

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患等政策研究事業(難治性疾患政策研究事業)
分担研究報告書

脊柱靱帯骨化症に関する調査研究
(脊柱靱帯骨化症の治療指針策定および手術治療の質を高めるための大規模多施設研究)
胸椎後縦靱帯骨化症による重度脊髄障害例に対してロボットスーツ HAL を用いた
歩行能力改善効果に関する研究

研究分担者 山崎 正志 所属機関名 筑波大学医学医療系 整形外科

研究要旨

目的：本年度われわれは、HAL を用いた歩行訓練後の歩容の運動学的変化を解析することで効果発現の機序やより効果が期待される病態および HAL 訓練の介入時期が明らかにすることを目的とした。

対象と方法：胸椎後縦靱帯骨化症(OPLL)に伴う重度脊髄障害の術後急性期および慢性期に HAL を用いた歩行訓練を施行した 12 例で、除圧固定術施行後に HAL を急性期に適用した 5 例と慢性期に適用した 7 例の歩行を計測し、大腿、下腿、足部の下肢の矢状面上鉛直との角度(EA)の可動範囲と共変平面を主成分分析し、HAL 介入期間前後で比較した。対照として健常ボランティア群 8 例も 10m 歩行テストを実施して評価した。HAL 訓練前後で日常生活における自立度や下肢筋力も評価した。

結果：急性期群と慢性期群の両方で歩行能力は改善した。急性期群は日常生活動作の改善も認めたが、慢性期群では有意な改善が得られなかった。下肢筋力は両群で増加する傾向は認めたが、有意な改善ではなかった。大腿、下腿、足部の EA は両群で訓練後の改善を認めたが、急性期群で健常群に近づく有意な改善を認め、急性期群で足関節可動域の有意な改善を認め、歩行中の床とのクリアランスが改善し、歩幅が大きくなっていた。

結論：本研究の結果から、胸椎 OPLL による重度脊髄障害に対するロボットスーツ HAL を用いた歩行訓練は、術後急性期から行うことが下肢協調運動の改善に効果的であることが分かった。

A . 研究目的

健常者の歩行では中枢神経系による下肢協調制御により大腿、下腿、足部の矢状面上鉛直との角度(Elevation Angle、以下 EA)が強い共変関係を持ち、軌道空間の次元

縮退が見られるという運動生理学的知見がある[1]。

ロボットスーツ HAL(Hybrid Assistive Limb)は、生体電位信号に基づく運動支援[2]により運動機能の回復を促す効果をも

するとされ、脊髄障害例や脳血管障害例において HAL 訓練後の歩行能力の改善が報告されている[3-13]。われわれは昨年の研究で、胸椎 OPLL で急性の重度脊髄障害を呈した患者に対する手術療法後に HAL を用いた歩行訓練の併用効果が術後早期に認められることを報告した[14]。

今回われわれは、HAL を用いた歩行訓練後の歩容の運動学的変化を解析することで効果発現の機序やより効果が期待される病態および HAL 訓練の介入時期が明らかにすることを目的とした。

B . 研究方法

胸椎後縦靭帯骨化症(OPLL)に伴う重度脊髄障害の術後急性期および慢性期に HAL を用いた歩行訓練を施行した 12 例を対象に歩行解析を行った。

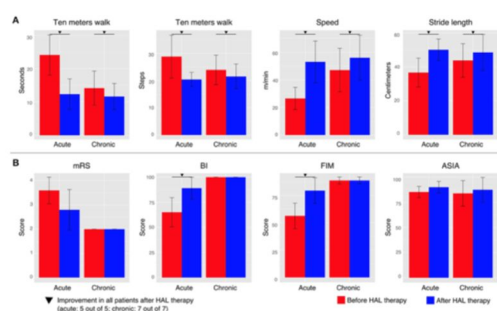
胸椎 OPLL に対する除圧固定術施行後の歩行障害に対し、HAL を急性期に適用した 5 例(急性期群、平均年齢 59.6 歳、HAL 開始術後 24.4 日)と慢性期に適用した 7 例(慢性期群、70.1 歳、1151.4 日)を対象として、HAL 介入前後の歩行を計測し(VICON MX 100Hz、Plug-in Gait)、大腿、下腿、足部の下肢 EA の可動範囲と共変平面(CP)を算出(主成分分析)し、CP からのばらつきを表す第 2 主成分と第 3 主成分スコア分散(PC2SD と PC3SD)と CP に対する法線ベクトル(NV)を HAL 介入期間前後で比較した。尚、歩行解析は対照として健常ボランティア群 8 例(健常群、平均年齢 57 歳)にも行い、患者自身の快適速度における 10m 歩行テストを実施して、歩行時間と歩数から歩行速度と歩幅を算出して評価した。HAL 訓練前後で日常生活における自立度は、

modified Ranking Scale (mRS)と Barthel Index(BI)および Functional Independence Measure (FIM)で評価した。また、下肢筋力は American Spinal Injury Association impairment scale (ASIA, motor score のみ)[15]で評価した。

