

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03180

研究課題名(和文)脱細胞化生体組織を規範とするTissueoid(人工生体組織)の創製

研究課題名(英文)Creation of tissueoids (artificial tissues) based on decellularized tissues

研究代表者

岸田 晶夫(KISHIDA, AKIO)

東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・教授

研究者番号：60224929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：優れた生体適合性・生体機能性を有する脱細胞化生体組織を規範として、新しい生体材料である人工生体組織(Tissueoid：生体組織のようなもの)の概念を提唱し、その創製を通じてバイオマテリアルの設計概念および作製プロセスの獲得を目指した。脱細胞化組織の特性の要因のひとつとして生体組織の微細構造があることを見いだした。その要素をコラーゲンあるいは人工材料で作製した組織体に組み込み「Tissueoid」の開発概念を立証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脱細胞化組織の優れた特性の根源のひとつとして、生体組織の微細構造が重要であることを明らかにした。これを人工材料に組み込むと機能発現が可能である可能性を示したことで、Tissueoidの概念を立証できた。これにより、安価で高機能なバイオマテリアル開発のための設計概念の基礎情報を提供できた。

研究成果の概要(英文)：Decellularized tissue is a biomaterial with excellent biocompatibility and biofunctionality. Based on this, a new type of biomaterials, we tried to develop a new artificial tissue (Tissueoid: pseudo-biological tissue) in this study. We have also proposed the concept of a new type of biomaterials based on the concept of tissueoid. In addition, we proposed a new design concept of biomaterials and the new concept of fabrication. As a result, we found that the microstructure of biological tissues is one of the key factors for the characteristics of decellularized tissue, and we proved the concept by fabricating a 3-dimensional tissue matrices made of collagen or artificial materials using this factor.

研究分野：医用材料

キーワード：脱細胞化組織 バイオマテリアル 組織再構築 微細構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

これまで我々は、動物組織から細胞成分を除去した脱細胞化組織を用いた再生医療・組織工学について研究を行ってきた。脱細胞化組織の特徴は、①物理特性が生体組織とほぼ変わらない、②炎症反応がおこりにくい、③抗血栓性など組織本来の生体機能を保持している、④治癒促進・組織修復・組織再構築能力がある、などが報告されている。我々は、これらの長を生かした再生医療足場および新しいバイオマテリアルとしての応用の研究を行う一方で、人工材料を用いた脱細胞化組織に匹敵する性能を有する新しいバイオマテリアルの創製に取り組んでいる。

脱細胞化組織の主成分はコラーゲンであり、組織ごとにエラスチン、多糖類などの第二成分を含有している。コラーゲンを用いたバイオマテリアルについては既に多くの研究があり、ゲル、スポンジおよびコーティング、固定化など種々の形態について研究が行われているが、脱細胞化組織に匹敵する機能を有するものは開発されていない。我々は、溶解しているコラーゲン分子の配列を制御する技術を検討し、溶液の pH や塩強度を透析などの方法を用いて、生体組織と類似した繊維構造を実現する技術を開発し、この繊維化コラーゲン組織が生体組織類似の特性を有していることを明らかにした。これは脱細胞化組織の有する低炎症性および生体内安定性を、繊維化コラーゲンにより人工的に再現できたことを示している。しかし、ここで作成した繊維化コラーゲン組織は、角膜や真皮と比較して物理特性は非常に低く、生体組織そのものの再構築にはまだ解決すべき課題が多くあった。

2. 研究の目的

生体適合性・生体機能性に優れた脱細胞化生体組織を規範として、生物材料および人工材料を含めた、機能および構造のシームレスな解析を行い、新しい生体材料である人工生体組織 (Tissueoid : Tissue + -oid、生体組織のようなもの [造語]) の創製を通じて、バイオマテリアルの設計概念および作製プロセスの獲得を目指す。脱細胞化組織の優れた特性の原因を探索し、その要素をコラーゲンからなる組織体あるいは人工材料で作製した組織体に組み込み、これまでのバイオマテリアルでは到達できなかった、高い血液適合性や成長性、再生医療にも資する臓器補綴物などを可能にする「Tissueoid」の開発に必要な知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、①目的の Tissueoid (人工生体組織) 開発の基盤的知見の集積を目的とした脱細胞化生体組織の特性解析、②繊維化コラーゲン組織作製技術を発展させた種々の特性 (構造・成分) を有するマトリクス (組織体) の作製、③ナノファイバー、多孔体製造技術および生体組織表面のダイレクトコピー技術を用いた人工組織構築の 3 点について検討を行う。検討する項目はそれぞれの材料において共通とし、目的とする Tissueoid の性能を決定する制御因子をあげ、連携した解析を行うことによって、3 種の材料の理解がシームレスに進むように配慮する。それぞれの研究内容は下記の通りである。

