćwiczeń w odciążeniu i ćwiczeń w odciążeniu z niewielkim oporem wody. Większość wanien motylkowych zaopatrzonych jest w mobilny tangentor do masażu podwodnego strumieniem wody lub strumieniem wody z perleniem. Urządzenie to stosowane do dnia dzisiejszego, było szczególnie popularne w okresie II Wojny Światowej i w okresie powojennym do rehabilitacji kombatantów [19, 30-33].

Na rozwój nowoczesnych urządzeń hydroterapeutycznych i ich popularyzację znaczący wpływ miała rodzina Jacuzzi. Po emigracji do Stanów Zjednoczonych z spośród trzynastu dzieci ich siedmiu synów zainteresowało się techniką i tworzeniem patentów z zakresu lotnictwa oraz pomp przemysłowych. W latach pięćdziesiątych Candido Jacuzzi (1903-1986) ze względu na zdiagnozowanie u swojego syna Kena Jacuzzi (1941-2017) młodzieńczego idiopatycznego zapalenia stawów (Juvenile Idiopathic Arthritis) zajął się opracowaniem prostego mobilnego urządzenia, które można było z łatwością wykorzystywać zarówno w szpitalach, jak i w warunkach domowych. Podsumowaniem wieloletniej pracy było zgłoszenie w 1954 roku patentu US2738787A i uzyskanie zgody w 1956 roku na stosowanie aparatu znanego na rynku, jako pompa do zabiegów hydroterapeutycznych J-300. Do szybkiej popularyzacji tego urządzenia, które masowo zaczęto wykorzystywać nie tylko do celów rehabilitacyjnych, przyczyniła się również reklama w telewizji amerykańskiej [34-37].

Koniec lat sześćdziesiątych i lata siedemdziesiąte to intensywny okres prac nad unowocześnieniem systemów i urządzeń hydroterapeutycznych. W rozwoju tej formy profilaktyki, relaksacji i terapii znowu zapisała się rodzina Jacuzzi. To właśnie pod koniec lat sześćdziesiątych Candido Jacuzzi pracuje nad dyszami wodnymi z perleniem wbudowanymi w ściany wanien terapeutycznych, projekt ten rozwijał następnie Roy Aldo Jacuzzi. Doświadczenia te zostały wykorzystane również w projektowaniu i budowie wieloosobowych wanien z systemem podgrzewania znanych jako Hot Tub [30, 36, 38].

W okresie tym pojawił się ciekawy patent zespolonej wanny do kąpeli perełkowych składającej się z podwójnych ścian, co umożliwiała rozprowadzenie przewodów powietrznych do perforowanego górnego dna. Wanna została opatentowana przez węgierskiego konstruktora Edmonda Bordeaux Szekely (1905-1979) założyciela w 1928 roku International Biogenic Society (Międzynarodowe Towarzystwo Biogenne). Szekely, zwolennik zdrowego trybu życia i hydroterapii, był również założycielem w 1940 roku obozu terapeutycznego - Rancho la

Puerta w Baja California w Meksyku, który w kolejnych latach rozrósł się do ośrodka leczniczego, obecnie funkcjonujący, jako rodzinny ośrodek Wellness & Spa. W Europie również trwały prace nad tego typu aparatami. Najbardziej znanym producentem jest firma Unbescheiden GmbH z Baden Baden. Unbescheiden założona w 1869 roku zaopatrywała uzdrowiska w całej Europie w urządzenia kąpielowe i do uzdatniania wody, obecnie jest dominującą firmą produkującą medyczny sprzęt hydroterapeutyczny. Ciekawostką jest, że wiele z pierwszych modeli nowoczesnych wanien do hydroterapii firmy z Baden Baden wyposażonych było w pompy obiegowe z zakładu produkcji pomp w Radwanicach koło Wrocławia [36, 40].

W latach osiemdziesiątych zastosowanie sterowników w urządzeniach medycznych i terapeutycznych przyczyniło się do dalszej ewolucji wanien hydroterapeutycznych. Obecnie produkowane wanny posiadają nawet ponad 200 dysz służących do masażu strumieniem wody, masażu mieszkanką wodno-powietrzną czy kąpeli perełkowych, a system sterowania pozwala wyodrębnić każdy z zabiegów osobno lub zastosować je łącznie w różnych kompilacjach. Nowoczesny design zdecydowanie zachęca do skorzystania z zabiegu, a ergonomiczne wykorzystanie powierzchni zabiegowej pozwala zmniejszyć koszty związane z zużyciem wody. Wanny tego typu coraz częściej stosuje się w zakładach leczniczych, w uzdrowiskach, a w ośrodkach Wellness & Spa stanowią jedno z podstawowych wyposażań. Najpopularniejszym modelem wielofunkcyjnych wanien w polskich uzdrowiskach ze względu na stosunkowo niską cenę i oszczędność w zużyciu wody jest seria wanien Magellan oferowana przez Technomex z Gliwic. Przy stosowaniu kąpeli perełkowych nadal stosuje się też tradycyjne ruszty z pompami, które zapewniają prawidłowe dawkowanie zabiegu, a dzięki swojej prostocie są łatwe w obsłudze, konserwacji i wykazują się małą awaryjnością.

