

Charakteristik der Gangart bei lumbosakraler Diskopathie

K. Dudzinski, A. Seyfried, A. Wit, R. Kwasniewski
Lehrstuhl für Rehabilitation, Jozef Pilsudski Hochschule für Körpererziehung, Warschau (Univ.-Prof. Dr. med. A. Seyfried), Warschau, Polen

Gait characteristics in lumbosacral discopathy: Objective: The aim of this study was to analyse patterns of ground reaction forces during walking in pathology of lumbar spine. **Methods:** In research took part 42 inpatients and 30 healthy person (control group), Academy of Physical Education students. Patients were divided into 3 groups: L4/L5, L5/S1 and L4/L5/S1 depending on the damage of an intervertebral disc level. By means CDG (Computer Dyno Graphy) system perpendicular component of ground reaction forces under foot were measured. For all 8 sensor in-built in sole of each measure shoe time of maximal force and its value were determined. Sum of values, recorded by sensors under forefoot and rarefoot were evaluated. Compared were left and right lower extremities of control group, affected and non-affected lower limb and the same extremities for all group. **Results:** For all patient groups affected lower extremity was loaded later then non-affected and later then the „healthy leg“ in control group members. Typical for L4/L5 discopathy is decrease of force under back part of the foot and increase under forefoot. Contrary results in L5/S1 group were obtained. In a few cases changes of non-dysfunction side were observed. **Conclusions:** Weakness of peripheral muscles as an effect of lumbar spine diseases influences on force distribution during gait. In case when clinical evaluation improves, remained defective walking pattern may be a reason of spine overload and return of the pain. In physical examination gait analyse is useful tool, which could help prevent that.

Key words: Lumbosacral discopathy – gait disturbance – pedobarographic parameters

Kurzfassung: Ziel: Bei Patienten mit Erkrankungen der Lendenwirbelsäulenbandscheiben sollten Druckverteilungsparameter des Fußes beim Gehen analysiert werden. **Gegenstand:** 42 Patienten mit diagnostizierten bandscheibenbedingten Wurzelkompressionssyndromen wurden entsprechend der segmentalen Lokalisation in drei Subgruppen (L4/L5; L5/S1; L4/L5/S1) unterteilt. 30 gesunde Probanden dienten als Kontrollgruppe. **Gestaltung:** Für die Pedobarometrie wurde das Computer-Dyno-Graphy-System eingesetzt, das über acht Sensoren an der Fußsohle Druckkräfte und Belastungszeiten registriert. Diese

Parameter wurden zwischen den Gruppen und im Seitenvergleich gemessen. Zur Elimination individueller Ganggeschwindigkeiten und Körpergewichtsunterschiede wurden die Belastungszeiten in Relation zur Stützphase und die Druckkräfte in Prozent der Maximalwerte aller Sensoren jedes Fußes gesetzt. Die statistische Aufarbeitung der Daten erfolgte varianzanalytisch. **Ergebnisse:** Alle Patientengruppen wiesen verkürzte Belastungszeiten des Fußes am betroffenen Bein auf. Bandscheibenläsionen in Höhe L4/L5 führten bei den Patienten zur verminderten Hinterfuß- und vermehrten Vorfußbelastung. Bei Läsionen in Höhe L5/S1 war diese Belastungsverteilung umgekehrt. Zum Teil wurden diese Belastungsveränderungen auch auf dem nicht betroffenen Bein manifest. **Schlussfolgerungen:** Diskopathiebedingte periphere Funktionsdefizite führen zu nachweisbaren Belastungsveränderungen des Fußes beim Gehen. Sie sind weitgehend charakteristisch für die segmentalen Funktionsausfälle. Die Störungen der Gangkoordination kann zu reaktiver Überlastung der LWS führen, falls sie nicht rechtzeitig im Rehabilitationsverlauf behoben werden. Deshalb kann für eine differenzierte Analyse in der Rehabilitationssteuerung der Einsatz des Computer-Dyno-Graphy-Systems sinnvoll sein.