(1) 脱細胞化生体組織の特性解析 : ブタ真皮・血管を用い、バルクおよび内皮のナノ・ミクロ構造と抗血栓性、細胞選択性、低炎症性、細胞侵入性の評価を行う。脱細胞化組織の調製法によるバルク構造やコラーゲン分子の変性の影響について力学強度解析、熱学的解析、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察等による材料学的および血栓形成、細胞接着、生体内移植実験等による生物学的解析により、脱細胞化生体組織の機能を制御している因子を特定し、下記の検討に反映させる。

(2) 繊維化コラーゲンの特性解析 : コラーゲン溶液の環境変化による繊維化については、数種類の集合形態をとることが示唆されている。また、生体組織では多糖類等の第 2 成分の存在が異なっており、力学特性や生物学特性に影響していると考えられている。これらの因子を変化させて繊維化を行い、(1) と同様の検討を行い、特性制御の基本的知見を得て目的とする Tissueoid 構築の方法論を確立する。

(3) Tissueoid の試作 : Tissueoid を構成する素材については、人工材料として医療用セグメント化ポリウレタン、シリコーン樹脂を用い、ブロック体、フィルム、多孔体、ナノファイバー組織体を作製し、(1) と同様の検討を行い、脱細胞化生体組織との差異について検討を行う。これらの検討の結果を基盤として、繊維化コラーゲンを含む素材について検討し、構造・表面特性を制御する技術の総合化による Tissueoid の試作を試みる。

4. 研究成果

(1) ブタ真皮および大動脈を用い、種々の方法で脱細胞化した。脱細胞化組織の処理方法と微細構造および力学特性と含水性について検討を行った。人工材料としてゼラチンおよび合成高分子 (ポリアクリルアミド) のハイドロゲルを用いて、吸水性について検討を行った (図 1)。その結果、生体組織は一般的にバイオマテリアルとして研究されているハイドロゲルと比較して吸水挙動が大きく異なることが明らかとなった。経時的な吸水挙動の検討から、生体組織は一部がハイドロゲル様の溶解した分子を有しているが、大部分はコラーゲンが凝集して大きな

