

University of Groningen

Preservation of motor flexibility in healthy aging

Greve, Christian

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2018

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Greve, C. (2018). *Preservation of motor flexibility in healthy aging: Flexibility in joint coordination is unaffected by age and task constraints in two fundamental activities of daily living*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

7

Appendix

SUMMARY

When humans perform voluntary movements such as reaching for a target or sit-to-stand, the abundant joint motions provide the neuromuscular system with a large range of movement possibilities [1,2]. Healthy adults make use of this rich movement repertoire to guarantee performance stability during daily life reaching and sit-to-stand movements under different constraints to movement [3]. Healthy aging impairs functions of the central and peripheral neuromuscular system and old as compared to young adults perform reaching and sit-to-stand movements less accurately and more slowly [4–6]. The current thesis aimed to establish whether healthy old as compared to young adults are also less able to flexibly coordinate the abundant joint motions to stabilize task important variables under challenging task constraints. This thesis followed the principle of motor abundance [2] and the constraints to movement hypothesis [7,8]. The leading hypothesis was that the age-related decline in intrinsic constraints (e.g., muscle strength) leads to the emergence of alternative but equivalent coordination patterns during challenging reaching and sit-to-stand movements. This increase in motor flexibility would allow old adults to guarantee performance stability despite deficits in intrinsic constraints.

The uncontrolled manifold approach (UCM) was used to establish age differences in motor flexibility [3,9]. The UCM method decomposes trial-to-trial variability in joint motions into coordination patterns stabilizing (GEV) and de-stabilizing (NGEV) the task variable of primary importance (e.g. end-effector position during reaching or center of mass during sit-to-stand). Larger values of GEV imply that the neuromuscular system employs a larger range of equivalent coordination patterns to guarantee task stability. To challenge the neuromuscular system, the force and accuracy constraints of the reaching tasks were manipulated by increasing the resistance to the reaching movement (force constraint) and decreasing the target size. The sit-to-stand movements were performed from low (100% leg length) and high (110% leg length) chair heights. When repeatedly standing up from a high chair the force and balance constraints were manipulated by subjects wearing a weighted vest (force constraint) and by decreasing the size of the support surface under the feet.

UCM analysis revealed that old as compared to young adults employed significantly larger GEV and similar NGEV when rising from low but not high chairs. During rapid reaching old and young adults similarly increased GEV and NGEV in response to higher force constraints. Manipulations of the accuracy constraint during reaching and the balance and force constraint during sit-to-stand did not affect flexibility in joint coordination in the young or old adults. We further observed the typical age-differences in reaching and sit-to-stand kinematics, muscle strength and manual dexterity.

The data suggest that healthy aging does not seem to affect motor flexibility during reaching and sit-to-stand movements as measured by the UCM analysis. It remains inconclusive whether

and if so how age-related deficits in intrinsic constraints interact with the requirements of challenging reaching and sit-to-stand movements. The possibility exists that flexibility in joint coordination might serve in compensation for neuromuscular deficits only when old adults operate at the limits of intrinsic force, balance and coordinative capacities. As long as healthy adults perform within a safe range of intrinsic capacities adaptations in movement kinematics might be sufficient to guarantee safe and accurate sit-to-stand and reaching performance. Taken past and the current data together there is not a universal decline of motor flexibility with aging. Conceptual and methodological limitations of the experimental studies and UCM analyses are discussed and recommendations are given for future studies.

REFERENCES

1. Bernstein N (1967) *The co-ordination and regulation of movements*. Pergamon Press, London.
2. Gelfand IM, Latash ML (1998) On the Problem of Adequate Language in Motor Control. *Motor Control* **2**: 306–313.
3. Latash ML, Scholz JP, Schönér G (2007) Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control* **11**: 276–308.
4. Waneen W, Spirduso, Karen L. Francis and PG (2006) *Physical Dimensions of Aging, 2nd edition*. Champaign, IL: Human Kinetics. 2005.
5. Sleimen-Malkoun R, Temprado J-J, Berton E (2013) Age-related changes of movement patterns in discrete Fitts' task. *BMC Neurosci* **14**: 145.
6. Hughes M a, Weiner DK, Schenkman ML, Long RM, Studenski S a (1994) Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **9**: 187–192.
7. Newell KM (1986) Constraints on the development of coordination. In Wade MG, Whiting HT (eds.), *Motor development in children: aspects of coordination and control* pp 341–360. Springer, Berlin.
8. Hu X, Newell KM (2011) Modeling constraints to redundancy in bimanual force coordination. *J Neurophysiol* **105**: 2169–2180.
9. Scholz JP, Schönér G (1999) The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. *Exp brain Res* **126**: 289–306.