Schlüsselwörter: Diskopathie der LWS – Gangstörungen – Fußbelastungsparameter

Einleitung

Diskopathien der Lendenwirbelsäule gehen nach Takahashi et al. (1995) oft mit Störungen der Gangkoordination einher. Ein wichtiges klinisches Symptom stellt das Hinken dar. Es kann durch Schmerzen und/oder periphere motorische Funktionsdefizite, z.B. Teilparesen der Fuß-/Zehenmuskeln sowie Reflexverluste und sensible Ausfälle verursacht werden. Viele Untersuchungen analysierten solche Koordinationsstörungen vor allem bei Erkrankungen und Verletzungen der unteren Extremität oder bei systemischen Erkrankungen des zentralen Nervensystems (Hermens et al. 1986, Myrenberg et al. 1989, Rosenbaum und Walter 1994, Tóth und Fabula 1994, Becker et al. 1995).

Einige Autoren (Takahashi et al. 1995, Dong et al. 1989, Kerrigan und Ehrenthal 1996, Thorstensson et al. 1982, Opila Correia 1990) untersuchten die Veränderungen der Gangkoordination bei Patienten mit Lendenwirbelstenose, ohne dabei die

Reaktionskräfte des Fußes auf der Unterlage zu analysieren. Es existieren jedoch keine Untersuchungen, die Veränderungen der Fußreaktionskräfte bei Patienten mit Diskopathien der LWS prüften. Deshalb sollten in dieser Untersuchung die dynamischen Druckparameter der Fußsohle beim Gang von Patienten mit nachgewiesener Diskopathie der LWS analysiert und mit denjenigen gesunder Probanden verglichen werden.

Untersuchungsgut und Methode

42 Patienten mit Bandscheibenläsionen L4, L5 und S1, die in der Neurochirurgischen Klinik des Institutes für Rheumatologie in Warschau (Prof. Dr. med. S. Zarski) diagnostiziert und operativ bzw. konservativ behandelt wurden, konnten in die Untersuchung einbezogen werden. Entsprechend den segmentalen Höhen ihrer Wurzelkompressionssyndrome wurden sie in drei Subgruppen unterteilt:

- Gruppe mit L4/L5-Syndrom und Teilparese der Fußheber
- Gruppe mit L5/S1-Syndrom und Teilparese der Fußsenker
- Gruppe mit L4/L5/S1-Syndrom und Teilparese der Fußheber und -senker.

Die Kontrollgruppe bildeten gesunde Studenten der Physiotherapie aus der eigenen Fakultät. Die demographischen Daten der Vergleichsgruppen sowie die Seitenlokalisierung des Wurzelkompressionssyndroms sind in Tab.1 u.2 zusammengefasst.

Tab.1 Demografische Daten der gesunden Kontrollgruppe.

Gruppe	Alter (Jahre)		Gewicht (kg)	
	\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD
Frauen (n = 22)	23,4	2,6	55,7	6,9
Männer (n = 8)	24,1	3,5	70,0	8,5
Summe (n = 30)	23,6	2,8	59,5	9,7

Tab.2 Demografische Daten und Seitenlokalisierung des Wurzelkompressionssyndroms (WKS) in den Patientengruppen.

Gruppe	Frauen n	Männer n	Alter (Jahre)		Gewicht (kg)		Lokalisation WKS	
			\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD	rechts	links
L4/L5	3	7	46,3	10,6	73,8	15,3	2	8
L5/S1	6	11	41,2	11,0	76,6	15,3	7	10
L4/L5/S1	5	10	40,0	8,3	76,3	17,7	3	12

Die Untersuchung des Ganges erfolgt mit dem Computer-Dy-no-Graphy-System (CDG) (Dudzinski et al. 1996), das aus drei Hauptteilen, Messstiefel (drei verschiedene Normgrößen), Messeinheit und Computerprogramm besteht (Abb.1). Über acht Sensoren an der Fußsohle werden die vertikalen Komponenten der Reaktionskraft als Funktion der Zeit erfasst.