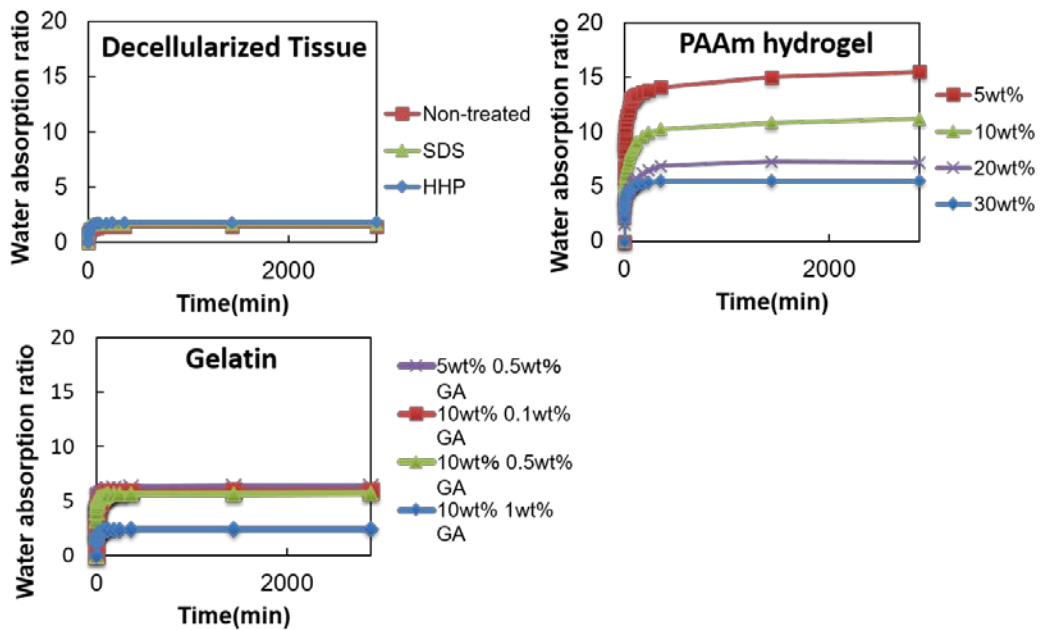


図1 各種材料の吸水挙動

空洞構造を有していると推測された。この知見は生体組織構造を破壊することなく脱細胞化できる技術を用いて初めて得られたものである。

ブタ大動脈を用い、種々の方法で脱細胞化した。脱細胞化組織の処理方法と微細構造および細胞との相互作用について検討を行った。その結果、界面活性剤を用いて脱細胞化した血管では、表面の基底膜が除去されており、また基底膜を支える内弾性板の構造も消失していた。一方、高静水圧によって脱細胞化すると、基底膜が部分的に残存し、内弾性板による波形構造も観察された。これらの試料について、ブタ血液を用いた凝固試験を行った。結果を図2に示す。図からわかるように、基底膜の構造を保持していた高静水圧処理血管については、10分の時点で血栓形成が優位に抑制されていることがわかり、その効果は臨床応用されているPTFEと同等以上であることが分かる。

以上の結果より、生体組織再構築のための材料特性として、基底膜に類似した表面が必要であり、表面の微細構造が重要な要素であることが明らかとなった。

(2) 脱細胞化ブタ大動脈を用いて、内皮を構成している基底膜の構造に着目し、脱細胞化法による構造変化とヒト血管内皮細胞の接着性について検討を行った。基底膜はコラーゲンタイプIVからなるメッシュ構造を有していると考えられているが、脱細胞化すると通常のコラーゲンマトリクスと同様な細胞接着性を示す。しかし微細構造を保存できると考えられる高静水圧法を用いると、微細構造を反映した細胞種の違いによる接着性の違いが観察された。図3に結果を示す。図3(A)ではヒト血管内皮細胞(HUVEC)、(B)では線維芽細胞(NIH3T3)の接着形態を示す。高静水圧脱細