SAMENVATTING

Tijdens het uitvoeren van bewegingen, zoals het reiken naar een voorwerp of het opstaan uit een stoel, is een overvloedig aantal vrijheidsgraden, zoals gewrichtshoeken, betrokken. Deze overvloedigheid van vrijheidsgraden geeft het neuromusculaire systeem de flexibiliteit om eenzelfde taak, bijvoorbeeld het reiken naar een doel, met vele verschillende gewrichtsconfiguraties uit te voeren [1,2]. Gezonde volwassenen maken in dagelijkse activiteiten gebruik van deze flexibiliteit om een taak onder verschillende omstandigheden stabiel uit te voeren [3]. Tijdens de gezonde veroudering van het menselijk lichaam treden er leeftijd gerelateerde veranderingen op, zoals een verminderde spierkracht. Het doel van het huidige proefschrift was om te onderzoeken of deze leeftijd gerelateerde veranderingen invloed hebben op de mate waarin oudere volwassenen, in vergelijking met jongere volwassenen, in staat zijn om gebruik te maken van de flexibiliteit in gewrichtshoeken tijdens het uitvoeren van reiktaken en het opstaan uit een stoel in verschillende uitdagende omstandigheden.

Omdat uit de literatuur blijkt dat ouderen vergeleken met jongere volwassenen reiktaken en het opstaan uit een stoel minder accuraat en langzamer uitvoeren [4-6], zou men kunnen verwachten dat oudere volwassenen ook minder goed in staat zijn om hun gewrichten flexibel te coördineren tijdens deze taken. Echter, gebaseerd op het 'principle of abundance' [2] en de 'constraints to movement hypothesis' [7,8] neemt het huidige proefschrift een alternatieve stelling in. De leidende hypothese van het huidige proefschrift was dat leeftijd gerelateerde veranderingen leiden tot het ontstaan van alternatieve, maar gelijkwaardige oplossingen voor de uit te voeren taak als deze uitdagender wordt. Deze toename in motorische flexibiliteit zou ouderen in staat stellen om de leeftijd gerelateerde veranderingen te compenseren en de uitdagende taak stabiel en veilig uit te voeren.

Om deze hypothese te onderzoeken werd gebruik gemaakt van de 'uncontrolled manifold' (UCM) methode [3,9]. De UCM methode verdeelt de variatie in gewrichtshoeken over verschillende repetities van een taak in twee delen. Het ene deel, de 'goal-equivalent variability' (GEV) beschrijft de variabiliteit in gewrichtshoekconfiguraties die leidt tot een stabiele positie van een voor de taak belangrijke variabele (bijvoorbeeld de punt van de wijsvinger in reiktaken, of de positie van het lichaamszwaartepunt tijdens het opstaan uit een stoel). Het andere deel, de 'non-goal-equivalent variability' (NGEV), beschrijft de variabiliteit in gewrichtshoekconfiguraties die leidt tot een variabele positie van deze belangrijke variabele. Hogere waarden van GEV geven aan dat er een groter bereik van de gelijkwaardige gewrichtshoekconfiguraties gebruikt worden om een bepaalde taak uit te voeren. Om het neuromusculaire systeem uit te dagen om deze GEV te gebruiken tijdens het uitvoeren van een taak, werd de moeilijkheid van de taak gemanipuleerd in experimenten. Tijdens de reiktaken werd de benodigde kracht (verandering weerstand tijdens de beweging) en vereiste nauwkeurigheid (aanpassing grootte van het doel) gemanipuleerd om de taak uitdagender te maken. Het opstaan uit de stoel werd vanuit verschillende stoelhoogtes

uitgevoerd (100% versus 110% van de beenlengte), en bij het opstaan uit een hoge stoel werd de benodigde kracht (door middel van een gewichtsvest), en de benodigde balans (grote steunvlak onder de voeten) veranderd om de taak uitdagender te maken.