Neben Durchschnittswerten wurden jeweils die Maximalwerte der vertikalen Reaktionskraft auf die Unterlage, die Druckkraft, sowie die Zeit vom ersten Sohlenkontakt bis zum Erreichen der Maximalkraft, die Belastungszeit, analysiert. Wegen der motorischen Dysfunktion zwischen Fußextensoren und

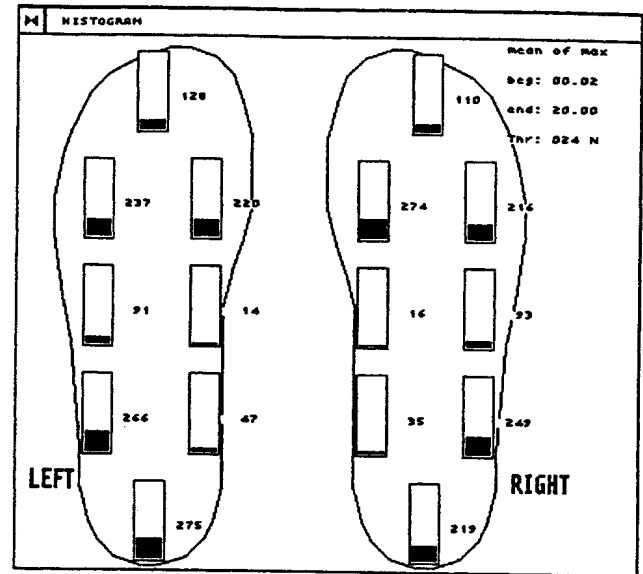


Abb.1 Beispiel eines normalen Histogrammes.

-flexoren bei den Patienten wurden die Sensoren 1, 2 und 3 am Hinterfuß sowie 6, 7 und 8 am Vorfuß jeweils gemeinsam betrachtet. Verglichen wurde sowohl zwischen gesundem und krankem Bein in den Patientengruppen als auch zwischen Patienten und gesunden Probanden.

Um die individuellen Unterschiede in Ganggeschwindigkeit und Körpergewicht zu eliminieren, wurden Druckkraft und Belastungszeit als relative Einheiten dargestellt:

- die Zeit in Prozent der Stützphase
- die Kraft in Prozent der Summe von Maximalwerten aller Sensoren jedes Fußes.

Die gewonnenen Daten wurden mit dem Statistica-5,0-Programm für Windows 95 analysiert. Nach Überprüfung der Normalverteilung (Test von Shapiro-Wilk) sowie der Homogenität der Varianz jedes Parameters (Levene's Test) wurden die Mittelwerte mit der ANOVA-Prozedur für Messwiederholungen verglichen. Die Mittelwertunterschiede zwischen den Patientengruppen wurden mit der Kovarianzanalyse unter Berücksichtigung der assoziierten Variable (ANCOVAR) für Messwiederholungen berechnet. Für direkte Vergleiche der Einzelergebnisse wurde der LSD(last significant difference)-Test eingesetzt.

Ergebnisse

Die Belastungszeit zeigte eine gute Reproduktionsfähigkeit ($F_{5,147} = 1,13$; $p < 0,35$) in der Kontrollgruppe zwischen linkem und rechtem Bein. Da in den Patientengruppen das Wurzelkompressionssyndrom mit Ischialgie in 71,4% links lokalisiert war, wurde die Belastungszeit des linken kranken Beines mit derjenigen des linken Beines gesunder Kontrollpersonen sowie auch mit derjenigen des gesunden rechten Beines der Patienten verglichen. Die gewonnenen Mittelwerte dieser Belastungszeiten für den Vor- und Hinterfuß gibt Tab.3 wieder. Die Belastungszeit des Vorfußes zeigte weder am kranken noch gesunden Bein zwischen den Patientengruppen nen-

Tab. 3 Maximale Belastungszeiten in den Vergleichsgruppen und im Seitenvergleich.

Gruppe	kranke Seite Vorfuß		Hinterfuß		gesunde Seite Vorfuß		Hinterfuß	
	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)
Gesunde	16,67	2,15	76,40	3,36	17,38	2,30	76,08	3,29
L4/L5	20,39	3,93	74,38	4,93	19,30	4,96	74,43	4,89
L5/S1	22,30	5,32	73,93	4,59	17,82	3,27	74,13	4,31
L4/L5/S1	23,35	6,03	75,74	2,92	19,16	4,32	75,47	3,81

Tab. 4 Maximale Druckkraft in den Vergleichsgruppen sowie im Seitenvergleich.

