

令和 6 年 5 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K22672

研究課題名（和文）培養細胞上の糖鎖抗原変化と自家細胞移植における免疫応答発生機序の解明

研究課題名（英文）Glycan antigen changes on cultured cells and the mechanism of immune response development in autologous cell transplantation

研究代表者

岩崎 倫政（Norimasa, Iwasaki）

北海道大学・医学研究院・教授

研究者番号：30322803

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：自家細胞による細胞移植であっても、移植された細胞の長期生存は認められず、移植後比較的早い時期に消失する。このことは移植前の拡大培養において細胞の免疫応答を変化させる要因の存在を示唆していた。本研究では、細胞表面のタンパク質や脂質に結合する糖鎖が継代に伴い変化することを明らかにし、骨髄間葉系幹細胞（BMSC）や軟骨細胞の継代を繰り返すことにより免疫応答が発生することを発見した。継代によって生じる糖鎖プロファイルの変化は、抗原としてマクロファージによる免疫原性の高い標的として機能することを証明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自家細胞移植は免疫拒絶を受ける恐れがないことがメリットであるが、継代培養を重ねることにより自家細胞間において免疫応答が生じることを初めて明らかにした。継代に伴う糖鎖構造変化が細胞表面の抗原として認識される可能性を示し、その糖鎖の生合成を阻害することによって継代による免疫反応発生が抑制された。本結果は、移植後の細胞消失の予防に繋がり、移植細胞数を大幅に減少した再生医療の実現が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The transplanted cells disappear relatively shortly after transplantation, even with autologous cell transplantation. This suggests the presence of factors that alter the immune response of cells in expanded culture prior to transplantation. In this study, we found that glycans that bind to proteins and lipids on the cell surface change with passaging, and that repeated passaging of bone marrow mesenchymal stem cells (BMSCs) and chondrocytes generates an immune response. The changes in glycan profiles produced by passages proved to serve as highly immunogenic targets by macrophages as antigens.

研究分野：整形外科学

キーワード：免疫応答 スフィンゴ糖脂質 マクロファージ 軟骨細胞 間葉系幹細胞 自家細胞移植

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

軟骨欠損に対する現在の治療戦略には、骨軟骨自家移植、軟骨細胞移植、間葉系幹細胞移植、マイクロフラクチャー手術がある。しかし、移植された細胞の長期生存は、レシピエントの大部分において得られていない (Igarashi et al., *J Biomed Mater Res A*. 2012. Igarashi et al., *J Biomed Mater Res A*. 2010. Kasahara et al., *J Biomed Mater Res A*. 2008. Yamane et al., *Biomaterials*. 2005.)。これは、in vitro で継代した間葉系幹細胞や軟骨細胞の生理的、免疫学的挙動や細胞糖鎖プロファイルが変化することが最も原因だと考えられる。糖鎖は細胞表面のタンパク質や脂質に結合し、細胞最先端に存在する。したがって、細胞外刺激に対し最も鋭敏に反応する分子である。この特性から、我々は ES や iPS 細胞等の幹細胞上の糖鎖は分化誘導刺激に反応すると考え、神経や軟骨細胞などの成熟細胞への分化過程で発現が有意に変化する糖鎖を探索・同定し、これらが分化マーカーとして機能することを明らかにしてきた (Homan et al., *Int J Mol Sci*. 2019. Terashima et al., *Stem Cell Res*. 2014. Ishihara et al., *Biochim. Biophys. Acta*. 2014. Amano et al., *Mol. Cell Proteomics*. 2010.)。また、糖鎖は細胞間の免疫応答においても重要な役割を担う。継代培養により細胞上の糖鎖構造が変化-糖鎖抗原変化-し、これにより自家細胞移植においてもドナー (提供) とホスト (宿主) 細胞間に免疫応答が生じるという仮説を立てた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、骨髄間質細胞 (BMSCs) および軟骨細胞を用いて糖鎖工学的アプローチにより上記仮説を証明し、より効率的な自家および同種細胞による軟骨再生医療の実現に繋げることである。

