

Gait and balance characteristics in patients with diabetes type 2 : evaluation and treatment efficacy

Citation for published version (APA):

Allet, L. (2009). *Gait and balance characteristics in patients with diabetes type 2 : evaluation and treatment efficacy*. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht.

Document status and date:

Published: 01/01/2009

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

ENGLISH SUMMARY

The World Health Organisation has described type 2 diabetes as an international epidemic. Recent estimates indicated 171 million people in the world with diabetes in the year 2000. The number is projected to increase to 366 million by the year 2030. Approximately 58% of patients with type 2 diabetes have one or more complications from the disease resulting in an increased demand for medical services. The most symptomatic complication of this disease is peripheral neuropathy which affects nerve function from the periphery to more proximal regions. Approximately 50% of patients who have diabetes for more than 20 years develop peripheral neuropathy. Two main care paradigms are suggested for diabetic patients. The first paradigm is lifestyle management (including behavioural advice on diet and physical activity) and the second is medication (oral hypoglycaemics and insulin) proposed when lifestyle changes fail to be effective. In order to avoid the complications of diabetes, patients are recommended to be physically active for at least 30 minutes a day, 6 days a week. However, as diabetes is associated with an increased risk of injurious falls, this advice leads to a dilemma: how can individuals with an increased risk of falling carry out regular physical activity? Patients with inadequate gait stability, who experience a fall related injury, may not be able to meet these recommendations and may fall into a vicious circle of reduced physical activity levels leading to an increased risk of diabetic complications and decreased musculoskeletal function.

Thus, the overall aim of this project was to develop and test the efficacy of a physiotherapeutic approach seeking to improve diabetic patients' gait, balance and related clinical factors. To achieve this aim, several steps were necessary and each of these steps is described in separate chapters of this thesis.

The project started with a systematic literature review about gait characteristics of diabetic patients (**Chapter 2: Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review**). The systematic review showed that the quality of existing articles investigating gait characteristics in diabetic patients is moderate to high. Results varied over different studies and questions remained about the main causes for impaired gait in diabetic patients, especially about factors related to observed gait abnormalities. Although we know that most falls occur in a complex environment, gait parameters were only rarely studied in a challenging situation (a poorly lit walkway or with a partially yielding, irregular surface). In addition, only few interventions that aim to improve gait parameters were tested (auditory feedback, different shoes or soles, medication). These findings confirmed the necessity of investigating gait characteristics in diabetic patients outdoors under real life conditions. In view of this objective an ambulatory gait measurement system was needed, for which reliability under the different measurement conditions had first to be tested (**Chapter 3: Reliability of diabetic patients' gait parameters in a challenging environment**). Bland and Altman plots provided with a qualitative estimate of our measurement instrument's (Physilog®) precision. Overall it showed similar results for the 3 tested surfaces (tared surface, grass and cobblestones). The mean differences of each variable measured on 2 different days were small and all mean difference values were well distributed around zero. These results were confirmed by the high reliability (Intraclass correlation coefficient values > 0.8) for all evaluated parameters (except for knee range, for which we only achieved fair

reliability). Based on these good inter-visit reliability measurements, together with the small measurement errors obtained and values of minimal detectable change, we decided to use the Physilog[®] for our investigations. This instrument was shown to be a useful, reliable instrument for ambulatory gait assessment in a challenging environment for diabetic patients. Following this reliability study, the gait characteristics of diabetic patients, with and without peripheral neuropathy, were evaluated outdoors on the 3 different surfaces aiming to acquire a more in-depth insight into diabetic patients' gait. (**Chapter 4: Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces**). It was shown that gait parameters differ between healthy controls and diabetic patients with peripheral neuropathy (for all measured parameters: speed, cadence, stance, double support, stride length and gait cycle time, knee range, thigh range, shin range and coefficient of variation of stride length and gait cycle time). In addition, a difference between healthy controls and diabetic patients without peripheral neuropathy could be identified for gait speed, cadence and gait cycle time. The gait parameters in diabetic patients with peripheral neuropathy tend to be more altered than gait parameters in patients without peripheral neuropathy. However, no significant difference was detected between patients with and without peripheral neuropathy. Another interesting element in this study was the walking strategy of diabetic patients when they changed from a regular to an irregular surface. Diabetic patients with and without peripheral neuropathy, adjusted their walking technique to the varying surfaces using identical strategies. These strategies were similar to those used by healthy controls. To change from a level (tarred) to irregular surface (cobblestones) patients with diabetes and controls decreased their gait speed by reducing their cadence and increasing their gait cycle time. They also shortened their stride length and increased their stride to stride variability. Nevertheless, the highest surface effect was found in diabetic patients with peripheral neuropathy followed by patients without peripheral neuropathy and then healthy controls.