De resultaten van de UCM analyse lieten zien dat tijdens het opstaan uit een lage stoel oudere volwassenen, vergeleken met jongere volwassenen, significant meer GEV gebruikten, terwijl beide groepen evenveel NGEV lieten zien. Dit verschil was er niet tijdens het opstaan uit een hoge stoel. Daarnaast verschilden de waardes van GEV en NGEV niet tussen oudere en jongere volwassenen als de benodigde kracht groter werd tijdens het uitvoeren van snelle reikbewegingen. Ook hadden veranderende eisen van de nauwkeurigheid tijdens het reiken en balans en kracht tijdens het opstaan uit een hoge stoel geen effect op de waardes van GEV en NGEV die gebruikt werden door oudere volwassenen en jongere volwassenen. Tot slot, tijdens de experimenten werden de typische leeftjdsverschillen in kinematica tijdens het reiken en het opstaan uit de stoel, spierkracht, en behendigheid tussen oudere en jongere volwassenen vastgesteld.

Op basis van deze resultaten kan gesteld worden dat het proces van gezond ouder worden de motorische flexibiliteit tijdens reiktaken en het opstaan uit een stoel niet belemmerd. De vraag blijft of, en zo ja, hoe, leeftijd gerelateerde veranderingen, invloed hebben op motorische flexibiliteit tijdens uitdagende reiktaken en het opstaan uit een stoel. Een mogelijkheid is dat de flexibiliteit in gewrichtshoekconfiguraties alleen gebruikt wordt om leeftijd gerelateerde veranderingen, zoals een verminderde spierkracht, te compenseren als oudere volwassenen het maximum van hun beschikbare kracht, balans, of behendigheid voor het uitvoeren van een taak gebruiken. In dat geval zou het kunnen dat als oudere volwassenen binnen een veilige range van hun capaciteit een taak uitvoeren, aanpassingen in de kinematica van de beweging, en niet in de motorische flexibiliteit, voldoende zijn om de leeftijd gerelateerde veranderingen te overkomen en deze taak accuraat en veilig uit te voeren. Hoe dan ook, op basis van deze en eerdere bevindingen kan gesteld worden dat er geen achteruitgang is in motorische flexibiliteit met gezond ouder worden tijdens het reiken naar een doel, opstaan uit een stoel en mogelijk ook andere functionele taken van het dagelijkse leven. Het proefschrift wordt afgesloten met een discussie over conceptuele en methodologische tekortkomingen van de experimenten en de UCM methode. Tevens worden hier aanbevelingen voor toekomstige studies gedaan.

REFERENCES

1. Bernstein N (1967) *The co-ordination and regulation of movements*. Pergamon Press, London.
2. Gelfand IM, Latash ML (1998) On the Problem of Adequate Language in Motor Control. *Motor Control* **2**: 306–313.
3. Latash ML, Scholz JP, Schönner G (2007) Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control* **11**: 276–308.
4. Waneen W, Spirduso, Karen L. Francis and PG (2006) *Physical Dimensions of Aging, 2nd edition*. Champaign, IL: Human Kinetics. 2005.
5. Sleimen-Malkoun R, Temprado J-J, Berton E (2013) Age-related changes of movement patterns in discrete Fitts' task. *BMC Neurosci* **14**: 145.
6. Hughes M a, Weiner DK, Schenkman ML, Long RM, Studenski S a (1994) Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **9**: 187–192.
7. Newell KM (1986) Constraints on the development of coordination. In Wade MG, Whiting HT (eds.), *Motor development in children: aspects of coordination and control* pp 341–360. Springer, Berlin.
8. Hu X, Newell KM (2011) Modeling constraints to redundancy in bimanual force coordination. *J Neurophysiol* **105**: 2169–2180.
9. Scholz JP, Schönner G (1999) The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. *Exp brain Res* **126**: 289–306.

DANKWOORD

I sincerely thank my family for their support and dr. Raoul M. Bongers and prof. dr. Tibor Hortobágyi for their supervision and for giving me the opportunity to work in their labs. I would like to address some personal words.

Dear Raoul, I enjoyed working with you a lot, not only on a professional but also on a personal level. Among others, I learned (or maybe not) that I should not make fun of my co-promoter if I need his help at the same time. I even learned some Tilburgs' when you invited me on your day off to your house to discuss some methodological issues on manifold analysis. Your enthusiasm on the scientific field of motor control and work commitment is inspiring and makes you a great daily supervisor. Even though I suffered once in a while from your (positive) stubbornness you were right in the end (most of the times).