本研究は筑波大学附属病院の倫理委員会の承認(H26-22)を得て行い、統計学的検討にはウィルコクソン符号順位検定を用い、 $P < 0.05$ を有意差ありとした。

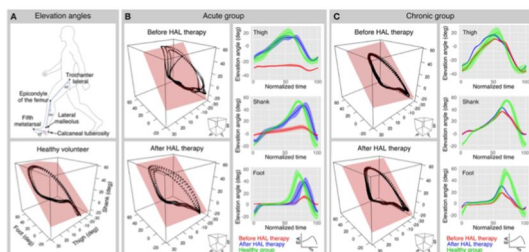
C . 研究結果

急性期群と慢性期群の両方で HAL 訓練前後の歩行速度は上昇し、10m の歩行時間と歩数は少なくなり、歩行能力は改善した(図 1 上)。急性期群は BI と FIM が全例で改善し、mRS は 4 例で改善した(図 1 下)。一方、慢性期群では mRS、BI、FIM のいずれも有意な改善が得られなかった。下肢筋力は HAL 訓練後に両群で増加する傾向は認められたが、有意な改善は認めなかった。

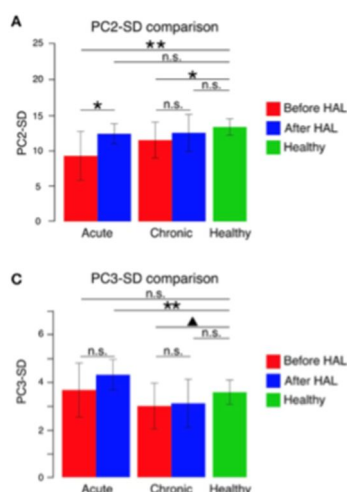


大腿、下腿、足部の EA は両群で訓練後の改善を認められたが、急性期群で健常群に近づく有意な改善を認めた(図 2. B と C)。急性期群の HAL 訓練前後の足部 EA は、最大値がそれぞれ $34.01 \pm 16.88^\circ$ 、 $55.27 \pm 7.44^\circ$ 、最大と最小の差がそれぞれ $49.49 \pm 23.8^\circ$ 、 $80.16 \pm 9.50^\circ$ であり、足

関節可動域の有意な改善を認めた。一方、慢性期群ではいずれも有意な改善を認めなかった。



HAL 訓練前後の PC2SD は、急性期がそれぞれ 9.30 ± 3.46 、 12.43 ± 1.41 、慢性期がそれぞれ 11.54 ± 2.55 、 12.57 ± 2.62 であった (図 3A)。PC3SD は、急性期がそれぞれ 3.65 ± 1.13 、 4.30 ± 0.64 、慢性期がそれぞれ 2.99 ± 0.96 、 3.09 ± 1.01 であった (図 3C)。NV は急性期群が $6.82 \pm 4.93^\circ$ 、慢性期群が $2.58 \pm 2.18^\circ$ で、急性期群で HAL 訓練による変化が有意に大きかった。



D. 考察、

今回の検討では、急性期と慢性期の両群で HAL 訓練後の歩行速度、歩幅の有意な改善がみられたが、大腿、下腿、足部の下肢 EA の可動範囲と PC2SD と PC3SD および NV

の解析結果から、急性期群で下肢の協調運動の制御に有意な変化が認められることが分かった。急性期群の HAL 訓練前後の足部 EA に注目すると、最大値および最大と最小の差がそれぞれ有意な改善を認め、この結果は、急性期の患者が HAL 訓練後に足関節の動きが良くなり、歩行中の床とのクリアランスが改善し、歩幅が大きくなったことを示している [16]。

脊髄損傷患者や OPLL による重度脊髄障害に対する HAL を用いた歩行訓練の効果が報告されている。われわれはより重度の脊髄障害を呈した胸椎 OPLL 患者 (JOA スコア 3.6 以下) において、術後急性期に HAL 訓練を併用した方が術後 1 年における脊髄症の改善が有意に高いことを報告した。胸椎 OPLL の脊髄症の術後改善については、術後 3 か月と比較的早期の改善が長期予後を反映することも分かってきた [17]。