3. 研究の方法

(1) 自家および同種細胞間での培養前後の培養細胞 免疫細胞間における免疫応答の解析
継代培養による免疫応答変化を捉えるためのモデルを作成するため、8 週齢の C57/B6 マウスの腹腔内マクロファージを単離し、軟骨細胞または間葉系幹細胞を含む継代細胞とマクロファージとを共培養することで直接相互作用実験を行った。間接的相互作用実験では、軟骨細胞および間葉系幹細胞をトランスウェルインサートに播種してマクロファージと共培養した。各継代数 (passage 3, 4, 6, 8) の BMSC および軟骨細胞とマクロファージは 2.0×10^5 cells に同数で調整した。これら培養上清に対して酵素免疫吸着法 (ELISA 法) を用いて炎症性サイトカインの濃度を測定した。

(2) 継代培養前後のマウス BMSCs および軟骨細胞上の糖鎖解析

軟骨細胞は哺乳 5 日目の C57BL/6N マウスの関節軟骨からコラゲナーゼ D で処理して単離した。BMSCs は、2 週齢の同系マウスの大腿骨と脛骨を採取し、骨髄を長骨から洗い流し、骨片をコラゲナーゼ II で消化、放出された細胞を除去して消化された骨片を培養し、そこから移動して成長する線維芽細胞様細胞を BMSCs として継代培養を行った。各代の細胞上の糖鎖構造についてグライコプロット法、ペップ法、サルサ法を並行したグライコム解析を行い、N 型糖鎖、O 型糖鎖、糖脂質 (GSL) 糖鎖の構造推定を行った。

(3) 標的とする糖鎖抗原分子の発現操作に伴う機能解析

標的となる糖鎖構造の合成に関わる糖転移酵素の遺伝子についてノックアウトマウスを作成した。GD3 合成酵素 (CMP-NeuAc:NeuAc alpha 2-3Gal beta 1-4Glc beta 1-1'Cer alpha 2,8-sialyltransferase) は、シアル酸モチーフを持つことを特徴とするシアル酸転移酵素ファミリーの一員であり、ガングリオシドの生合成経路を制御する重要な制御酵素である。GD3 合成酵素遺伝子を欠損することにより b 系列ガングリオシドの生成が阻害された。

4. 研究成果

(1) 継代細胞と免疫細胞間における免疫応答発生

BMSC や軟骨細胞などの細胞を in vitro で継代すると、細胞の生理的・免疫的な挙動が変化することを明らかにし、継代培養された細胞はマクロファージを含む免疫細胞と相互作用することを突き止めた。これらの作用が生じるための最小限の細胞継代数を決定することは、この免疫的な挙動を担う細胞表面の糖鎖構造解析のターゲットを絞る上で不可欠である。マクロファージと継代細胞の直接共培養では、継代 3 (P3) の軟骨細胞との培養では、P0 の軟骨細胞に比べて IL-6 のレベルが増加した。一方、P6 軟骨細胞を用いた培養では、P2 軟骨細胞を用いた培養と比較して、IL-6 のレベルが増加した。間接培養では、IL-6 の増加は培養群間で有意差はなかった。

これらの結果は、マクロファージの活性化には、継代細胞との直接的な相互作用が必要であることを示唆している。次に、直接共培養モデルにおいて、一酸化窒素 (NO) および TNF- α などの炎症マーカーのレベルを測定した。P3 軟骨細胞や P6 間葉系幹細胞と共培養したマクロファージでは、NO や TNF- α のレベルが顕著に上昇した。これらの結果から、軟骨細胞は継代 2 回まで、間葉系 幹細胞は継代 5 回まで使用可能であることが明らかになった。マクロファージが継代による移植細胞表面の変化を認識し、免疫反応の活性化や継代細胞のクリアランスにつながっている可能性を示唆した。

