

Gait characteristics of patients with COPD

Citation for published version (APA):

Liu, W. (2019). *Gait characteristics of patients with COPD*. ProefschriftMaken Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20191121wl>

Document status and date:

Published: 21/11/2019

DOI:

[10.26481/dis.20191121wl](https://doi.org/10.26481/dis.20191121wl)

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.

Summary



Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is characterized by persistent airflow limitation, which causes symptoms of breathlessness and fatigue. Moreover, COPD is recognized as a multisystemic disease, affecting the neuromuscular system as well. Patients with COPD have a reduced functional exercise capacity and limited mobility as the disease progresses. Consequently, patients become limited in activities of daily living. Walking is a problematic activity in patients' daily life. This could be associated with gait impairments in patients with COPD, who present with balance disturbances and increased risk for falls. The current thesis addresses gait characteristics in patients with COPD, to gain more insight into gait alterations in COPD, and the effect of pulmonary rehabilitation on gait characteristics in this patient population.

Three-dimensional motion analysis is considered as the gold standard for gait assessment. The Gait Real-time Analysis Interactive Lab (GRAIL) system combines 3-dimensional motion analysis, instrumented treadmill walking and virtual reality environment projected on a 180 degrees cylindrical screen. This novel system enables self-paced treadmill walking; the treadmill speed changes according to the subject's position on the treadmill. The 6-minute walk test (6MWT) is a self-paced test and is commonly used in clinical practice to measure functional exercise capacity, assess prognosis and evaluate response to treatment in patients with respiratory diseases. In addition, the 6MWT is used for health care decision making. The GRAIL system may therefore be an appropriate measure to assess the 6-minute walk distance. **Chapter 2** demonstrated that patients with COPD walked further in the second GRAIL 6MWT. In addition, the GRAIL system is a valid and reproducible method to assess the walk distance during the 6MWT in patients with COPD and non-COPD subjects. The GRAIL system slightly underestimates the walk distance as compared to the overground 6MWT in patients with COPD. However, this system seems to provide walk distances closest to the overground 6MWT as compared to previous studies on treadmill-based 6MWTs. Consequently, the GRAIL system is a promising system to assess the 6-minute walk distance in patients with COPD and non-COPD subjects.

Different parameters are used to describe gait characteristics. The inherent fluctuations in gait characteristics can be evaluated in two ways: 1) via the variability of stride-to-stride fluctuations (objectified as standard deviation or coefficient of variation [CoV]), in which previous fluctuations are considered as independent from previous fluctuations, 2) via the patterns within stride-to-stride fluctuations that can identify the underlying control of gait characteristics. Both methods have been used to differentiate groups, such as fallers and non-fallers, or healthy from unhealthy subjects. In addition, stride-to-stride fluctuations can be calculated over spatiotemporal gait parameters (distance-time parameters), the motion of the center of mass, and kinematics (joint motion). **Chapter 3** addresses the spatiotemporal gait characteristics in patients with COPD and non-COPD subjects during

the GRAIL-based 6MWT. Patients with COPD demonstrate reduced walking speeds and stride lengths, and increased step times as compared to non-COPD subjects. The CoV of stride-to-stride fluctuations was altered in patients with COPD, including stride length, as compared to non-COPD subjects. A sub analysis of subjects with similar 6MWDs demonstrated that the CoV in stride length remained increased in patients with COPD. These findings suggest that patients with COPD performed the GRAIL-based 6MWT differently compared to non-COPD subjects.

Patients with COPD present with airway obstruction and often lower-limb muscle dysfunction. These factors may have a significant impact on functional exercise capacity in patients with COPD. Consequently, reduced lower-limb muscle strength may have a negative effect on gait characteristics in COPD. Consequently, differences in gait characteristics between patients with COPD with low quadriceps muscle strength and those with higher quadriceps muscle strength were assessed. **Chapter 3** did not provide evidence for this reasoning. In addition, a reduced lung function has been considered a major problem in performing activities of daily living. Patients experience dyspnea during functional activities and this sensation increases with a prolonged duration or intensity of this activity. This chapter addresses the association between gait parameters and lung function as expressed by the forced expiratory volume in one second, used for stratifying the degree of airflow limitation in patients with COPD. Swing time seemed to be associated with a worse lung function.