Dear Tibor, I had a great time working with you on the projects. It is just impressive and definitely not a matter of course how fast you are in giving feedback, comments or just interchanging thoughts. Your commitment, personality and style of supervision makes us (students) feel that our project is number one priority on your list and that our work really matters. These skills in combination with a good doze of pragmatism makes you a great promotor and professor.

Dear Maike and Mona, OmaNette and Hans-Jürgen, Albert and Christa, you provided me with the support and cleared the road for me making it possible to find the time and finish this thesis in a somewhat busy time of my life. Words cannot describe how lucky I am with my family.

I also thank Chantal and Laurens for their job as paranimf, all participants who volunteered, students who spent their time on my projects, colleagues who contributed to the realization of this thesis and my colleagues at BdB Fysiotherapie Borger who supported me at any time.

ABOUT THE AUTHOR



Christian Greve was born on 15.06.1984 in Lingen, Germany. In 2004 he graduated at the Gymnasium Marianum Meppen and after one year Civil Service he started higher education at the faculty of Biology in Göttingen, Germany. In 2006 he moved to Groningen to study Physical Therapy at the Hanzehogeschool Groningen and after graduating in 2010 he worked in part-time as a physical therapist at BdB Fysiotherapie Borger for 6 years.

After graduating as PT, Christian started a Pre-Master Human Movement Science at the Vrije Universiteit Amsterdam. In 2014 he graduated at the Rijksuniversiteit in Groningen. During his Master Thesis at the Rijksuniversiteit Groningen he specialized in Motor Control and Aging which followed up a volunteer PhD and the thesis 'Preservation of motor flexibility with aging'. This thesis shows in four experimental studies how old as compared to young adults make use of the available joint motions to perform reaching and sit-to-stand movements under different task requirements. Overall the results showed that flexibility in joint coordination is retained with aging during reaching, sit-to-stand and probably other functional movements of our daily life.

Next to his work as a PhD and Physical Therapist, Christian worked in 2015 for six months as a junior Researcher at the Sint Maartenskliniek Nijmegen and from June 2015 until now he has an appointment at the Department for Rehabilitation Medicine, UMCG Groningen. Together with his colleagues from the motion lab he performs clinical gait analyses in patients with poor walking abilities and research projects aiming to improve gait rehabilitation in children and adults with gait disorders. Within his appointment at the UMCG Christian followed trainings in biomechanical modelling and clinical gait analysis. In 2016 he realized that having three different job positions at the same time is quite a challenge and made the difficult choice to leave his great colleagues at BdB Fysiotherapie Borger to focus on his scientific career.

Christians' greatest achievements are dated back to 2014 where he became a father and 2016 where he persuaded his wife to marry him.

Teaching and conference presentations

LCMM first steps in child rehabilitation.

UMCG; Part of Bachelor Course Medicine Groningen. 2016 – now.

Measuring EMG in clinical gait analysis.

UMCG; Workshop; Rehabilitation Medicine Groningen. 2017 – now.

Musculoskeletal modelling in clinical gait analysis.

UMCG; Part of Master Course; Biomed Eng. 2018.

Age effects on motor flexibility during sit-to-stand.
ESMAC Trondheim; Oral. 2017.

Biomechanical effects of Rocker Shoes.
ISPO Cape Town; Oral; Seminar. 2017.

Age effects on motor flexibility during reaching.
Aging Marseille; Oral; 2016.

Task demand and motor flexibility.
NCM Amsterdam; Poster; 2014.

Training and education

(Knie) Enkel Voet Orthesen ter correctie van het looppatroon.
Amsterdam (AMC); Course. 2018.

Advanced musculoskeletal modelling in OpenSim.
Leuven; Workshop. 2017.

Musculoskeletal modelling with OpenSim.
Online Course. 2017.

Neuromechanics.
ESMAC Trondheim; Seminar. 2017.

Clinical Gait Analysis.
Leuven; Gait Course. 2016.

Publications

Greve C., Hortobàgyi T., Bongers R.M.. Flexibility in joint coordination remains unaffected by force and balance demands in young and old adults during simple sit-to-stand tasks (*In Review: Eur J Appl Physiol*).

Greve C., Hortobàgyi T., Bongers R.M.. Old adults preserve motor flexibility during rapid reaching. 2017 (*Eur J Appl Physiol. doi: 10.1007/s00421-017-3584-2*).