本研究の結果から、より重症の脊髄障害を呈した胸椎 OPLL 患者において術後早期から HAL 訓練の併用が、患者の脳脊髄からの随意刺激を HAL が末梢の生体電位信号で感知し、運動支援と下肢の協調運動の制御し、中枢神経系の機能改善をもたらすことが示唆された。

さらに頻回に HAL 訓練を実施し、歩行訓練の反復運動学習 (バイオフィードバック) を行えば、術後早期からさらに脊髄症の改善が期待できる可能性がある。

E. 結論

胸椎 OPLL による重度脊髄障害に対するロボットスーツ HAL を用いた歩行訓練は、術後急性期から行うことが下肢協調運動の改善に効果的である。

参考文献

1. Borghese NA, Bianchi L, Lacquaniti F. Kinematic determinants of human locomotion. *J Physiol* 1996; 494: 863-879.
2. Kawamoto H and Sankai Y. Power assist method based on phase sequence and muscle force condition for HAL. *Advanced Robotics* 2005; 19:717-734.
3. 上野友之, 山崎正志. わが国におけるリハビリテーションロボットの現状. *脊椎脊髄*, 29: 692-698, 2016.
4. Kubota S, Nakata Y, Eguchi K et al. Feasibility of rehabilitation training with a newly developed wearable robot for patients with limited mobility. *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94: 1080-1087.
5. Ikumi A, Kubota S, Shimizu Y et al. Decrease of spasticity after hybrid assistive limb® training for a patient with C4 quadriplegia due to chronic SCI. *J Spinal Cord Med* 2017; 40:573-578.
6. Watanabe H, Marushima A, Kawamoto H, et al. Intensive gait treatment using a robot suit Hybrid Assistive Limb in acute spinal cord infarction: report of two cases. *J Spinal Cord Med*. 2017; 9:1-7. doi: 10.1080/10790268.2017.1372059.
7. Shimizu Y, Nakai K, Kadone H, et al. The Hybrid Assistive Limb® intervention for a postoperative patient with spinal dural arteriovenous fistula and chronic spinal cord injury: a case study. *J Spinal Cord Med*. 2017; 29:1-8. doi: 10.1080/10790268.2017.1329916.
8. Yoshioka T, Sugaya H, Kubota S, et al. Knee-extension training with a single-joint Hybrid Assistive Limb during the early postoperative period after total knee arthroplasty in a patient with osteoarthritis. *Case Rep Orthop*. 2016 DOI: 10.1155/2016/9610745.
9. Yoshioka T, Kubota S, Sugaya H, et al. Robotic device-assisted knee extension training during the early postoperative period after opening wedge high tibial osteotomy: a case report. *J Med Case Rep*. 2017; 5;11:213. doi: 10.1186/s13256-017-1367-3.
10. 吉岡友和, 久保田茂希, 菅谷久・他. 変形性膝関節症治療におけるロボットスーツHAL単関節型の応用. *関節外科* 2017; 36: 72-81.
11. Fukaya T, Mutsuzaki H, Yoshikawa K, et al. The training effect of early intervention with a Hybrid Assistive Limb after total knee arthroplasty. *Case Rep Orthop*. 2017; 2017:6912706. doi: 10.1155/2017/6912706.
12. Makihara T, Kadone H, Onishi S, et al. Shoulder motion assistance using a single-joint Hybrid Assistive Limb® robot: Evaluation of its safety and validity in healthy adults. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017 Sep-Dec;25:2309499017727951. doi:10.1177/2309499017727951.
13. Kubota S, Hara Y, Shimizu Y, et al. A newly developed upper limb single-joint HAL in a patient with elbow flexion reconstruction after traumatic brachial plexus injury: A case report. *Interdisciplinary Neurosurgery* 2017; 10: 66-68.
14. Kubota S, Abe T, Kadone H, Shimizu Y, et al. **Hybrid assistive limb (HAL) treatment for patients with severe thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) in the postoperative acute/subacute phase: A clinical trial.** *J Spinal Cord Med*. 2018 Oct 18:1-9. doi: 10.1080/10790268.2018.1525975. [Epub ahead of print]
15. Piepmeier JM, Jenkins NR. Late neurological changes following traumatic spinal cord injury. *J Neurosurg* 1988; 69:399-402.
16. Puentes S, Kadone H, Kubota S, Abe T, Shimizu Y, Marushima A, Sankai Y, Yamazaki M, Suzuki K. Reshaping of Gait Coordination by Robotic Intervention in Myelopathy Patients After Surgery. *Front Neurosci*. 2018; doi: 10.3389/fnins.2018.00099. eCollection 2018.
17. Koda M, Furuya T, Okawa A et al. Mid- to long-term outcome of posterior decompression with instrumented fusion for thoracic ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Clin Neurosci* 2016; 27:87-90.