Given that falling is a complex phenomenon and that poor balance is one of the major risk factors for falls, the balance performance of diabetic patients with and without peripheral neuropathy was compared to a healthy control group (**Chapter 5: Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers**). Quiet standing balance (eyes open, eyes closed) was investigated using an accelerometer-based method. Accelerations were measured at lumbar and ankle levels using 3 accelerometers. Results demonstrated that diabetic patients with peripheral neuropathy have higher postural instability with higher acceleration values than those of the control group and of the diabetic patients without peripheral neuropathy. Furthermore, postural instability increased with eyes closed and the most important difference between eyes open and eyes closed was found in diabetic patients with peripheral neuropathy. Before developing the specific treatment approach, another scientific work which identified clinical parameters associated with gait abnormalities of patients with type 2 diabetes was conducted (**Chapter 6: Clinical factors associated with gait alterations in diabetic patients**). A sample of 76 diabetic patients underwent clinical examination and an outdoor gait evaluation on tarred and cobblestone terrains. Differential in gait speed (performance measure) and in gait variability (coefficient of variation of the gait cycle time as a fall risk index) on different terrains were respectively calculated. Differentials' associations with

clinical factors were investigated using correlation coefficients and linear regression analysis. This study reveals that a decrease in gait speed is partially associated with the mean of maximal isometric lower limb strength, fear of falls and participants' perceived vibration threshold. Moreover, mean maximal isometric strength is associated with an increased coefficient of variation of the gait cycle time. These results indicate that both physiological (strength and proprioception) and cognitive-behavioural factors (fear of falls) are associated with diabetic patients' gait difficulties and should therefore be considered when treating diabetic patients with gait alterations. Treatment programs should include progressively more complex strength exercises, proprioceptive training and activities of daily life to improve diabetic patients' self-assurance. Based on these aforementioned investigations a physiotherapeutic approach was developed and tested by means of a randomised controlled trial (**Chapter 7: Diabetic patients' gait and balance can be improved with a specific training program. A randomised controlled trial**). Seventy-one patients were randomly assigned to either an intervention (n = 35) or a control group (n = 36). The intervention consisted of group training, which was performed twice a week for 12 weeks. A session consisted of a warm up followed by circuit training with gait and balance exercises (i.e. stance on heel/ toes, tandem stance, one leg stance, walking). These exercises alternated with functional strength exercises (i.e. sit to stand, walking up and down a slope, steps, jumps) expected to make patients more confident with daily activities. The complexity of the task could progressively be increased. Sessions were completed with interactive games and a short feedback with suggestions for individual home exercises. The training was shown to have a positive effect on diabetic patients' gait speed, balance, muscle strength and joint mobility. After the 12 week program patients were encouraged to continue performing the exercises learned for the following 6 months. No other advice or restrictions were provided. Participants partially lost their treatment benefit during the 6 months of follow-up but their performance level remained superior to baseline. Despite several limitations, discussed in detail in Chapter 8 (**Chapter 8: General Discussion**), this study provides promising results for improving gait and balance in patients with type 2 diabetes. However, further intervention studies are needed before any recommendations can be provided to serve as best practice examples. Other approaches such as providing assistive technologies, practicing walking alone in different environments, or a simple muscle strengthening program, may also be effective for improving diabetic patients' gait and balance. In addition, a more qualitative study aiming to evaluate experience, self-efficacy, motivations and attitudes of patients concerning this specific program may be helpful in order to achieve and optimise compliance, adherence and self-management. Attracting clinicians' attention and stimulating their awareness of diabetic patients' gait problems and related fall risk represents a major challenge for the future. Only by bridging the gap between researchers and clinicians can this objective be achieved.

