



Universiteit  
Leiden

The Netherlands

## **Outcome after anterior cervical discectomy: from inferential statistics to Machine Learning**

Goedmakers, C.M.W.

### **Citation**

Goedmakers, C. M. W. (2023, December 20). *Outcome after anterior cervical discectomy: from inferential statistics to Machine Learning*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3674247>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3674247>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

## Aknowledgements (dankwoord)

Op maandag 20 juni 2016 verstuurde ik mijn eerste mail naar dr. Vleggeert, die ik inmiddels Carmen mag noemen. Ik had begrepen dat neurochirurgen drukke mensen zijn dus mijn vraag had ik dikgedrukt: “Kan ik een afspraak met u maken om onderzoeksmogelijkheden te bespreken?”. Geheel zoals je van Carmen kan verwachten (zo leerde ik later) had ik binnen 5 uur antwoord. “Haha natuurlijk Caroline, daar maak ik tijd voor. Kun je op 30 juni om half 9?”. En zo begon het.

Carmen, ik kan een hoofdstuk over je schrijven, misschien wel een heel boek. Je aanstekelijke enthousiasme, betrokkenheid, humor en pragmatische werkwijze maken dat ik me geen betere copromotor had kunnen wensen. Je was er voor mijn eerste publicatie, zat vooraan voor foto's tijdens mijn eerste presentatie op een buitenlands congres, en nu kan ik niet wachten om de afronding van deze periode samen te vieren. Ik weet nog dat ik tijdens ons eerste overleg over promotieonderzoek zei “ik weet niet of ik dat kan, ik heb het nog nooit gedaan” en jij mij met een grote glimlach antwoordde “ja maar ik wel, dus koop jij maar vast een jurk”. Ik heb ongelofelijk veel van je geleerd in de afgelopen 7 jaar, je was mijn mentor en blijft mijn grote voorbeeld en ik ben dankbaar dat ik je nu ook een vriendin mag noemen.

Yvon, As, Bon, Jeannet, Mel, Wil, Huub & Mo, bedankt voor alle heerlijke cappuccino's en bevestigende schouderklopjes. Louis, Judith, Mireli, Ibt, Jannita, Rox, Els, Maggy, Ahmed, Tommy, Catharina en Charlotte; door jullie werd de afdeling onvergetelijk. Ook wil ik alle stafleden bedanken voor een fantastische tijd als semi-arts in de kliniek, op de OK, en bovendien het gedogen van mijn aanwezigheid als onderzoeker op jullie stafgang. Ik beloof dat de inhoud van alle gesprekken die ik vanaf mijn werkplek heb afgeluisterd met me mee het graf in gaat.

dr. Groen in het bijzonder: dank dat je mij getolereerd hebt in kamer J-11-082. De voorkant van dit boek zal een grote openbaring voor je zijn geweest, ik heet inderdaad Caroline, en niet Charlotte. Jelmer, Jaap, Jeroen, Jules of toch Justus, hoe je ook mag heten, dankjewel dat je jouw bureau met me wilde delen.

Prof. Peul, beste Wilco, dank voor het vertrouwen en de aanmoediging. Ik kijk uit naar onze discussie, tijdens de borrel, over mijn laatste stelling.

Uiteraard gaat mijn dank uit naar alle patiënten die deel hebben genomen aan de NECK-trial, zonder wie dit onderzoek niet mogelijk was geweest. Ook wil ik graag mijn medeauteurs en medeonderzoekers bedanken, ‘Carmen's sterren’, en dan in het bijzonder Géraldine, Anna-Boukje, Eduard, Niek en Floor.

To all my collaborators at the Computational Neuroscience Outcomes Center, especially dr. Zaidi and dr. Rana: thank you for your unwavering support.

Mijn promotieonderzoek begon nog in mijn studentenhuis; bedankt lieve Bloemen dat het bij ons thuis juist even niet over onderzoek hoefde te gaan. Lieve Tess en Mimi, mijn paranimfen en al mijn extra-paranimfen: Carmelle, Evelien, Sabine, Saskia, Fleur, Raya, Merel, Ruth, Valerie, Lieke, Dokkies en Bloemen: voor jullie heb ik altijd een plekje vrij vooraan.

Lieve familie, in Nederland en op Curaçao: dank voor jullie interesse de afgelopen jaren en voor jullie geduld in afwachting van het eindproduct. In het bijzonder Nico, Annemarie en natuurlijk Philippe, Nick, Wen en Maaïke: blij dat ik jullie familie mag noemen.