(2) 継代培養に伴う糖鎖構造変化の解明

軟骨細胞の各継代数 (P0, 1, 2, 3) におけるグリコームの取得に成功した。N 型糖鎖において、いずれの継代においても高マンノース型 N 型糖鎖が糖鎖総量の 7-8 割を占めており、軟骨細胞としての特徴を示していた。O 型糖鎖において、コア 2 糖鎖の生合成経路に沿った糖鎖発現に上昇を認めた。GSL 糖鎖は継代数の増加に伴いプロファイルが大きく変化していた。継代に伴い Gb4 や GD3 が減少し、GM1 や GD1a の発現が顕著に増加した。これにより、b 系列ガングリオシドの生成が活性化していることが推定され、標的とするサブグリコームがスフィンゴ糖脂質の GD3 に絞られた。この標的糖鎖分子に関して、単球の IL-6 および IL-10 産生を増加させる報告はあるが、マクロファージにおける知見はこれまで出ていない。遺伝子改変マウス (GD3 ノックアウト [GD3-KO] マウス) から軟骨細胞を採取し、共培養モデルによる免疫学的評価を実施した。GD-KO 軟骨細胞は 3 継代後もマクロファージとの免疫応答を示さず、IL-6 の発現は有意に抑制されていた。継代培養に伴う b シリーズガングリオシドの生合成を制御することによって、免疫細胞の活性化を抑制可能であることが証明された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hamasaki Masanari, Terkawi Mohamad Alaa, Onodera Tomohiro, Tian Yuan, Ebata Taku, Matsumae Gen, Alhasan Hend, Takahashi Daisuke, Iwasaki Norimasa	4. 巻 10
2. 論文標題 Transcriptional profiling of murine macrophages stimulated with cartilage fragments revealed a strategy for treatment of progressive osteoarthritis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64515-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Xu Liang, Hanamatsu Hisatoshi, Homan Kentaro, Onodera Tomohiro, Miyazaki Takuji, Furukawa Jun-ichi, Hontani Kazutoshi, Tian Yuan, Baba Rikiya, Iwasaki Norimasa	4. 巻 10
2. 論文標題 Alterations of Glycosphingolipid Glycans and Chondrogenic Markers during Differentiation of Human Induced Pluripotent Stem Cells into Chondrocytes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomolecules	6. 最初と最後の頁 1622~1622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biom10121622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ebata Taku, Terkawi Mohamad Alaa, Kitahara Keita, Yokota Shunichi, Shiota Junki, Nishida Yoshio, Matsumae Gen, Alhasan Hend, Hamasaki Masanari, Hontani Kazutoshi, Shimizu Tomohiro, Takahashi Daisuke, Endo Tsutomu, Onodera Tomohiro, Kadoya Ken, Iwasaki Norimasa	4. 巻 75
2. 論文標題 Noncanonical Pyroptosis Triggered by Macrophage-Derived Extracellular Vesicles in Chondrocytes Leading to Cartilage Catabolism in Osteoarthritis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Arthritis & Rheumatology	6. 最初と最後の頁 1358~1369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/art.42505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ohnishi Takashi, Homan Kentaro, Fukushima Akira, Ukeba Daisuke, Iwasaki Norimasa, Sudo Hideki	4. 巻 12
2. 論文標題 A Review: Methodologies to Promote the Differentiation of Mesenchymal Stem Cells for the Regeneration of Intervertebral Disc Cells Following Intervertebral Disc Degeneration	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cells	6. 最初と最後の頁 2161~2161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cells12172161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Homan Kentaro, Onodera Tomohiro, Hanamatsu Hisatoshi, Furukawa Jun-ichi, Momma Daisuke, Matsuoka Masatake, Iwasaki Norimasa	4. 巻 12
2. 論文標題 Articular cartilage corefucosylation regulates tissue resilience in osteoarthritis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.92275	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Homan Kentaro, Onodera Tomohiro, Matsuoka Masatake, Iwasaki Norimasa	4. 巻 25
2. 論文標題 Glycosphingolipids in Osteoarthritis and Cartilage-Regeneration Therapy: Mechanisms and Therapeutic Prospects Based on a Narrative Review of the Literature	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 4890 ~ 4890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms25094890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計26件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Kentaro Homan, Tomohiro Onodera, Hisashi Hanamatsu, Jun-ichi Furukawa, Takuji Miyazaki, Jun Yamaguchi, Yoshiaki Hosokawa, Taku Ebata, Dawei Liang, WooYoung Kim, Masatake Matsuoka, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Core-fucosylation deficiency inhibits recovery in early degenerative cartilage.