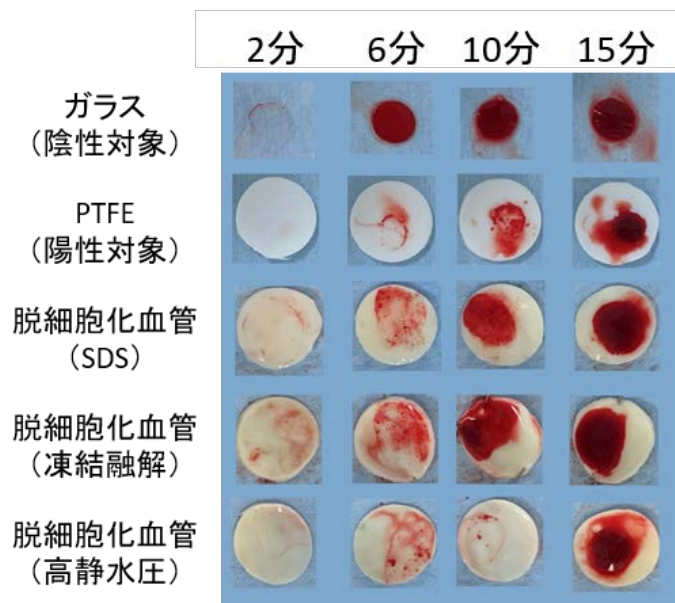


図2 種々の材料の血液凝固試験

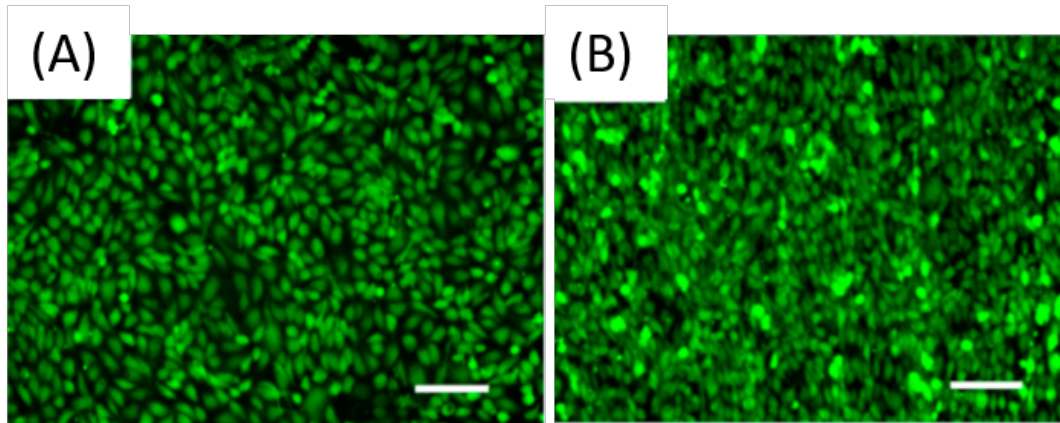


図3 高静水圧脱細胞化血管への細胞接着

(A)HUVEC (B)NIH3T3

胞化血管内皮上の HUVEC は大動脈の長軸方向に整列しつつ、典型的な敷石状構造をとっている。NIH3T3 は大動脈の基底膜の繊維方向の影響を HUVEC よりも強く受けているが細胞自体の形態は紡錘形ではなく、HUVEC に近い敷石状である。このように、細胞自体の形態は接着する基盤の構造に強く影響されることがわかる。また、HUVEC の機能解析として、遺伝子発現を RT-PCR 法で解析したところ、血管内皮の重要機能である抗血栓性を保持する機能を有するトロンボモジュリン遺伝子が高発現しており、逆に組織修復機能の指標であるマトリックスメタロプロテアーゼ類の遺伝子発現は低下していた。このことから、再細胞化による組織構築のためには、オリジナルの組織構造の保存を考慮したプロセスの考案、もしくは、再細胞化の際に細胞の生着および機能発現環境を提供できる基盤の構築の必要性が考えられた。この結果は (1) の結果と同様に、再細胞化による組織構築のためには、オリジナルの組織構造の影響を考慮したプロセスを考案する必要性を示している。

(3) 上記の知見を動物実験にて検証した。組織構造の異なる 2 種類のブタ血管（大動脈および橈骨動脈）を高静水圧処理にて脱細胞化しラット皮下に移植し、線維芽細胞による再細胞化挙動を観察した。その結果、血管の微細構造を反映した細胞の浸潤が観察され、微細構造の重要性を確認できた。さらなる検討として基底膜構造を保持できるプロセスによって脱細胞化したウシ血管（橈骨動脈）をミニブタの頸動脈に移植し（異種移植）、1 ヶ月後に取り出して観察したところ、血流は全例に認められ、3 例には全く血栓に形成を認めなかった（図 4 A）。また、切片像から炎症反応が非常に低いこと（図 4 B : HE 染色）、また内皮化が進んでいること（図 4 C : FactorVIII 染色）が明らかとなり、基底膜構造維持が可能な脱細胞化を行うことによって、血管内膜の早期の修復が生じることを、大動物を用いた異種移植実験で確認できた。

(4) 脱細胞化組織・臓器への 3 次元細胞化のための要素材料として、脱細胞化組織ゲル

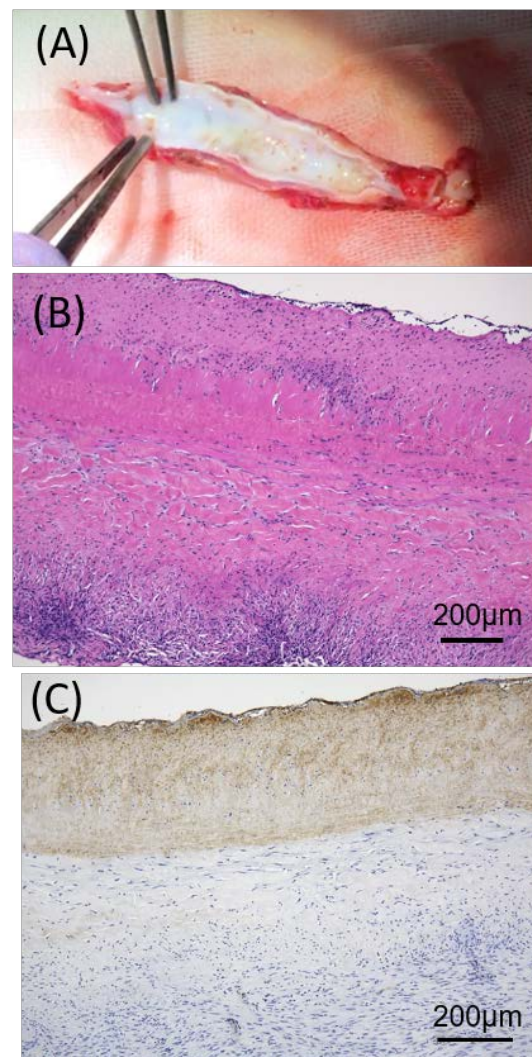


図4 脱細胞化ウシ橈骨動脈のブタ頸動脈への異種移植(1ヶ月)