Lieve papa en mama, ik ben heel dankbaar dat we dit moment samen kunnen vieren. Jullie onvoorwaardelijke steun en liefde is mijn meest dierbare bezit. Ook wil ik jullie bedanken voor het beste cadeau wat ik ooit van jullie gekregen heb: Maarten. Je was altijd al mijn grote broer, en bent nu ook mijn beste vriend. Dank voor je interesse in mijn té uitgebreide verhalen over onderzoek. En dankjewel voor het vinden van Mel, de allerbeste als je het mij vraagt.

Timothy, thank you for making me smile every single day, and not asking how much longer it was going to take me to finish this. Grateful to have you as my number one supporter, and I promise to always be yours.

## **Curriculum Vitae**

Caroline Goedmakers was born in Utrecht, the Netherlands on the 14<sup>th</sup> of November 1996. In 2014 she obtained her high school diploma from the “Sint Vituscollege Bussum”, where she was an active member of the student council, participation council, debate team and played field hockey in the national league. After high school she started medical school at Leiden University. That same year she started working as a nursing assistant in at the Emergency room of the Leiden University Medical Center. In 2016 she started a new job as surgical retrieval technician in post-mortem tissue explantation. As a member of the Dutch Tissue Retrieval team she learned to harvest corneal, cardiovascular, skin, and musculoskeletal tissue from tissue donors all over the Netherlands. During her Bachelor degree she followed courses in the Honor College Research program and in 2017 she obtained her Bachelor degree, with Honors. After completing her Bachelor in Science she started the MD-PhD track at the neurosurgery department in the Leiden University Medical Center (supervisors Prof. dr. W.C. Peul and dr. C.L.A. Vleggeert-Lankamp), during which she focused on the outcomes after anterior cervical discectomy. She followed multiple courses on performing clinical research at “Boerhaave nascholing”. In the summer of 2018 she studied at the Harvard T.H. Chan School for Public Health in Boston, where she followed courses on epidemiology, on full scholarship. In Boston she was introduced to dr. Hasan Zaidi, a spine surgeon at Brigham and Women’s hospital as well as one of the faculty members of the Computational Neuroscience Outcomes Center (CNOC) from Harvard Medical School. After she came back in the Netherland she followed several online courses on programming and Machine Learning, and secured multiple grants for her return to Boston. From 2019 to 2020 she spent 1 year at CNOC, at Brigham and Women’s hospital in Boston, for a research fellowship on Machine Learning for image analysis of the cervical spine (supervisors dr. H.A. Zaidi and dr. A. Rana). In 2020 she got awarded the CSRS Europe Research Grant. During her Md-PhD track she had the opportunity to present at several national and international conferences; CSRS Europe in Paris, Rome and Barcelona, CSRS United States in Phoenix (AZ), EANS in Berlin and AANS, for which she was awarded the Donald O. Quest, MD, FAANS(L) Medical Student Clinical Science award in 2021. After completing her first half marathon in 2019, she completed her first full marathon in 2021. In the summer of 2022 she participated in a craniotomy study in sheep for RevBio™, a biomedical technology start-up that produces bone cement, where she assisted on craniotomies of 15 sheep. In the fall of 2022 she got invited to participate in a debate during the upcoming CSRS Europe meeting in Stockholm and was she asked to speak at the Women in Medicine and Science career symposium of Mass General Brigham, Harvard Medical school to talk about her research on image analysis for the cervical spine. In September 2023 she graduated from Leiden University Medical School and moved back to Boston, where she will apply for residency in neurosurgery.