Greve C., Hortobàgyi T., Bongers R.M.. Physical demand but not dexterity is associated with motor flexibility during rapid reaching in healthy young adults. 2015 (*PLOS One. doi: 10.1371/journal.pone.0127017*).

Greve C., Zijlstra W., Hortobàgyi T., Bongers R.M.. Not all is lost: Old adults retain flexibility in motor behavior during sit-to-stand. 2013(*PLOS One. doi: 10.1371/journal.pone.0077760*).

RESEARCH INSTITUTE SHARE

This thesis is published within the **Research Institute SHARE** (Science in Healthy Ageing and healthcaRE) of the University Medical Center Groningen / University of Groningen.

Further information regarding the institute and its research can be obtained from our internet site: <http://www.share.umcg.nl/>

More recent theses can be found in the list below. ((co-) supervisors are between brackets)

2018

Pang C

Computational methods for data discovery, harmonization and integration; using lexical and semantic matching with an application to biobanking phenotypes

(prof MA Swertz, prof JL Hillege)

Arifin B

Distress and health-related quality of life in Indonesian Type 2 diabetes mellitus outpatients

(prof MJ Postma, dr PJM Krabbe, dr J Atthobari)

Zakiyah N

Women's health from a global economic perspective

(prof MJ Postma, dr ADI van Asselt)

Metting, EI

Development of patient centered management of asthma and COPD in primary care

(prof T van der Molen, prof R Sanderman, dr JWH Kocks)

Scheffers WJ

Body experience in patients with mental disorders

(prof RA Schoevers, dr JT van Busschbach, dr MAJ van Duijn)

Suhoyo Y

Feedback during clerkships: the role of culture

(prof JBM Kuks, prof J Cohen-Schotanus, dr J Schönrock-Adema)

Kikkert LHJ

Gait characteristics as indicators of cognitive impairment in geriatric patients

(prof T Hortobagyi, dr CJ Lamothe, dr N Vuillerme)

Veen HC van der

Articulation issues in total hip arthroplasty

(prof SK Bulstra, dr JJAM van Raay, dr IHF Reininga, dr I van den Akker-Scheek)

Elsenburg LK

Adverse life events and overweight in childhood, adolescence and young adulthood

(prof AC Liefbroer, dr N Smidt)

Becking K

Inflammatory matters; exploring the underlying pathophysiology of unipolar and bipolar disorder

(prof RA Schoevers, dr BCM Haarman)

't Hoen EFM

Practical applications of the flexibilities of the agreement on trade-related aspects of intellectual property rights; lessons beyond HIV for access to new essential medicines

(prof HV Hogerzeil, prof BCA Toebes)

Stojanovska V

Fetal programming in pregnancy-associated disorders; studies in novel preclinical models

(prof SA Scherjon, dr T Plösch)

Eersel MEA van

The association of cognitive performance with vascular risk factors across adult life span

(prof JPJ Slaets, dr GJ Izaks, dr JMH Joosten)

Rolfes L

Patient participation in pharmacovigilance

(prof EP van Puijenbroek, prof K Taxis, dr FPAM van Hunsel)

Brandenburg D

The role of the general practitioner in the care for patients with colorectal cancer

(prof MY Berger, prof GH de Bock, dr AJ Berendsen)

Oldenkamp M

Caregiving experiences of informal caregivers; the importance of characteristics of the informal caregiver, care recipient, and care situation

(prof RP Stolk, prof M Hagedoorn, prof RPM Wittek, dr N Smidt)

Kammen K van

Neuromuscular control of Lokomat guided gait; evaluation of training parameters

(prof LHV van der Woude, dr A den Otter, dr AM Boonstra, dr HA Reinders-Messelink)

Hornman J

Stability of development and behavior of preterm children

(prof SA Reijneveld, prof AF Bos, dr A de Winter)

Vries, YA de

Evidence-b(i)ased psychiatry

(prof P de Jonge, dr AM Roest)

Smits KPJ

Quality of prescribing in chronic kidney disease and type 2 diabetes

(prof P Denig, prof GJ Navis, prof HJG Bilo, dr GA Sidorenkov)

Zhan Z

Evaluation and analysis of stepped wedge designs; application to colorectal cancer follow-up

(prof GH de Bock, prof ER van den Heuvel)

For more 2018 and earlier theses visit our website