Chapter 4 describes the stride-to-stride fluctuations in spatiotemporal gait characteristics and the center of mass movement in patients with COPD during the GRAIL-based 6MWT. Patients with COPD demonstrated increased mean stride length, increased variability in stride length, and increased regularity of patterns within stride length fluctuations as compared to non-COPD subjects when accounting for walking speed differences between the groups. These findings implicate that patients with COPD exhibit gait alterations as compared to non-COPD subjects. These gait alterations may be associated with increased fall risk and reduced balance control in patients with COPD. Though local dynamic stability of the center of mass did not differ between COPD and non-COPD subjects when accounting for walking speed differences, further studies are recommended to identify the relation between functional clinical parameters and gait characteristics.

In addition to spatiotemporal gait parameters, joint kinematics (joint angles) can be quantified via 3-dimensional motion analysis. Joint kinematics are more global parameters than spatiotemporal gait parameters, and could be altered in patients with COPD as compared to non-COPD subjects. Moreover, walking speed different from the preferred self-selected walking speed of the subject, may elicit gait alterations even further. **Chapter 5** describes joint kinematics in the lower extremities between patients and non-COPD

subjects, while walking at different walking speeds; at self-selected walking speed, +20% and -20% of the self-selected walking speed. Patients with COPD demonstrated reduced local dynamic stability in the knee and hip joint patterns across the walking speeds. Reduced local dynamic stability has been related to increased fall risk in older adults. This measure has also been suggested as a potential early indicator for fall risk. Therefore, reduced local dynamic stability in joint movement patterns in COPD, might be associated with increased balance issues and fall risk present in this patient population.

The effect of pulmonary rehabilitation on gait characteristics of patients with COPD is discussed in **Chapter 6**. A routine pre-rehabilitation assessment was conducted to determine amongst other things the physical condition, extra-pulmonary features and comorbidities, before attending a comprehensive pulmonary rehabilitation program consisting of 40 sessions supervised by an interdisciplinary team. Finally, a two-day outcome assessment was conducted to evaluate the effects of the rehabilitation program for each patient. Exercise training is a highly important component of pulmonary rehabilitation to strengthen muscle groups in the upper and lower extremities. Therefore, various training methods are embedded in the pulmonary rehabilitation program, including endurance, strength and interval training. This chapter showed that patients with COPD significantly improve the walked distance after pulmonary rehabilitation, with faster walking speeds and stride times. While quadriceps muscle strength and endurance increased and functional exercise capacity improved following pulmonary rehabilitation, no improvements in stride-to-stride fluctuations of the locomotor system were found in patients with COPD. In addition, differences in mean gait characteristics were found between good and poor responders, while stride-to-stride fluctuations were not discriminative. These findings indicate that the current PR does not alter stride-to-stride fluctuations in patients with COPD. Additional training programs specifically targeting balance and gait function may be beneficial in improving gait characteristics in patients with COPD.

In **Chapter 7**, the main findings of this thesis are discussed in light of current literature. This thesis shows that patients with COPD demonstrate altered gait characteristics during the self-paced treadmill 6MWT and while walking at different speeds. Furthermore, pulmonary rehabilitation improves lower-limb muscle function and functional exercise capacity in COPD. However, changes in gait characteristics, in particular those that are related to fall risk, were not found after pulmonary rehabilitation. The current thesis therefore provides a basis for further research in gait impairments in COPD in relation to balance and fall risk. These findings complement the understanding of gait impairments in COPD, which is important as COPD is a multisystemic disease affecting functional activities such as walking. In addition, this chapter describes the limitations of the current thesis and recommendations for future studies. We recommend to perform additional

studies on identifying mechanisms contributing to reduced gait function in COPD, identifying diagnostic and monitoring tools to assess gait characteristics in COPD, and evaluating the relationship of gait alterations with respect to balance disturbances and falls in COPD.

Samenvatting



Chronische obstructieve longziekte (COPD) wordt gekenmerkt door aanhoudende luchtwegobstructie, met symptomen zoals kortademigheid en vermoeidheid. Daarnaast wordt COPD geassocieerd met extra-pulmonale manifestaties, waaronder skeletspier dysfunctie. Zowel de functionele inspanningscapaciteit als mobiliteit neemt af naarmate de ernst van COPD toeneemt. Patiënten met COPD ervaren beperkingen in de uitvoering van activiteiten in het dagelijks leven. Wandelen is een problematische activiteit in het dagelijks leven van patiënten met COPD. Dit is mogelijk geassocieerd met verstoringen in het gangpatroon, naast het feit dat patiënten met COPD meer balansverstoringen en een groter valrisico hebben in vergelijking met gezonde personen. Dit proefschrift richt zich op het in kaart brengen van het gangpatroon van patiënten met COPD, om zodoende meer inzicht te krijgen in de problematiek van het gangpatroon van patiënten met COPD, en het effect van longrevalidatie op het gangpatroon binnen deze populatie.