F . 健康危険情報
 総括研究報告書にまとめて記載

G . 研究発表

1. 論文発表

1. Nagashima K, Koda M, Abe T, Kumagai H, Miura K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Miyamoto T, Mannoji C, Furuya T, Yamazaki M. Implant failure of pedicle screws in long-segment posterior cervical fusion is likely to occur at C7 and is avoidable by concomitant C6 or T1 buttress pedicle screws. *J Clin Neurosci*. 2019 Jan 30. pii: S0967-5868(18)31355-9. doi: 10.1016/j.jocn.2019.01.029. [Epub ahead of print]
2. Noguchi H, Koda M, Funayama T, Kumagai H, Abe T, Nagashima K, Miura K, Mataka K, Fujii K, Yamazaki M. Bone bonding, displacement, and absorption in cases of double-door laminoplasty with unidirectional porous hydroxyapatite spacers. *J Clin Neurosci*. 2019 Apr;62:46-52. doi: 10.1016/j.jocn.2019.01.012. Epub 2019 Jan 14.
3. Fujii K, Abe T, Koda M, Funayama T, Noguchi H, Miura K, Kumagai H, Nagashima K, Mataka K, Shibao Y, Yamazaki M. Cauda equina schwannoma with concomitant intervertebral disc herniation: A case report and review of literature. *J Clin Neurosci*. 2019 Apr;62:229-231. doi: 10.1016/j.jocn.2018.12.033. Epub 2019 Jan 9.
4. Mataka K, Koda M, Shibao Y, Kumagai H, Nagashima K, Miura K, Noguchi H, Funayama T, Abe T, Yamazaki M. Successful visualization of dynamic change of lumbar nerve root compression with the patient in both upright and prone positions using dynamic digital tomosynthesis-radiculography in patients with lumbar foraminal stenosis: An initial report of three cases. *J Clin Neurosci*. 2019 Apr;62:256-259. doi: 10.1016/j.jocn.2018.12.016. Epub 2019 Jan 9.
5. Abe T, Shibao Y, Takeuchi Y, Mataka Y, Amano K, Hioki S, Miura K, Noguchi H, Funayama T, Koda M, Yamazaki M. Initial hospitalization with rigorous bed rest followed by bracing and rehabilitation as an option of conservative treatment for osteoporotic vertebral fractures in elderly patients: a pilot one arm safety and feasibility study. *Arch Osteoporos*. 2018 Nov 23;13(1):134. doi: 10.1007/s11657-018-0547-0.
6. Koda M, Hara Y, Okano E, Abe T, Funayama T, Noguchi H, Miura K, Nagashima K, Kumagai H, Mataka K, Yamazaki M. C5 pure motor spinal cord injury: A case with a rare manifestation of cervical spinal cord injury. *J Clin Neurosci*. 2019 Jan;59:332-334. doi: 10.1016/j.jocn.2018.10.014. Epub 2018 Nov 15.
7. Miura K, Koda M, Tatsumura M, Shina I, Mammoto T, Hirano A, Abe T, Funayama T, Noguchi H, Yamazaki M. Charcot spinal arthropathy presenting as adjacent segment disease after lumbar spinal fusion surgery in Parkinson's disease: A case report. *J Clin Neurosci*. 2019 Mar;61:281-284. doi: 10.1016/j.jocn.2018.11.013. Epub 2018 Nov 13.
8. Miura K, Kadone H, Koda M, Nakayama K, Kumagai H, Nagashima K, Mataka K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Abe T, Suzuki K, Yamazaki M. Visualization of walking speed variation-induced synchronized dynamic changes in lower limb joint angles and activity of trunk and lower limb muscles with a newly developed gait analysis system. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2018 May-Aug;26(3):2309499018806688. doi: 10.1177/2309499018806688.
9. Kubota S, Abe T, Kadone H, Shimizu Y, Funayama T, Watanabe H, Marushima A, Koda M, Hada Y, Sankai Y, Yamazaki M. Hybrid assistive limb (HAL) treatment for patients with severe thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) in the postoperative acute/subacute phase: A clinical trial. *J Spin*