3. 学会等名 The16th World Congress of International Chemical Reference Substances (ICRS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiaki Hosokawa, Masatake Matsuoka, Tomohiro Onodera, Kentaro Homan, WooYoung Kim, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Depletion of b-Series Gangliosides Ameliorate the Growth Imbalance After Growth Plate Injury.
3. 学会等名 The16th World Congress of International Chemical Reference Substances (ICRS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宝満健太郎、小野寺智洋、花松久寿、古川潤一、山口純、細川吉暁、金佑泳、松岡正剛、岩崎倫政。
2. 発表標題 総合グライコミクスアプローチによる変形性関節症標的分子の探索。
3. 学会等名 第37回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宝満健太郎、小野寺智洋、花松久寿、古川潤一、松ヶ崎圭純、劉越、金佑泳、松岡正剛、岩崎倫政。
2. 発表標題 変形性関節症軟骨に発現する全糖鎖の相互比較。
3. 学会等名 第35回日本軟骨代謝学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taku Ebata, Kentaro Homan, Alaa Terkawi, Tomohiro Onodera, Norimasa Iwasaki
2. 発表標題 Passaging Of Bone Marrow Stromal Cells And Chondrocytes Instigates Significant Modifications In Their Immunological Behavior: Towards Successful Cellular Implantation For Cartilage Defects
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎 拓自, 花松 久寿, 小野寺 智洋, 徐 亮, 古川 潤一, 宝満 健太郎, 川崎 敏祐, 岩崎 倫政
2. 発表標題 細胞特異的糖鎖解析による残存未分化iPS細胞の定量的評価法の確立
3. 学会等名 第 35 回 日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徐 亮, 花松 久寿, 宝満 健太郎, 小野寺 智洋, 古川 潤一, 本谷 和俊, 宮崎 拓自, 田 園, 岩崎 倫政
2. 発表標題 ヒトiPS細胞の軟骨分化誘導過程におけるスフィンゴ糖脂質糖鎖の網羅的発現解析
3. 学会等名 第 35 回 日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Homan, Tomohiro Onodera, Jun-ichi Furukawa, Masanari Hamasaki, Liang Xu, Takuji Miyazaki, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Identification of M9 high-mannose glycan regulating hypertrophy in articular cartilage.
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuji Miyazaki, Tomohiro Onodera, Jun-ichi Furukawa, Hisatoshi Hanamatsu, Liang Xu, Kentaro Homan, Toshisuke Kawasaki, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Elimination of residual iPSCs from derived chondrocytes by using a cytotoxic antibody specifically bound to iPS may reduce the risk of tumorigenicity.
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masanari Hamasaki, Mohamed Alaa Terkawi, Tomohiro Onodera, Gen Matsumae, Yuan Tian, Hend Alhasan, Taku Ebata, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Blockade of macrophage surface receptors suppresses inflammatory response triggered by cartilage fragments in vitro.
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Liang Xu, Tomohiro Onodera, Jun-ichi Furukawa, Hisatoshi Hanamatsu, Kentaro Homan, Kazutoshi Hontani, Takuji Miyazaki, Yuan Tian, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Glycolipid expression analysis of chondrocyte-like cells derived from human induced pluripotent stem cells (hipsc).
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Gen Matsumae, Mohamad Alaa Terkawi, Tomohiro Shimizu, Taku Ebata, Shunichi Yokota, Daisuke Takahashi, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Involvement of nephroblastoma overexpressed (NOV) in development of pathological bone resorption in rheumatoid arthritis.
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hend Alhasan, Alaa Terkawi, Mahmoud M. Abd Elwakil, Gen Matsumae, Taku Ebata, Yoshio Nishida, Tomohiro Shimizu, Shunichi Yokota, Daisuke Takahashi, Hideyoshi Hideyoshi, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Injectable thermosensitive hydrogel containing A2-26 peptide for local treatment of pathological bone resorption associated with inflammatory.