Driedimensionale bewegingsanalyse wordt als de gouden standaard gezien voor gangbeeldanalyse. De Gait Real-time Analysis Interactive Lab (GRAIL) combineert driedimensionale bewegingsanalyse met geïnstrumenteerde loopbanden binnen een virtuele omgeving. Dit systeem ontleent zich ook voor het zelf aansturen van de loopbandsnelheid. De 6-minuten wandeltest (6MWT) wordt in de klinische praktijk gebruikt om de inspanningscapaciteit van patiënten met COPD te evalueren. Het GRAIL-systeem kan mogelijk gebruikt worden voor het uitvoeren van de 6MWT. **Hoofdstuk 2** toont aan dat het GRAIL-systeem een valide en reproduceerbaar instrument is om de 6MWT uit te voeren in patiënten met COPD en niet-COPD personen. Ondanks dat het GRAIL systeem de wandelafstand ten opzichte van de reguliere grond 6MWT onderschat, benadert dit systeem de reguliere grond wandelafstand in tegenstelling tot voorgaande studies waar de 6MWT op een loopband werd uitgevoerd. Bovendien verleent het GRAIL-systeem om het gangbeeld in kaart te brengen om beter inzicht te verkrijgen in de verstoringen in het gangpatroon van patiënten met COPD.

Het gangbeeld kan middels verschillende parameters worden beschreven. De inherente fluctuaties in het gangpatroon kunnen op twee manieren in kaart worden gebracht: 1) middels de mate van variabiliteit, waarin elke fluctuatie onafhankelijk is van voorgaande fluctuaties, 2) middels de patronen in de temporale fluctuaties, om de onderliggende controle van het gangbeeld in kaart te brengen. Beide methoden worden gebruikt om groepen van elkaar te onderscheiden, waaronder vellers van niet-vellers, en gezonde personen van personen met een aandoening. De fluctuaties kunnen berekend worden over de spatio-temporele parameters, het massamiddelpunt van het lichaam en de kinematica (beweging van de gewrichten). **Hoofdstuk 3** beschrijft de spatio-temporele gangparameters van patiënten met COPD in vergelijking met het gezonde niet-COPD personen tijdens de GRAIL 6MWT. Patiënten met COPD leggen een kortere wandelafstand af en ver-

tonen grotere staplengtes, en langere staptijden in vergelijking met niet-COPD personen. Patiënten met COPD vertonen een grotere mate van variabiliteit in de schredelengte in vergelijking met niet-COPD personen. Een subanalyse van personen met een vergelijkbare 6-minuten wandelafstand toont aan dat de variabiliteit in schredelengte verhoogd blijft in patiënten met COPD. Deze bevindingen suggereren dat patiënten met COPD de GRAIL 6MWT anders uitvoeren dan personen zonder COPD.

Patiënten met COPD vertonen luchtwegobstructie en spierdysfunctie. Deze factoren worden geassocieerd met de inspanningscapaciteit in patiënten met COPD. Skeletspierdysfunctie heeft mogelijk een negatief effect op het gangbeeld in COPD. Dit heeft geleid tot de analyse van het gangbeeld tussen patiënten met lage quadriceps spierkracht en patiënten met een hoge quadriceps spierkracht. **Hoofdstuk 3** bevestigt deze rationale echter niet. Daarnaast verhindert een verslechterde longfunctie het uitvoeren van activiteiten in het dagelijks leven. Patiënten ervaren kortademigheid tijdens het uitvoeren van activiteiten en deze kortademigheid kan toenemen naarmate de activiteit langer duurt of de intensiteit van de activiteit toeneemt. In **Hoofdstuk 3** wordt de mogelijke associatie tussen luchtwegobstructie en gangbeeld tijdens de GRAIL 6MWT onderzocht. Uit de resultaten blijken dat de tijd in de zwaafase wordt geassocieerd met een verslechterde longfunctie in COPD.