Gruppe	kranke Seite Vorfuß		Hinterfuß		gesunde Seite Vorfuß		Hinterfuß	
	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)	\bar{x} (%)	$\pm SD$ (%)
Gesunde	40,64	3,62	49,21	6,76	41,55	3,62	47,34	3,63
L4/L5	38,34	6,18	50,79	6,66	39,04	4,29	48,21	5,65
L5/S1	42,93	8,64	43,92	10,62	41,44	4,22	45,16	7,20
L4/L5/S1	41,41	7,25	47,37	8,21	40,28	3,51	46,95	5,22

nenswertere Unterschiede. Auch in der Kontrollgruppe gab es hier keine bedeutenden Unterschiede. Signifikante Unterschiede zeigten sich aber zwischen krankem und gesundem Bein in Subgruppe L5/S1 ($p < 0,0037$) und L4/L5/S1 ($p < 0,0062$) sowie zwischen linkem Bein der Kontrollgruppe und dem kranken linken Bein aller Patientengruppen:

L4/L5 ($p < 0,0306$), L5/S1 ($p < 0,0004$), L4/L5/S1 ($p < 0,0001$). Auch die Unterschiede zwischen dem kranken Bein in der L4/L5- und L4/L5/S1-Gruppe waren signifikant ($p < 0,0384$).

Die gewonnenen Mittelwerte für die maximale Druckkraft am Vor- und Hinterfuß sind in Tab. 4 zusammengefasst. In der Kontrollgruppe zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede der Druckkraft zwischen linkem und rechtem Bein weder an Vor- noch Hinterfuß. In den Patientengruppen aber waren die Unterschiede der Druckkraft am Hinterfuß des kranken Beines zwischen der Gruppe L4/L5 und L5/S1 ($p < 0,003$) sowie der L4/L5/S1-Gruppe ($p < 0,049$) signifikant. Am Vorfuß des kranken Beines waren die Druckkräfte deutlich verschieden zwischen L5/S1- und L4/L5- ($p < 0,0007$) sowie L4/L5/S1-Gruppe ($p < 0,049$).

Diskussion

Die Belastungszeit des Hinterfußes war in allen Patientengruppen gegenüber derjenigen in der gesunden Kontrollgruppe verkürzt. Dieses Ergebnis ist offensichtlich von den peripheren neurologischen Defizitunterschieden in den einzelnen Patientengruppen wenig beeinflusst. Dennoch scheinen die Fußflexoren für die Hemmung des Ganges besonders verantwortlich zu sein, da dieses Ergebnis verstärkt in der L4/L5/S1-Gruppe sowie L5/S1-Gruppe auftrat, in denen Flexoren und Ex-



Abb. 2 ~~extrem~~ Beispiel - Histogramm eines Patienten (L5/S1-Syndrom, linke Seite)

tenoren bzw. nur die Flexoren Teilparesen aufwiesen. Möglicherweise beeinflusst die Teilparese der Fußextensoren diese Gangphase am wenigsten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Collins (1995), der während des Ganges Aktionspotentiale vom M. gastrocnemius und M. soleus ableitete und zeigen konnte, dass die Aktivität dieser Muskeln von Beginn bis in die spätere Stützphase ansteigt. Die exzentrische Aktivität des M. triceps surae scheint eine Begrenzung der Vorwärtsbewegung des Unterschenkels zum Ziel zu haben. Hiermit geht eine Extension im Talo-crural-Gelenk einher und im Weiteren eine Steigerung des Winkels der Kniebeugung. Die konzentrische Kontraktion des M. triceps surae führt zur Propulsion des Fußes von der Unterlage, welche der Schwungphase vorausgeht. Collins (1995) fand auch, dass der M. tibialis anterior vor allem in der Schwungphase und am Übergang zur Stützphase hohe Aktivität entwickelt, um durch die Dorsalflexion des Fußes das Anstoßen auf dem Boden zu vermeiden.