(ECMゲル)を作製し、毛細血管網の構築を試みた。ECMゲル上に血管内皮細胞を播種すると、毛細血管網様のネットワーク形成が観察されたが、3次元化のためにゲル内に細胞を包埋すると形成されなかった。これはECMに含まれる種々の生物学的シグナル分子(サイトカインなど)の濃度が高すぎるために細胞の生存にとって過酷な環境となっているためと考えられる。この点については、本研究と別プロジェクトで検討中である。

Tissueoid作成のために、人工物での組織構築について検討した。まず、生体組織の機能を応用する観点から、合成高分子と脱細胞化組織のハイブリッド体の作製を試みた。脱細胞化大動脈の内膜側を薄切して管状に形成し、外側にセグメント化ポリウレタンを電解紡糸法にて製膜した。結果を図5に示す。図より明らかなように、生体組織と人工マトリックスが一体となった人工血管が得られた。弾性率は生体血管とほぼ等しく、動物実験による開存性確認においてもおおむね良好な結果が得られた。

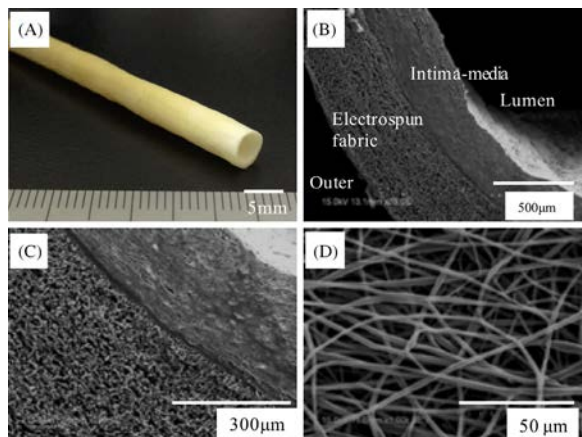


図5 生体組織と人工材料のハイブリッド血管

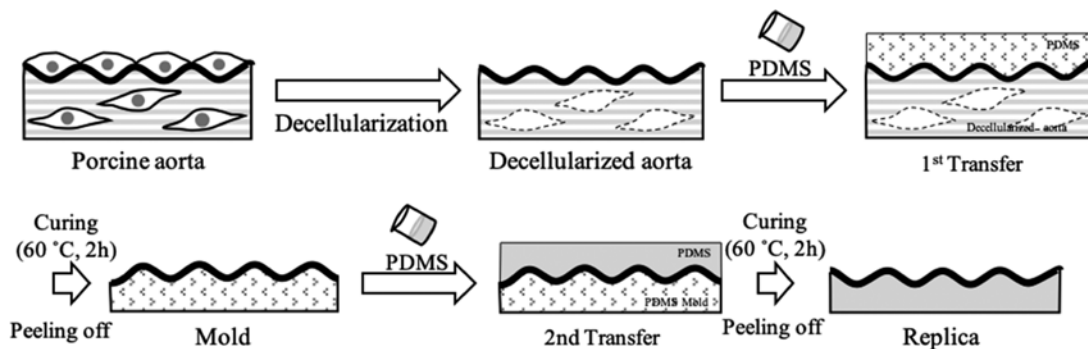


図6 生体表面転写技術のスキーム

さらに人工物のみで生体と同等の機能発現を実現するための方法論として、生体組織表面の微細構造を人工物表面に転写する技術について検討した。熱硬化型シリコン樹脂を用いて、生体組織表面構造を転写する条件を決定した(図6)。転写した表面機能を血管内皮細胞の接着実験によって確認した(図7)。図7Bが転写表面である。図7Eより、細胞の配向状況が転写元の脱細胞化血管と類似していることがわかる。