## Piśmiennictwo

1. Patent US 50499 A. Improvement in bathing apparatus. Sohultz C, Warker T. 1865.
2. Patent US 377394 A. Apparatus for bathing purposes. Knaak FCF. 1888.
3. Patent US 743025 A. Means for introducing gases into bath fluids. Von Orth L. 1903.
4. Lazarus P. Neunter Jahresbericht über die Anwendung der physikalischen Heilmethoden in der I. medizinischen Klinik Und Poliklinik. Charite-Annalen. 1907;31:42-58.
5. Tornai J. A szívbetegség fizikai orvoslásmódjai. Orvosi Hetilap. 1908;52(50):911-913.
6. Sarason L. Ueber moussierende Sauerstoffbäder. Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1904;30(45):1650-1651.
7. Laqueur A. Ueber Sauerstoffbäder (Sarasonsche Ozetbäder). Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1907;33(1):26.
8. Sarason L. Ueber eine wesentliche technische Verbesserung meiner Ozetbäder. Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1909;35(41):1795.
9. Patent US 879326 A. Process of and apparatus for preparing effervescing baths. Sarason L. 1908.
10. Patent US 1000298 A. Preparation for slowly liberating oxygen. Sarason L. 1911.
11. Laqueur A, Kowarschik J. Die Praxis der Physikalischen Therapie. Ein Lehrbuch für Ärzte und Studierende. Verlag von Julius Springer. Wiens 1937.

12. Patent GB 190628393 A. Apparatus for Passing Air or other Gas into Water or other Liquid. Serenyi A, Alexander A, Jacob E, Jacob F. 1907.
13. Patent GB 190802613 A. Apparatus for Passing Air or other Gas into Water or other Liquid. Jacob F, Jacob E, Alexander A, Serenyi A. 1908.
14. Senator H, Schnütgen A. Über Luftsprudelbäder. Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1909;35(35):1506-1508.
15. Volk R, Winter F. Lexikon der Kosmetischen Praxis. Verlag von Julius Springer. Wien 1936.
16. Arends G. Spezialitäten und Geheimmittel: Aus den Gebieten der Medizin, Technik Kosmetik und der Nahrungsmittelindustrie. Ihre Herkunft und Zusammensetzung. Verlag von Julius Springer. Berlin 1924.
17. Patent US 1003302 A. Gas-distributing device. Weber E. 1911.
18. Liebesny P. Hydrotherapie im Hause des Kranken. Julius Springer. Vienna 1932.
19. Patent US 1034919 A. Production of aerated baths. Leuschner AWL. 1912.
20. Patent US 1716109 A. Apparatus for bathing purposes. Bruggmann GA. 1929.
21. Patent US 2637541 A. Device for distributing air, gas, or the like in liquids. Rubin A. 1953.
22. Röker KD. Die ersten Versuche zum Einsatz von künstlichem Kautschuk. Geschichte der Chemie. 2007;19:199-216.
23. Patent US 2921579 A. Hydro-massage appliance. Munroe CR. 1960.
24. Patent US 3556089 A. Hydrotherapy conduit for bathtub. Frazier JL, Frazier SJ. 1971
25. <https://dr-frenkel.pl/12-maty-ozonowe>.
26. Patent US 3076976 A. Liquid aerating and agitating device. Bogar LA. 1963.
27. Patent DE 43209635 A1. Compressed air generating unit for air bubble bathing systems with digital operating display and microprocessor-controlled operating program. Frenkel W. 1983.
28. <https://shop.mag-frenkel.com>
29. Kochański JW, Kochański M. Hydroterapia. [W:] Ponikowska I, Kochański JW. (red.): Wielka Księga Balneologii, Medycyny Fizykalnej i Uzdrawiskowej. Aluna, Konstancin-Jeziorna 2017:393-426.
30. Patent US 1246190 A. Bath-tub. Vaudreuil J. 1917.
31. Kochański JW, Kochański M. Medycyna Fizykalna. Technomex. Gliwice 2009.
32. Kochański JW. Lecznictwo uzdrawiskowe. Wyższa Szkoła Fizjoterapii. Wrocław 2008.
33. Kochański M. Kinezyterapia. [W] Ponikowska I, Kochański JW (red.): Wielka Księga Balneologii, Medycyny Fizykalnej i Uzdrawiskowej. Aluna, Konstancin-Jeziorna. 2017: 559-587.
34. <https://www.atlasobscura.com/articles/a-hot-take-on-the-steamy-history-of-the-jacuzzi>
35. <https://www.jacuzzi.co.uk/jacuzzi-world/history>
36. Jacuzzi K, Holloway D. Jacuzzi: A Father's Invention to Ease a Son's Pain. luniverse. Bloomington 2011.
37. Patent US 2738787 A. Hydrotherapy apparatus. Jacuzzi C, Nash FM. 1956.
38. Patent US 3297025 A. Hydrotherapy tub. Jacuzzi C. 1967.
39. Patent US 3540438 A. Hydro-air jet head assembly. Jacuzzi RA. 1970.
40. Patent US 3467969 A. Bathing vessel, liquid agitated by multiple jets of air. Szekely EB. 1969.

**Wkład autorów:**

Według kolejności.

**Konflikt interesów:**

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

**Pracę nadesłano:** 19.03.2019

**Zaakceptowano:** 20.05.2019

---

**ADRES DO KORESPONDENCJI:**

**J. Wiesław Kochański**

ul. Bacciarellego 8c/3

51-649 Wrocław

tel.: 602 377 712

e-mail: j.w.k.ladek@wp.pl