- al Cord Med. 2018 Oct 18:1-9. doi: 10.1080/10790268.2018.1525975. [Epub ahead of print]
10. Okuwaki S, Funayama T, Koda M, Abe T, Ijima Y, Noguchi H, Miura K, Nagashima K, Kumagai H, Mataka K, Yamazaki M. Three cases of spondylotic myelopathy at the C7-T1 level. *J Clin Neurosci*. 2018 Oct; 56:182-185. doi: 10.1016/j.jocn.2018.06.034. Epub 2018 Jul 4.
 11. Kumagai H, Abe T, Koda M, Nagashima K, Miura K, Mataka K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Yamazaki M. Unidirectional porous -tricalcium phosphate induces bony fusion in lateral lumbar interbody fusion. *J Clin Neurosci*. 2019 Jan; 59:232-235. doi: 10.1016/j.jocn.2018.09.004. Epub 2018 Sep 20.
 12. Mataka K, Fukushima M, Kaneoka K, Ikeda K, Kumagai H, Nagashima K, Miura K, Noguchi H, Funayama T, Abe T, Koda M, Yamazaki M. Vertebral fracture after removing pedicle screws used for posterior lumbar interbody fusion: A case report. *J Clin Neurosci*. 2018 Nov; 57:182-184. doi: 10.1016/j.jocn.2018.04.019. Epub 2018 Sep 19.
 13. Yoshii T, Hirai T, Iwanami A, Nagoshi N, Takeuchi K, Mori K, Yamada T, Seki S, Tsuji T, Fujiyoshi K, Furukawa M, Nishimura S, Wada K, Koda M, Furuya T, Matsuyama Y, Hasegawa T, Takeshita K, Kimura A, Abematsu M, Haro H, Ohba T, Watanabe M, Katoh H, Watanabe K, Ozawa H, Kanno H, Imagama S, Ando K, Fujibayashi S, Matsumoto M, Nakamura M, Yamazaki M, Okawa A, Kawaguchi Y. Co-existence of ossification of the nuchal ligament is associated with severity of ossification in the whole spine in patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament -A multi-center CT study. *J Orthop Sci*. 2019 Jan; 24(1):35-41. doi: 10.1016/j.jos.2018.08.009. Epub 2018 Sep 20.
 14. Kikuchi N, Uesugi M, Koda M, Shimizu T, Murakami K, Kono M, Tanaka H, Yamazaki M. Methotrexate-related lymphoproliferative disorder of the lumbar spine originating with severe low-back pain: case report. *J Neurosurg Spine*. 2018 Nov 1; 29(5):545-548. doi: 10.3171/2018.4.SPINE1860.
 15. Nishimura S, Nagoshi N, Iwanami A, Takeuchi A, Hirai T, Yoshii T, Takeuchi K, Mori K, Yamada T, Seki S, Tsuji T, Fujiyoshi K, Furukawa M, Wada K, Koda M, Furuya T, Matsuyama Y, Hasegawa T, Takeshita K, Kimura A, Abematsu M, Haro H, Ohba T, Watanabe M, Katoh H, Watanabe K, Ozawa H, Kanno H, Imagama S, Ando K, Fujibayashi S, Yamazaki M, Watanabe K, Matsumoto M, Nakamura M, Okawa A, Kawaguchi Y; Japanese Organization of the Study for Ossification of Spinal Ligament (JOSL). Prevalence and Distribution of Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis on Whole-spine Computed Tomography in Patients With Cervical Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament: A Multicenter Study. *Clin Spine Surg*. 2018 Nov; 31(9):E460-E465. doi: 10.1097/BSD.0000000000000701.
 16. Ijima Y, Furuya T, Ota M, Maki S, Saito J, Kitamura M, Miyamoto T, Ohtori S, Orita S, Inage K, Suzuki T, Yamazaki M, Koda M. The K-line in the cervical ossification of the posterior longitudinal ligament is different on plain radiographs and CT images. *J Spine Surg*. 2018 Jun; 4(2):403-407. doi: 10.21037/jss.2018.05.23.
 17. Taniguchi S, Takahashi H, Aoki Y, Nakajima A, Terajima F, Sonobe M, Akatsu Y, Yamada M, Furuya T, Koda M, Yamazaki M, Ohtori S, Nakagawa K. Surgical treatment for dropped head syndrome with cervical spondylotic amyotrophy: a case report. *BMC Res Notes*. 2018 Jul 24; 11(1):500. doi: 10.1186/s13104-018-3612-2.
 18. Noguchi H, Koda M, Funayama T, Kumagai H, Saito J, Mannoji C, Aramomi M, Abe T, Nagashima K, Miura K, Mataka K, Fuji K, Furuya T, Yamazaki M. Regenos spacers are not