In **Hoofdstuk 4** worden de patronen in de fluctuaties van spatio-temporele parameters en het massa middelpunt van het lichaam in patiënten met COPD tijdens de GRAIL 6MWT onderzocht. Patiënten met COPD vertonen veranderingen in schredelengte in vergelijking met niet-COPD personen. De gemiddelde schredelengte, de mate van fluctuaties in schredelengte, en patronen in fluctuaties van schredelengte zijn meer rigide in patiënten met COPD wanneer gecorrigeerd wordt voor het verschil in wandelsnelheid tussen de groepen. Dit duidt op verstoringen in het gangpatroon van patiënten met COPD. Deze veranderingen in het gangbeeld zijn mogelijk geassocieerd met een verhoogde valrisico en verminderde balanscontrole in patiënten met COPD. Ondanks dat de lokale stabiliteit van het massamiddelpunt van het lichaam niet aangedaan is in patiënten met COPD wanneer gecorrigeerd wordt voor het verschil in wandelsnelheid, wordt aangeraden om vervolgonderzoek te richten op het identificeren van de relatie tussen functionele klinische parameters en gangbeeld parameters.

Gewrichtshoeken van de onderste extremiteiten zijn meer globale parameters dan spatio-temporele parameters en zouden mogelijk aangedaan zijn in patiënten met COPD. Wanneer personen buiten de eigen voorkeursnelheid wandelen, kan dit leiden tot grotere veranderingen in het gangpatroon. **Hoofdstuk 5** beschrijft de gewrichtshoeken in de onderste extremiteiten van patiënten en niet-COPD personen, terwijl de deelnemers op verschillende snelheden hebben gewandeld. Patiënten met COPD worden gekenmerkt

door een verminderde stabiliteit in de bewegingspatronen van de knie en heup over de verschillende wandelsnelheden in vergelijking met niet-COPD personen. In de algemene populatie, wordt een verminderde stabiliteit geassocieerd met een verhoogd valrisico. Dit duidt mogelijk op een relatie tussen een verminderde stabiliteit in de bewegingspatronen van het lichaam en de verhoogde balansverstoringen en valrisico in de COPD patiëntenpopulatie.

In **Hoofdstuk 6** wordt het effect van longrevalidatie op het gangpatroon van patiënten met COPD beschreven. Patiënten met COPD hebben een longrevalidatie programma ondergaan van 40 sessies. Fysieke training, waaronder duur, kracht en interval training, is een belangrijk component binnen de reguliere longrevalidatie. Longrevalidatie heeft geresulteerd in een verbeterde wandelafstand in patiënten met COPD. Patiënten vertonen een snellere wandelsnelheid en schredetijd. Bovendien zijn de spierkracht en uithoudingsvermogen in de quadriceps spieren toegenomen. Echter vertonen patiënten met COPD geen veranderingen in de fluctuaties van de gangparameters na longrevalidatie. Dit betekent dat de huidige longrevalidatie programma tot dusver niet tot verbeteringen in de variabiliteit van het bewegingsapparaat in patiënten met COPD leidt. Daarnaast werden verschillen in gemiddelde spatiotemporale parameters aangetoond tussen patiënten die verbeteren tijdens de revalidatie en patiënten die niet-tot nauwelijks verbeteren. Echter werden er geen verschillen gevonden in de variabiliteit in het gangpatroon tussen deze subgroepen. Additionele trainingsprogramma's gericht op balans en loopfunctie zouden mogelijk tot verbeteringen kunnen leiden in het gangbeeld in patiënten met COPD.

In **Hoofdstuk 7** worden de bevindingen van het proefschrift besproken en tegen het licht gehouden met de huidige literatuur. Dit proefschrift laat zien dat patiënten met COPD veranderingen in het gangpatroon vertonen tijdens de 6MWT op het GRAIL systeem en het wandelen op verschillende wandelsnelheden. Daarnaast heeft longrevalidatie een positieve invloed op spierfunctie van het onderlichaam en de inspanningscapaciteit in patiënten met COPD. Echter, heeft longrevalidatie geen invloed op de gangparameters, die geassocieerd worden met balansverstoringen en een verhoogd valrisico. In dit hoofdstuk worden de zwakheden van het proefschrift besproken en worden aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gedaan. Toekomstig onderzoek kan zich richten op het identificeren van de onderliggende mechanismen die een rol spelen in een verslechterd gangbeeld in COPD, het identificeren van diagnostische en monitorings-instrumenten om het gangbeeld van patiënten met COPD in kaart te brengen, en het evalueren van de relatie tussen veranderingen in het gangbeeld met balansverstoringen en valrisico in COPD.