NEDERLANDSE SAMENVATTING

De Wereldgezondheidsorganisatie omschrijft diabetes mellitus type 2 als een internationale epidemie. Het aantal patiënten met diabetes werd in 2000 op 171 miljoen geschat en zal in 2030 366 miljoen bedragen. Ongeveer 58% van de patiënten met diabetes mellitus type 2 zal één of meerdere complicaties van de ziekte ontwikkelen, waardoor zij meer behoefte aan medische zorg hebben. De meest voorkomende complicatie is perifere neuropathie. Ongeveer 50% van de patiënten die langer dan 20 jaar diabetes hebben, ontwikkelen perifere neuropathie. De behandeling van diabetes kent twee benaderingswijzen. De eerste benadering is gericht op leefstijl (waaronder adviezen gericht op gezonde voeding en beweging). De tweede benadering bestaat uit een medicamenteus beleid (orale bloedglucoseverlagende middelen en insuline) dat onder andere toegepast wordt wanneer leefstijlveranderingen onvoldoende effect hebben. Om complicaties van diabetes te voorkomen wordt patiënten geadviseerd 6 dagen per week minstens 30 minuten per dag te bewegen. Diabetes verhoogt echter de kans op vallen met letsel tot gevolg, en het bewegingsadvies leidt dus tot het volgende dilemma: hoe kunnen mensen met een verhoogd valrisico toch in voldoende mate veilig bewegen? Patiënten met onvoldoende stabiliteit gedurende het lopen, die traumatisch letsel na een val ervaren, kunnen de bewegingsadviezen mogelijk niet opvolgen, wat kan leiden tot een vicieuze cirkel, waarin verminderde beweging zorgt voor een verhoogde kans op diabetescomplicaties met weer een verminderde functie van het bewegingsapparaat tot gevolg.

Het doel van deze studie was het ontwikkelen en testen van een fysiotherapeutische benadering om het looppatroon, de balans en daaraan gerelateerde klinische factoren van patiënten met diabetes te verbeteren. Om dit te bereiken waren verschillende onderzoeken en ontwikkelingsstappen noodzakelijk, en elke stap wordt in een ander hoofdstuk van dit proefschrift beschreven.

Het onderzoeksproject startte met een systematisch literatuuronderzoek over de gang en gangkenmerken (looppatronen) van patiënten met diabetes (**Hoofdstuk 2: “Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review”**). Het literatuuronderzoek laat zien dat de methodologische kwaliteit van de bestaande artikelen over karakteristieken van het looppatroon bij patiënten met diabetes gemiddeld tot hoog is. De resultaten van de verschillende studies zijn divers, en er blijven vragen bestaan over de oorzaak van een afwijkend looppatroon bij patiënten met diabetes, met name over factoren betreffende waargenomen afwijkingen in de gang (waargenomen gangafwijkingen). Hoewel we weten dat vallen meestal plaatsvindt in een complexe omgeving, zijn looppatronen maar zelden onderzocht in een uitdagende omgeving (bijv. een voetpad met slechte verlichting of een onregelmatig oppervlak). Daarnaast zijn slechts enkele interventies onderzocht die als doel hadden looppatronen te verbeteren (bijv. auditieve feedback, andere schoenen of inlegzolen, medicatie). Deze beperkingen bevestigen de noodzaak van een onderzoek naar looppatronen bij patiënten met diabetes buitenshuis onder real life omstandigheden. Om dit te bereiken was er een mobiel ganganalyse systeem nodig, waarbij eerst de betrouwbaarheid onder verschillende omstandigheden getest moest worden (**Hoofdstuk 3:**