- suitable for open-door laminoplasty because of serious adverse events caused by their insufficient mechanical strength. *J Clin Neurosci*. 2018 Oct;56:50-55. doi: 10.1016/j.jocn.2018.07.015. Epub 2018 Jul 17.
19. Miura K, Kadone H, Koda M, Abe T, Kumagai H, Nagashima K, Mataka K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Kawamoto H, Sankai Y, Yamazaki M. The hybrid assistive limb (HAL) for Care Support successfully reduced lumbar load in repetitive lifting movements. *J Clin Neurosci*. 2018 Jul;53:276-279. doi: 10.1016/j.jocn.2018.04.057. Epub 2018 May 3.
 20. Miura K, Koda M, Kadone H, Abe T, Kumagai H, Nagashima K, Mataka K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Suzuki K, Yamazaki M. Successful detection of postoperative improvement of dynamic sagittal balance with a newly developed three-dimensional gait motion analysis system in a patient with iatrogenic flatback syndrome: A case report. *J Clin Neurosci*. 2018 Jul;53:241-243. doi: 10.1016/j.jocn.2018.04.051. Epub 2018 May 3.
 21. Koda M, Hanaoka H, Sato T, Fujii Y, Hanawa M, Takahashi S, Furuya T, Ijima Y, Saito J, Kitamura M, Ohtori S, Matsumoto Y, Abe T, Watanabe K, Hirano T, Ohashi M, Shoji H, Mizouchi T, Takahashi I, Kawahara N, Kawaguchi M, Orita Y, Sasamoto T, Yoshioka M, Fujii M, Yonezawa K, Soma D, Taneichi H, Takeuchi D, Inami S, Moridaira H, Ueda H, Asano F, Shibao Y, Aita I, Takeuchi Y, Mimura M, Shimbo J, Somya Y, Ikenoue S, Sameda H, Takase K, Ikeda Y, Nakajima F, Hashimoto M, Ozawa T, Hasue F, Fujiyoshi T, Kamiya K, Watanabe M, Katoh H, Matsuyama Y, Yamamoto Y, Togawa D, Hasegawa T, Kobayashi S, Yoshida G, Oe S, Banno T, Arima H, Akeda K, Kawamoto E, Imai H, Sakakibara T, Sudo A, Ito Y, Kikuchi T, Osaki S, Tanaka N, Nakanishi K, Kamei N, Kotaka S, Baba H, Okudaira T, Konishi H, Yamaguchi T, Ito K, Katayama Y, Matsumoto T, Matsumoto T, Idota M, Kanno H, Aizawa T, Hashimoto K, Eto T, Sugaya T, Matsuda M, Fushimi K, Nozawa S, Iwai C, Taguchi T, Kanchiku T, Suzuki H, Nishida N, Funaba M, Yamazaki M. Study protocol for the G-SPIRIT trial: a randomised, placebo-controlled, double-blinded phase III trial of granulocyte colony-stimulating factor-mediated neuroprotection for acute spinal cord injury. *BMJ Open*. 2018 May 5;8(5):e019083. doi: 10.1136/bmjopen-2017-019083.
 22. Imagama S, Ando K, Takeuchi K, Kato S, Murakami H, Aizawa T, Ozawa H, Hasegawa T, Matsuyama Y, Koda M, Yamazaki M, Chikuda H, Shindo S, Nakagawa Y, Kimura A, Takeshita K, Wada K, Katoh H, Watanabe M, Yamada K, Furuya T, Tsuji T, Fujibayashi S, Mori K, Kawaguchi Y, Watanabe K, Matsumoto M, Yoshii T, Okawa A. Perioperative Complications After Surgery for Thoracic Ossification of Posterior Longitudinal Ligament: A Nationwide Multi-center Prospective Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018 Dec 1;43(23):E1389-E1397. doi: 10.1097/BRS.0000000000002703.
 23. Koda M, Abe T, Funayama T, Noguchi H, Miura K, Nagashima K, Kumagai H, Mataka K, Furuya T, Orita S, Inage K, Ohtori S, Yamazaki M. Postoperative recovery course, but not preoperative factors and operative kyphosis correction can predict final neurological outcome of posterior decompression with instrumented surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine. *J Clin Neurosci*. 2018 Jul;53:85-88. doi: 10.1016/j.jocn.2018.04.032. Epub 2018 Apr 19.
 24. Hirai T, Yoshii T, Nagoshi N, Takeuchi K, Mori K, Ushio S, Iwanami A, Yamada T, Seki S, Tsuji T, Fujiyoshi K, Furukawa M, Nishimura S, Wada K, Furuya T, Matsuyama Y, Hasegawa T, Takeshita K, Kimura