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shunichi Yokota, Gen Matsumae, Tomohiro Shimizu, Taku Ebata, Hend Alhasan, Daisuke Takahashi, Alaa Terkawi, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Cardiotrophin Like Cytokine Factor 1 (CLCF1) alleviates excessive bone loss and osteoclast differentiation through activating interferon signaling and repressing the nuclear factor- B signaling pathway.
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宝満健太郎、小野寺智洋、花松久寿、古川潤一、山口純、細川吉暁、金佑泳、松岡正剛、岩崎倫政。
2. 発表標題 総合グライコミクスアプローチによる変形性関節症標的分子の探索。
3. 学会等名 第37回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kentaro Homan, Tomohiro Onodera, Hisatoshi Hanamatsu, Jun-ichi Furukawa, Keizumi Matsugasaki, WooYoung Kim, Masatake Matsuoka, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Glycophenotype in human osteoarthritis cartilage by comprehensive glycomics analysis.
3. 学会等名 The 69th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宝満健太郎、小野寺智洋、花松久寿、古川潤一、松ヶ崎圭純、劉越、金佑泳、松岡正剛、岩崎倫政。
2. 発表標題 変形性関節症軟骨に発現する全糖鎖の相互比較。
3. 学会等名 第35回日本軟骨代謝学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Alaa Terkawi, Kentaro Homan, Taku Ebata, Tomohiro Onodera, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Immunological and glycan profiling of bone marrow stromal cells and chondrocytes after passaging for implantation in cartilage defects.
3. 学会等名 The 17th World Congress of International Chemical Reference Substances (ICRS) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kentaro Homan, Tomohiro Onodera, Hisatoshi Hanamatsu, Jun-ichi Furukawa, Jun Yamaguchi, Keizumi Matsugasaki, Yue Liu, Masatake Matsuoka, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Altered Glycosylation of Human Osteoarthritis Cartilage Based on Comprehensive Glycan Analysis.
3. 学会等名 The 17th World Congress of International Chemical Reference Substances (ICRS) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口純、小野寺智洋、宝満健太郎、松岡正剛、長濱宏治、上田菜摘美、澤田志穂、斎藤充、岩崎倫政。
2. 発表標題 アルギン酸-細胞間架橋ゲルによる腱組織修復機序の解明
3. 学会等名 第45回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西貴士、宝満健太郎、須藤英毅、山田勝久、岩崎倫政。
2. 発表標題 骨髄由来間葉系幹細胞移植による再生医療を背景とした椎間板再生に有効な核酸ターゲットの探索。
3. 学会等名 第38回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keizumi Matsugasaki, Tomohiro Onodera, Kentaro Homan, Hiroyuki Kameda, Kohsuke Kudo, Naoya Sakamoto, Yoshiaki Hosokawa, Masatake Matsuoka, Ryuichi Fukuda, Yuko Sakai, Yue Liu, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Evaluation of water dynamics in articular cartilage using isotope-labeled water.
3. 学会等名 The 70th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 Masatake Matsuoka, Wooyoung Kim, Yuko Sakai, Ryuichi Fukuda, KeizumiMatsugasaki, Kentaro Homan, Tomohiro Onodera, Norimasa Iwasaki.
2. 発表標題 Depletion of Ccr7 prevents bony growth imbalance after physeal injury in mice.
3. 学会等名 The 70th Annual Meeting of Orthopaedic Research Society (ORS) (国際学会)
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 宝満健太郎、小野寺智洋、花松久寿、古川潤一、山口純、松ヶ崎圭純、劉越、福田龍一、坂井裕子、松岡正剛、岩崎倫政。
2. 発表標題 FUT8によるコアフコシル化がTGF- 経路を介して変性前の軟骨を保護する。
3. 学会等名 第36回日本軟骨代謝学会
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 松ヶ崎圭純、小野寺智洋、宝満健太郎、亀田浩之、工藤與亮、坂本直哉、細川吉暁、松岡正剛、福田龍一、坂井裕子、劉越、岩崎倫政。
2. 発表標題 同位体標識水による関節軟骨の水動態の評価。
3. 学会等名 第36回日本軟骨代謝学会
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 坂井裕子、金佑泳、松岡正剛、細川吉暁、福田龍一、宝満健太郎、小野寺智洋、岩崎倫政。
2. 発表標題 ケモカインCCR7欠損は成長板損傷後の骨性架橋形成を抑制する。
3. 学会等名 第36回日本軟骨代謝学会
4. 発表年 2023年～2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	照川 アラー (Terkawi Alaa) (00723074)	北海道大学・医学研究院・助教 (10101)	
研究 分担者	古川 潤一 (Furukawa Jun-ichi) (30374193)	名古屋大学・糖鎖生命コア研究所・特任教授 (13901)	
研究 分担者	宝満 健太郎 (Homan Kentaro) (40823331)	北海道大学・医学研究院・博士研究員 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------