“Reliability of diabetic patients’ gait parameters in a challenging environment”). Bland en Altman plots gaven een kwalitatieve schatting van de precisie van ons meetinstrument (Physilog[®]). Over het algemeen werden vergelijkbare resultaten voor de drie bestudeerde ondergronden (asfalt, gras en keien) gevonden. Het gemiddelde verschil tussen de gemeten variabelen op twee verschillende dagen was klein, en alle gemiddelde verschilwaarden lagen rond de nul. Deze resultaten werden bevestigd door de hoge betrouwbaarheid (ICC waarden > 0.8) van alle onderzochte parameters (met uitzondering van de bewegingsomvang van de knie waarvoor we alleen een redelijke betrouwbaarheid konden bereiken). Gebaseerd op deze goede test-hertest betrouwbaarheidsmetingen, kleine meetfouten en waarden van kleinst waarneembare verandering besloten wij de Physilog[®] voor onze studie te gebruiken. De Physilog[®] bleek een bruikbaar en betrouwbaar instrument te zijn voor de mobiele ganganalyse in een uitdagende omgeving voor patiënten met diabetes. Na deze studie naar de betrouwbaarheid werden de gangkenmerken van patiënten met diabetes, met en zonder neuropathie onderzocht, buitenshuis en op de drie verschillende ondergronden met als doel meer inzicht te krijgen in het looppatroon van patiënten met diabetes (**Hoofdstuk 4: “Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces”**). Looppatronen tussen gezonde controlepersonen en patiënten met diabetes met perifere neuropathie verschilden (voor alle onderzochte parameters: snelheid, cadans, standfase, ‘double support’, paslengte en pastijd, bewegingsomvang van de knie, heup en enkel en de variatiecoëfficiënt van paslengte en tijd). Daarnaast was er een verschil tussen gezonde controlepersonen en patiënten met diabetes zonder perifere neuropathie zichtbaar, met name voor loopsnelheid, cadans en duur van de loopcyclus. De looppatronen bij diabetespatiënten met perifere neuropathie leken meer afwijkend te zijn dan looppatronen bij patiënten zonder perifere neuropathie. Er was echter geen significant verschil meetbaar tussen patiënten met en zonder perifere neuropathie. Daarnaast waren wij geïnteresseerd in de loopstrategie van patiënten met diabetes wanneer zij moesten veranderen van een regelmatige naar een onregelmatige ondergrond. Hierbij pasten zowel diabetespatiënten met als zonder perifere neuropathie hun looptechniek op vergelijkbare wijze aan. Deze methoden waren vergelijkbaar met die van gezonde controlepersonen. Om van een gladde (geasfalteerd) naar een onregelmatige ondergrond (keien) te gaan verminderden zowel patiënten met diabetes als controlepersonen hun loopsnelheid door hun stapfrequentie te reduceren en hun pasduur te vergroten. Daarnaast verkortten zij ook hun paslengte en verhoogden zij de variatie in pasduur. Desondanks werd het grootste oppervlakte-effect gevonden bij diabetespatiënten met perifere neuropathie, gevolgd door patiënten zonder perifere neuropathie en gezonde controlepersonen.

Bewust van het feit dat vallen een complex fenomeen is en dat een slechte balans één van de grootste risicofactoren is voor vallen, werd de balans van patiënten met en zonder perifere neuropathie vergeleken met een gezonde controlegroep (**Hoofdstuk 5: “Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers”**). Balans in rust (ogen open, ogen gesloten) werd onderzocht met een op een accelerometer gebaseerde methode. Bewegingen werden lumbaal en ter hoogte van de enkel gemeten met drie bewegingsmeters. Ons onderzoek laat zien dat patiënten met diabetes en perifere neuropathie een grotere houdingsinstabiliteit met meer bewegingsuitslag hebben dan de gezonde controlegroep of