以上の結果から、Tissueoid作成のためには生体組織構造の模倣が重要であり、それは基底膜に代表される微細な繊維構造であることが明らかとなった。サイトカインなどの生物学的シグナル分子のみに注目が集まっているが、3次元組織体の構築には骨格となる基材の表面構造もサイトカインと並ぶ重要な因子であることを立証することができた。

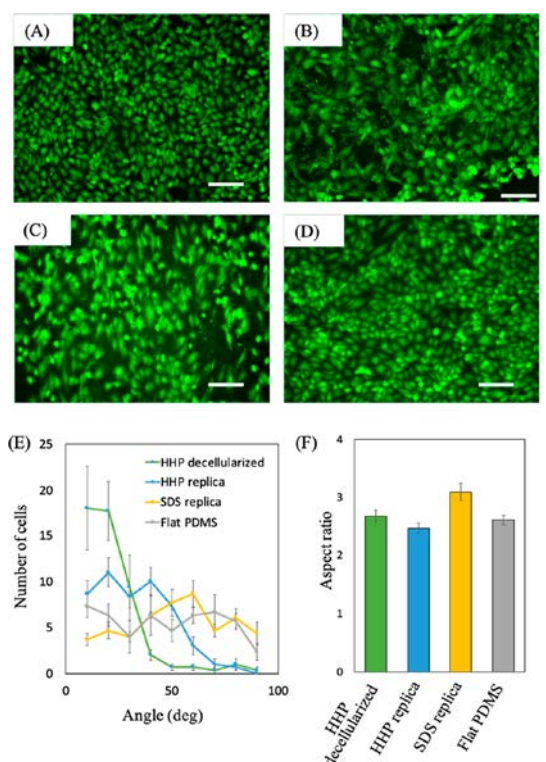


図7 転写表面上での細胞配向

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Zhang Yongwei, Iwata Takuya, Nam Kwangwoo, Kimura Tsuyoshi, Wu Pingli, Nakamura Naoko, Hashimoto Yoshihide, Kishida Akio	4. 巻 4
2. 論文標題 Water absorption by decellularized dermis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e00600 ~ e00600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00600	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 Funamoto Seiichi, Hashimoto Yoshihide, Kishida Akio, Negishi Jun	4. 巻 107
2. 論文標題 A fibrin coated pericardial extracellular matrix prevented heart adhesion in a rat model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials	6. 最初と最後の頁 1088 ~ 1094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1002/jbm.b.34201	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 Iwasaki Kengo, Akazawa Keiko, Nagata Mizuki, Komaki Motohiro, Honda Izumi, Morioka Chikako, Yokoyama Naoki, Ayame Hirohito, Yamaki Kazumasa, Tanaka Yuichi, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio, Watabe Tetsuro, Morita Ikuo	4. 巻 20
2. 論文標題 The Fate of Transplanted Periodontal Ligament Stem Cells in Surgically Created Periodontal Defects in Rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 192 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/ijms20010192	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 Wu Pingli, Nakamura Naoko, Morita Hiroko, Nam Kwangwoo, Fujisato Toshiya, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio	4. 巻 107
2. 論文標題 A hybrid small diameter tube fabricated from decellularized aortic intima media and electrospun fiber for artificial small diameter blood vessel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part A	6. 最初と最後の頁 1064 ~ 1070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1002/jbm.a.36631	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 Negishi Jun, Hashimoto Yoshihide, Yamashita Akitatsu, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio, Funamoto Seiichi	4. 巻 70
2. 論文標題 Histological structure affects recellularization of decellularized arteries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 450 ~ 455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2016.09.004	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 N.Nakamura, T.Kimura, A.Kishida	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Overview of the development, plications, and future perspectives of decellularized tissues and organs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Biomaterials, Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbmaterials6b00506	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 Kimura Tsuyoshi, Kondo Mayuka, Hashimoto Yoshihide, Fujisato Toshiya, Nakamura Naoko, Kishida Akio	4. 巻 5
2. 論文標題 Surface Topography of PDMS Replica Transferred from Various Decellularized Aortic Lumens Affects Cellular Orientation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Biomaterials Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 5721 ~ 5726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbmaterials.8b01536	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 Watanabe Naoto, Mizuno Mitsuru, Matsuda Junpei, Nakamura Naoko, Otabe Koji, Katano Hisako, Ozeki Nobutake, Kohno Yuji, Kimura Tsuyoshi, Tsuji Kunikazu, Koga Hideyuki, Kishida Akio, Sekiya Ichiro	4. 巻 37
2. 論文標題 Comparison of High Hydrostatic Pressure Decellularized Versus Freeze Thawed Porcine Menisci	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Research	6. 最初と最後の頁 2466 ~ 2475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jor.24350	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 Nakamura Naoko, Ito Ai, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio	4. 巻 20
2. 論文標題 Extracellular Matrix Induces Periodontal Ligament Reconstruction In Vivo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 3277 ~ 3277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms20133277	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 KIM Jeonghyun, TAKEDA Shu, CHAROENSOMBUT Narintadeach, KAWABATA Kinyoshi, KISHIMOTO Yugo, KIMURA Tsuyoshi, KISHIDA Akio, USHIDA Takashi, FURUKAWA, Katsuko S	4. 巻 14