## List of publications

1. Vleggeert-Lankamp CLA, Janssen TMH, van Zwet E, Goedmakers CMW, Bosscher L, Peul W, Arts MP. The NECK trial: Effectiveness of anterior cervical discectomy with or without interbody fusion and arthroplasty in the treatment of cervical disc herniation; a double-blinded randomized controlled trial. *Spine J.* 2019 Jun;19(6):965-975. doi: 10.1016/j.spinee.2018.12.013. Epub 2018 Dec 21. PMID: 30583108 Clinical Trial.
2. Mjåset C, Zwart JA, Goedmakers CMW, Smith TR, Solberg TK, Grotle M. Criteria for success after surgery for cervical radiculopathy-estimates for a substantial amount of improvement in core outcome measures. *Spine J.* 2020 Sep;20(9):1413-1421. doi: 10.1016/j.spinee.2020.05.549. Epub 2020 Jun 2. PMID: 32502657
3. Yang X, Bartels RHMA, Donk R, Arts MP, Goedmakers CMW, Vleggeert-Lankamp CLA. The association of cervical sagittal alignment with adjacent segment degeneration. *Eur Spine J.* 2020 Nov;29(11):2655-2664. doi: 10.1007/s00586-019-06157-0. Epub 2019 Oct 12. PMID: 31606815 Clinical Trial.
4. Goedmakers CMW, Janssen T, Yang X, Arts MP, Bartels RHMA, Vleggeert-Lankamp CLA. Cervical radiculopathy: is a prosthesis preferred over fusion surgery? A systematic review. *Eur Spine J.* 2020 Nov;29(11):2640-2654. doi: 10.1007/s00586-019-06175-y. Epub 2019 Oct 22. PMID: 31641906
5. Lak AM, Abunimer AM, Goedmakers CMW, Aglio LS, Smith TR, Makhni M, Mekary RA, Zaidi HA. Single- versus Dual-Attending Surgeon Approach for Spine Deformity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2021 Feb 16;20(3):233-241. doi: 10.1093/ons/opaa393. PMID: 33372960
6. Rana A, Goedmakers CMW, Smith TR, (2021). Artificial Intelligence and Healthcare Ethics. In: Honeybul, S., Kolias, A.G. (eds) *Traumatic Brain Injury*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78075-3\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78075-3_31)
7. Smith TR, Stopa BM, Goedmakers CMW, Rana A (2021). Team-Based Decision-Making in Traumatic Brain Injury. In: Honeybul, S., Kolias, A.G. (eds) *Traumatic Brain Injury*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78075-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78075-3_28)
8. Goedmakers CMW, Lak AM, Duey AH, Senko AW, Arnaout O, Groff MW, Smith TR, Vleggeert-Lankamp CLA, Zaidi HA, Rana A, Boaro A. Deep Learning for Adjacent Segment Disease at Preoperative MRI for Cervical Radiculopathy. *Radiology.* 2021 Dec;301(3):664-671. doi: 10.1148/radiol.2021204731. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34546126
9. Goedmakers CMW, Bartels RHMA, Donk RD, Arts MP, van Zwet EW, Vleggeert-Lankamp CLA. The Clinical Relevance of the Cervical Disc Prosthesis: Combining Clinical Results of Two RCTs. *Spine (Phila Pa 1976).* 2022 Jan 1;47(1):67-75. doi: 10.1097/BRS.0000000000004113. PMID: 34474447 Clinical Trial.
10. Goedmakers CMW, van Beelen I, Komen F, van Zwet EW, Peul WC, Arts MP, Vleggeert-Lankamp CLA. The impact of mental health on outcome after anterior cervical discectomy: cohort study assessing the influence of mental health using predictive modelling. *Acta Neurochir (Wien).* 2022 Nov;164(11):3035-3046. doi: 10.1007/s00701-022-05362-z. Epub 2022 Sep 16. PMID: 36109365 Free PMC article.
11. Goedmakers CMW, Pereboom LM, Schoones JW, de Leeuw den Bouter ML, Remis RF, Staring M, Vleggeert-Lankamp CLA. Machine learning for image analysis in the cervical spine: Systematic review of the available models and methods. *Brain Spine.* 2022 Nov 14;2:101666. doi: 10.1016/j.bas.2022.101666. eCollection 2022. PMID: 36506292 Free PMC article. Review.

12. Wu CA, Dey T, Ho I, Goedmakers CMW, Helliwell L, Pusic A, Singhal M, Saha S, Ranganathan K. LMIC authorship in global reconstructive surgery: A bibliometric analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2023 Jan;76:216-218. doi: 10.1016/j.bjps.2022.11.064. Epub 2022 Dec 5. PMID: 36527903
13. Heijdra Suasnabar JM, Vleggeert-Lankamp CLA, Goedmakers CMW, de Vries F, Arts MP, Elske van den Akker-van Marle M. Cost-effectiveness of implanting a prosthesis after anterior cervical discectomy for radiculopathy: results of the NECK randomized controlled trial. *Spine J*. 2023 Feb 10:S1529-9430(23)00052-9. doi: 10.1016/j.spinee.2023.02.003. Online ahead of print. PMID: 36774997
14. Goedmakers CMW, de Vries F, Bosscher L, Peul WC, Arts MP, Vleggeert-Lankamp CLA. Long-term results of the NECK trial-implanting a disc prosthesis after cervical anterior discectomy cannot prevent adjacent segment disease: five-year clinical follow-up of a double-blinded randomised controlled trial. *Spine J*. 2023 Mar;23(3):350-360. doi: 10.1016/j.spinee.2022.11.006. Epub 2022 Nov 15. PMID: 36396007 Clinical Trial.
15. Yearley AG, Goedmakers CMW, Panahi A, Rana A, Doucette J, Ranganathan K, et al. FDA-approved machine learning algorithms in neuroradiology: A systematic review of the current evidence for approval. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2023, (143);102607.