patiënten met diabetes zonder perifere neuropathie. Daarnaast werd de houdingsinstabiliteit groter bij gesloten ogen. Het grootste verschil tussen de condities gesloten en open ogen werd gevonden bij diabetespatiënten met perifere neuropathie. Voordat wij een specifieke therapeutische benadering ontwikkelden, verrichtten wij eerst een ander onderzoek naar klinische parameters die geassocieerd zijn met afwijkingen in het looppatroon bij patiënten met type 2 diabetes (**Hoofdstuk 6: “Clinical factors associated with gait alterations in diabetic patients”**). Een steekproef van 76 patiënten met diabetes onderging een klinisch onderzoek waarin het looppatroon buitenshuis op een geasfalteerde oppervlakte en op keien werd geëvalueerd. Respectievelijke verschillen in loopsnelheid (mate van prestatie) en loopcyclus variatie (variatioecoëfficiënt van de loopcyclus duur als indicatie van het valrisico) op verschillende ondergronden werden berekend. Associaties met klinische factoren werden onderzocht met behulp van correlatiecoëfficiënten en lineaire regressieanalyse. Deze studie laat zien dat een vermindering van de loopsnelheid gedeeltelijk geassocieerd is met de gemiddelde maximale isometrische beenkracht, angst om te vallen en mate van neuropathie. Bovendien is de maximale isometrische kracht geassocieerd met een toegenomen variatie coëfficiënt van de loopcyclus. Deze resultaten laten zien dat zowel fysiologische (kracht en proprioceptie) als cognitieve gedragsfactoren (angst om te vallen) geassocieerd zijn met moeilijkheden die patiënten met diabetes ondervinden gedurende het lopen. Het verdient dus aanbeveling hiermee rekening te houden in de behandeling van patiënten met diabetes en afwijkingen in het looppatroon. Behandelprogramma's moeten gericht zijn op progressief in moeilijkheidsgraad toenemende krachtoefeningen, proprioceptieve training en dagelijkse activiteiten om de zelfverzekerdheid van patiënten met diabetes te vergroten. Een fysiotherapeutische benadering gericht op deze adviezen werd ontwikkeld en onderzocht in een randomised controlled trial (**Hoofdstuk 7: “Diabetic patients' gait and balance can be improved with a specific training program. A randomised controlled trial”**). Eenzeventig patiënten werden gerandomiseerd toegewezen aan een interventie (n = 35) of een controlegroep (n = 36). De interventie bestond uit groepstraining, tweemaal per week gedurende 12 weken. Elke training bestond uit een warming-up gevolgd door een circuittraining met daarin loop- en balansoefeningen (hielen- en tenenstand, tweebenen stand, stand op één been, lopen). Deze loop- en balansoefeningen werden afgewisseld met functionele krachtoefeningen (van zit tot stand, een helling op en neer lopen, traptreden, sprongen), die naast opbouw van kracht, patiënten meer vertrouwd moeten maken met dagelijkse activiteiten. De complexiteit van de taken werd progressief verhoogd. De training werd afgesloten met interactieve spelletjes en met een korte feedback en suggesties voor individuele oefeningen thuis. De training had een positief effect op de loopsnelheid, balans, spierkracht en gewrichtsmobiliteit van patiënten. Na het 12 weken durende programma werden patiënten aangemoedigd thuis door te gaan met de aangeleerde oefeningen gedurende een half jaar. De deelnemers ontvingen verder geen advies en er werden hen geen beperkingen opgelegd. Het voordeel van de behandeling was na 6 maanden follow-up gedeeltelijk verdwenen, maar de prestaties bleven beter dan bij aanvang van de studie. Ondanks verschillende beperkingen, welke meer gedetailleerd worden besproken in het laatste hoofdstuk (**Hoofdstuk 8: “General discussion”**), geeft deze studie hoopvolle resultaten voor de verbetering van de gang en de balans bij patiënten met diabetes type 2.

Er is echter meer onderzoek nodig voordat er aanbevelingen kunnen worden gedaan over de beste behandelmethode. Andere benaderingen zoals het gebruik van een hulpmiddel, training in het lopen in verschillende (en uitdagende) omgevingen of een krachttrainingsprogramma kunnen ook effectief zijn in het verbeteren van looppatroon en balans bij patiënten met diabetes. Daarnaast kan een meer kwalitatieve studie, gericht op het evalueren van ervaringen, zelfredzaamheid, motivatie en attitude van patiënten nuttig zijn om een optimale compliance, adhesie and zelfmanagement te bereiken.

Het onder de aandacht brengen van de bevindingen uit dit proefschrift, met name de diabetes gerelateerde loop- en valproblematiek, bij clinici vormt nog een uitdaging voor de toekomst.