- A, Abematsu M, Haro H, Ohba T, Watanabe M, Katoh H, Watanabe K, Ozawa H, Kanno H, Imagama S, Ando K, Fujibayashi S, Koda M, Yamazaki M, Matsumoto M, Nakamura M, Okawa A, Kawaguchi Y. Distribution of ossified spinal lesions in patients with severe ossification of the posterior longitudinal ligament and prediction of ossification at each segment based on the cervical OP index classification: a multicenter study (JOSL CT study). *BMC Musculoskelet Disord*. 2018 Apr 5;19(1):107. doi: 10.1186/s12891-018-2009-7.
25. Miura K, Koda M, Kadone H, Kubota S, Shimizu Y, Kumagai H, Nagashima K, Mataka K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Abe T, Sankai Y, Yamazaki M. Gait training using a hybrid assistive limb (HAL) attenuates head drop: A case report. *J Clin Neurosci*. 2018 Jun;52:141-144. doi: 10.1016/j.jocn.2018.03.010. Epub 2018 Mar 31.
26. Takahashi H, Aoki Y, Nakajima A, Sonobe M, Terajima F, Saito M, Miyamoto T, Koyama K, Yamamoto K, Furuya T, Koda M, Ohtori S, Yamazaki M, Nakagawa K. Axonal damage is remarkable in patients with acutely worsening symptoms of compression myelopathy: biomarkers in cerebrospinal fluid samples. *Eur Spine J*. 2018 Aug;27(8):1824-1830. doi: 10.1007/s00586-018-5549-5. Epub 2018 Mar 19.
27. Koda M, Furuya T, Saito J, Ijima Y, Kitamura M, Ohtori S, Orita S, Inage K, Abe T, Noguchi H, Funayama T, Kumagai H, Miura K, Nagashima K, Yamazaki M. Postoperative K-line conversion from negative to positive is independently associated with a better surgical outcome after posterior decompression with instrumented fusion for K-line negative cervical ossification of the posterior ligament. *Eur Spine J*. 2018 Jun;27(6):1393-1400. doi: 10.1007/s00586-018-5505-4. Epub 2018 Feb 14.
28. Kubota S, Abe T, Koda M, Kadone H, Shimizu Y, Mataka Y, Noguchi H, Fujii K, Marushima A, Funayama T, Kawamoto H, Hada Y, Sankai Y, Yamazaki M. Application of a newly developed upper limb single-joint hybrid assistive limb for postoperative C5 paralysis: An initial case report indicating its safety and feasibility. *J Clin Neurosci*. 2018 Apr;50:268-271. doi: 10.1016/j.jocn.2018.01.038.
29. Puentes S, Kadone H, Kubota S, Abe T, Shimizu Y, Marushima A, Sankai Y, Yamazaki M, Suzuki K. Reshaping of Gait Coordination by Robotic Intervention in Myelopathy Patients After Surgery. *Front Neurosci*. 2018 Mar 2;12:99. doi: 10.3389/fnins.2018.00099. eCollection 2018.
30. Shimizu Y, Kadone H, Kubota S, Suzuki K, Saotome K, Ueno T, Abe T, Marushima A, Watanabe H, Endo A, Tsurumi K, Ishimoto R, Matsushita A, Koda M, Matsumura A, Sankai Y, Hada Y, Yamazaki M. Voluntary ambulation using voluntary upper limb muscle activity and Hybrid Assistive Limb® (HAL®) in a patient with complete paraplegia due to chronic spinal cord injury: A case report. *J Spinal Cord Med*. 2018 Jan 19:1-9. doi: 10.1080/10790268.2017.1423267. [Epub ahead of print]
31. Miura K, Kadone H, Koda M, Abe T, Endo H, Murakami H, Doita M, Kumagai H, Nagashima K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Kawamoto H, Sankai Y, Yamazaki M. The hybrid assisted limb (HAL) for Care Support, a motion assisting robot providing exoskeletal lumbar support, can potentially reduce lumbar load in repetitive snow-shoveling movements. *J Clin Neurosci*. 2018 Mar;49:83-86. doi: 10.1016/j.jocn.2017.11.020. Epub 2017 Dec 15.
32. Miura K, Kadone H, Koda M, Kumagai H, Nagashima K, Fujii K, Noguchi H, Funayama T, Abe T, Furuya T, Yamazaki M. Three-dimensional gait analysis reveals dynamic alignment change in a patient with d