Durch die Teilparesen der Fußextensoren in der L4/L5-Gruppe verminderte sich offensichtlich die Belastung am Hinterfuß und wurde größer am Vorfuß. In der L5/S1-Gruppe mit motorischen Defiziten der Fußflexoren war dieses Verhalten umgekehrt. Die individuelle Analyse dieser Patienten zeigte, dass der Unterschied mit dem Ausprägungsgrad der Parese größer wurde. Patienten der Gruppe L5/S1 wiesen gleichzeitig auch eine verstärkte Belastung des Hinterfußes an der nicht betroffenen Extremität auf, so dass wir darin eine Bestätigung unserer Hypothese sehen, dass das gesunde Bein die Hemmfunktion teilweise kompensiert. Auch die Propulsionsphase des Fußes erschien bei diesen Patienten verkürzt. Besonders eindrucksvoll zeigte es sich bei Patienten mit kompletter Parese der Fußextensoren, die den gesamten Fuß gleichzeitig aufstellten. Die Belastungsverschiebung auf den Hinterfuß könnte Ausdruck eines Kompensationsversuches der geschwächten Funktion des M. triceps surae durch den M. qu. femoris sein, um die reduzierte Stabilisierung des Kniegelenkes sicherzu-

Abb. 2)

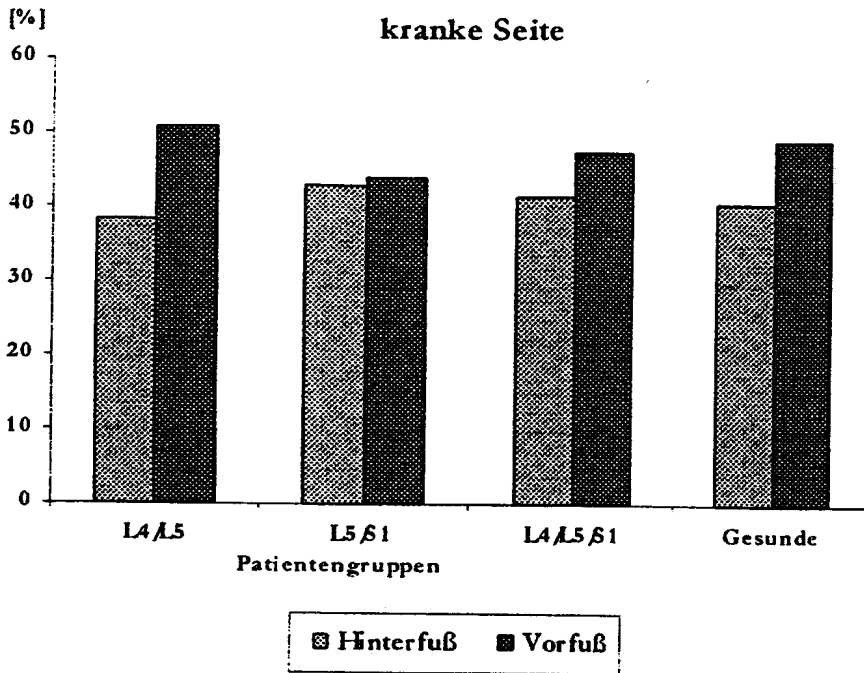
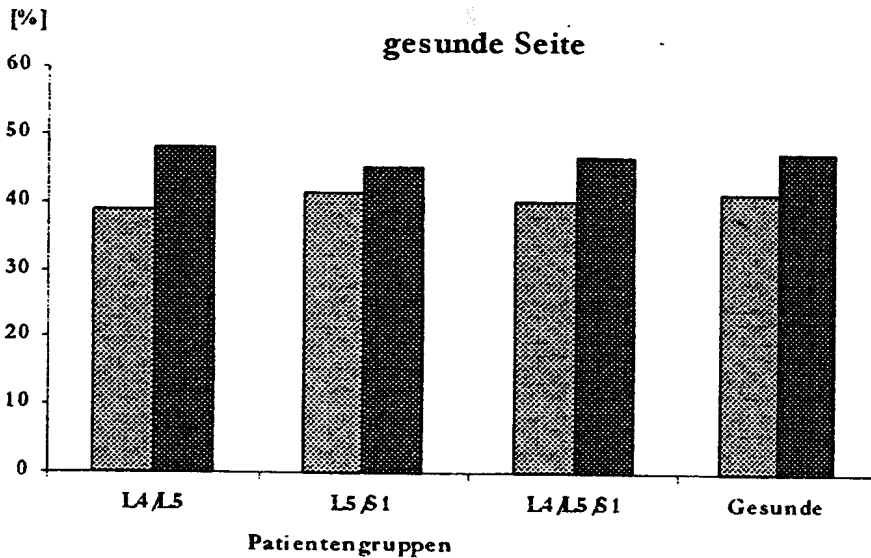


Abb. 3 Mittlere Druckbelastung in Prozent in den Patientengruppen.



stellen. Dabei scheint die verminderte Vorfußbelastung ein Ergebnis der beeinträchtigten Abstoßphase des Fußes zu sein.