2. 論文標題 Fabrication of uterine decellularized matrix using high hydrostatic pressure through depolymerization of actin filaments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 00097-00097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jbse.19-00097	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 Zhang Yongwei, Nam Kwangwoo, Kimura Tsuyoshi, Wu Pingli, Nakamura Naoko, Hashimoto Yoshihide, Funamoto Seiichi, Kishida Akio	4. 巻 114
2. 論文標題 Preparation of gradient-type biological tissue?polymer complex for interlinking device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 111017 ~ 111017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2020.111017	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 Hashimoto Yoshihide, Funamoto Seiichi, Sasaki Shuji, Negishi Jun, Hattori Shinya, Honda Takako, Kimura Tsuyoshi, Kobayashi Hisatoshi, Kishida Akio	4. 巻 102
2. 論文標題 Re-epithelialization and remodeling of decellularized corneal matrix in a rabbit corneal epithelial wound model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 238 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2019.04.024	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 Nakamura Naoko, Saito Kazuki, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio	4. 巻 67
2. 論文標題 Recellularization of decellularized cancellous bone scaffolds using low-temperature cell seeding	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tissue and Cell	6. 最初と最後の頁 101385 ~ 101385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tice.2020.101385	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 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 A.Kishida, Y. Hashimoto, J. Negishi, K. Nam, T. Kimura, S. Sasaki, T. Honda, S. Hattori, H. Kobayashi
2. 発表標題 Preparation, characterization and in vivo performance of decellularized cornea
3. 学会等名 CIMTEC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田晶夫
2. 発表標題 新しいバイオマテリアル：脱細胞化生体組織
3. 学会等名 第48回繊維学会夏期セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akio Kishida
2. 発表標題 Biomedical application of decellularized tissues
3. 学会等名 ASAIO 63rd Annual Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岸田晶夫
2. 発表標題 高静水圧処理による脱細胞化生体組織の開発とその医療応用
3. 学会等名 第49回化学工学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akio Kishida,
2. 発表標題 Preparation, characterization and in vivo performance of decellularized porcine cornea
3. 学会等名 Asia Biomaterials Congress 2017（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akio Kishida
2. 発表標題 Cell separation and biological tissue hybrids
3. 学会等名 European Society for Artificial Organs（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Kishida, R. Tokunaga, Y. Hashimoto, N. Nakamura ,T. Kimura
2. 発表標題 Development of an antibody-immobilized filter for capturing target cells
3. 学会等名 European Society for Biomaterials
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Kishida, J. Kadota, N. Nakamura, Y. Hashimoto, T. Kimura
2. 発表標題 Network formation of endothelial cells on hydrogels derived from decellularized matrices
3. 学会等名 Tissue Engineering and Regenerative Medicine Internationals Society, America Chapter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kobayashi, M. Ohara, Y. Hashimoto, N. Nakaumra, T. Fujisato, T. Kimura, A. Kishida
2. 発表標題 Effect of basement membrane structure on cell behavior and function on decellularized aorta
3. 学会等名 Tissue Engineering and Regenerative Medicine Internationals Society, America Chapter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019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	木村 剛 (KIMURA TSUYOSHI) (10393216)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・准教授 (12602)	
研究分担者	橋本 良秀 (HASHIMOTO YOSHIHIDE) (40638384)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・助教 (12602)	
研究分担者	中村 奈緒子 (NAKAMURA NAOKO) (70754878)	芝浦工業大学・システム理工学部・助教 (32619)	

6. 研究組織（つづき）

	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	船本 誠一 (FUNAMOTO SEIICHI) (40609947)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・寄附研究部門准教授 (12602)	削除：平成30年4月11日