- ropped head syndrome: A case report. J Clin Neurosci. 2018 Feb;48:106-108. doi: 10.1016/j.jocn.2017.10.075. Epub 2017 Nov 3.
33. Kimura A, Takeshita K, Inoue H, Seichi A, Kawasaki Y, Yoshii T, Inose H, Furuya T, Takeuchi K, Matsunaga S, Seki S, Tsushima M, Imagama S, Koda M, Yamazaki M, Mori K, Nishimura H, Endo K, Yamada K, Sato K, Okawa A. The 25-question Geriatric Locomotive Function Scale predicts the risk of recurrent falls in postoperative patients with cervical myelopathy. J Orthop Sci. 2018 Jan;23(1):185-189. doi: 10.1016/j.jos.2017.10.006. Epub 2017 Oct 31.
2. 学会発表
1. ロボットスーツ HAL を用いた歩行訓練による首下がり症候群の改善. 三浦紘世, 久保田茂希, 松井彩乃, 安部哲哉, 門根秀樹, 清水如代, 野口裕史, 船山徹, 國府田正雄, 山崎正志. 第9回日本成人脊柱変形学会(東京), 3月, 2019. シンポジウム
 2. 三次元動作解析による首下がり症候群における脊柱アライメントの連続歩行時の動的変化. 三浦紘世, 門根秀樹, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第9回日本成人脊柱変形学会(東京), 3月, 2019.
 3. 成人脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いたアライメントの動的評価. 三浦紘世, 門根秀樹, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第53回日本脊髄障害医学会(愛知), 11月, 2018.
 4. 腰部支援用 HAL を用いた重量物挙上反復動作における腰部負荷軽減効果. 三浦紘世, 門根秀樹, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第33回日本整形外科学会基礎学術集会(奈良), 10月, 2018.
 5. 成人脊柱変形に対する歩行動作解析を用いた上肢運動評価. 三浦紘世, 門根秀樹, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第33回日本整形外科学会基礎学術集会(奈良), 10月, 2018.
 6. 成人脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いた全脊柱アライメントの動的評価. 三浦紘世, 門根秀樹, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第33回日本整形外科学会基礎学術集会(奈良), 10月, 2018.
 7. 当科における初診時原発不明脊椎腫瘍の治療戦略とその臨床成績. 三浦紘世, 柴尾洋介, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 藤井賢吾, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第27回日本脊椎インストゥルメンテーション学会(東京), 9月, 2018.
 8. 成人脊柱変形に対する歩行動作解析を用いた上肢運動評価. 三浦紘世, 門根秀樹, 柴尾洋介, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 藤井賢吾, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志. 第27回日本脊椎インストゥルメンテーション学会(東京), 9月, 2018.
 9. 成人脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いた全脊柱アライメントの動的評価. 三浦紘世, 門根秀樹, 柴尾洋

- 介，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，藤井賢吾，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，山崎正志。第 27 回日本脊椎インストゥルメンテーション学会（東京），9 月，2018.
10. 首下がりに対する三次元歩行動作解析を用いたアライメントの動的評価。三浦紘世，門根秀樹，柴尾洋介，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，藤井賢吾，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，山崎正志。第 27 回日本脊椎インストゥルメンテーション学会（東京），9 月，2018.
11. 成人脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いた全脊柱アライメントの動的評価。三浦紘世，門根秀樹，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，鈴木健嗣，山崎正志。第 91 回日本整形外科学会（神戸），5 月，2018.
12. 成人脊柱変形に対する歩行動作解析を用いた上肢運動評価。三浦紘世，門根秀樹，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，鈴木健嗣，山崎正志。第 91 回日本整形外科学会（神戸），5 月，2018.
13. 成人脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いた全脊柱アライメントの動的評価。三浦紘世，門根秀樹，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，藤井賢吾，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，鈴木健嗣，山崎正志。第 47 回日本脊椎脊髄病学会（神戸），4 月，2018.
14. 首下がりに対する三次元歩行動作解析を用いた矢状面アライメントの動的評価。三浦紘世，門根秀樹，熊谷洋，長島克弥，俣木健太郎，藤井賢吾，野口裕史，船山徹，安部哲哉，國府田正雄，鈴木健嗣，山崎正志。第 8 回日本成人脊柱変形学会（東京），3 月，2018.
- H. 知的財産権の出願・登録状況
（予定を含む）
1. 特許取得
該当なし
 2. 実用新案登録
該当なし
 3. その他
該当なし