Allgemein kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass die diskopathiebedingten Funktionsdefizite die Belastungsreaktionen des Fußes deutlich verändern. In allen Patientengruppen wurde das betroffene Bein im Vergleich zum gesunden Kontrollkollektiv später belastet. Bandscheibenläsionen in Höhe L4/L5 führten bei den betroffenen Patienten zur verminderten Hinterfuß- und vermehrten Vorfußbelastung. Bei Läsionen in Höhe L5/S1 war diese Belastungsverteilung umgekehrt. Zum Teil wurden diese Belastungsveränderungen auch auf das nicht betroffene Bein übernommen. Solche fehlerhaften Gangstereotypien könnten in Folge einer länger anhaltenden Manifestation zur reaktiven Überbelastung der Lenden-

wirbelsäule mit rezidivierenden Schmerzreaktionen führen, so dass auf ihren Ausgleich in der Rehabilitation besonders zu achten ist. Hierbei könnte in der Steuerung der Rehabilitationsbehandlung das CDG-System nützlich sein, vor allem falls klinisch-inspektorisch größere Koordinationsdefizite nicht mehr auffallen.

~~Abb. 2~~ (Abb. 3)

Literatur

Becker HP, Rosenbaum D, Kriese T, Gerngross H, Claes L. Gait asymmetry following successful surgical treatment of ankle fractures in young adults. Clin Orthop Rel Res 1995; 311: 262 - 269

1000 3j

Mal

- Collins JJ. The redundant nature of locomotor optimization laws. *Jour of Biom* 1995; 3: 251 – 267
- Dong GX, Porter RW. Walking and cycling tests in neurogenic and intermittent claudication. *Spine* 1989; 14: 965 – 969
- Dudzinski K, Salinski A, Seyfried A. Computer Dyno Graphy (CDG) – characteristic of a system to measure the force distribution reaction of the ground during walking. *Postepy Rehabilitacji* (in Polish, English abstract) 1996; 3: 123 – 134
- Hermens J, de Waal CA, Buurke J, Zilvold G. A new gait analysis system for clinical use in a rehabilitation center. *Orthopaedics* 1986; 9: 1669 – 1674
- Kerrigan DC, Ehrental SR. A maladaptive gait abnormality in patients with lumbar spinal stenosis. *Jour of Back a Musculoskeletal Rehab* 1996; 7: 53 – 57
- Myrenberg M, Lundeberg T, Odeen I. Effect of traction treatment on EMG activity during walking in erecti spinae in patients with low back pain. *Pain Clin* 1989; 3: 68 – 75
- Opila Correia KA. Kinematics of high-heeled gait with consideration for age and experience of wearers. *Arch of Physic Med a Rehab* 1990; 71: 905 – 909
- Rosenbaum D, Walter D. Eight-week control of the effect of orthotics in the treatment of children's flatfeet. *Ulm: IV EMED User Meeting, 1994: 46*
- Takahashi K, Kagechika K, Matsui T, Miyazake T, Shima I, Takino T. Changes in epidural pressure during walking in patients with lumbar spinal stenosis. *Spine* 1995; 20: 2746 – 2749
- Thorstensson A, Carlson H, Nilsson J, Zomlefer MR. Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man. *Acta Physiol Scan* 1982; 116: 13 – 30
- Toth K, Fabula J. Pedobarographic study before and after subcapital metatarsus I osteotomy by hallux valgus. *Ulm: IV EMED User Meeting, 1994: 21*

H
lag:ster
rehab:
kywo therapie

~~D~~ K. Dudzinski
Akademia Wychowania Fizycznego Josefa Pilsudskiego
Wydział Rehabilitacji Ruchowej
ul. Marymoncka 34
PL-00-968 Warszawa 45, skr.poczt.55

