

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：32659

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06637

研究課題名（和文）ラミニン活性ペプチドを用いた人工基底膜の創製

研究課題名（英文）Development of synthetic basement membrane using laminin active peptides

研究代表者

野水 基義 (Nomizu, Motoyoshi)

東京薬科大学・薬学部・教授

研究者番号：00311522

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：ラミニン 5鎖Gドメインおよび 1-3鎖からインテグリンに結合する5種類ラミニン活性ペプチドを同定した。ペプチド-マトリックス法を用い、神経への分化を特異的に誘導するラミニンペプチドを見出した。ジストログリカンを介してiPS細胞の接着を促進するペプチドをラミニン 5鎖から同定した。ジストログリカンに結合するラミニンペプチドを用いることにより、筋細胞特異的な薬物送達に成功した。また、エラスチン様ペプチド重合体にラミニンペプチドを結合し、熱応答性のペプチド-マトリックスの開発に成功した。さらに、インテグリン結合ペプチドを環状化することにより活性が大きく向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ラミニン活性ペプチドを用いたペプチド-マトリックスがiPS細胞や神経幹細胞など様々な細胞の培養や分化誘導を目的としたバイオマテリアルとして有用であることを示した。これらの結果は人工基底膜の創製につながるものである。また、ラミニンペプチドを固定化したエラスチン様ペプチドは熱応答性で、バイオマテリアル分野での応用が期待される。環状化によるペプチドの活性増強の結果は、インテグリンとリガンドとの結合メカニズムを解析する上で重要な知見となる。ジストログリカン結合ペプチドによる筋細胞特異的な薬物送達の結果は、ラミニンペプチドが細胞培養用バイオマテリアルだけでなく、広範囲での応用の可能性を示すものである。

研究成果の概要（英文）：Five laminin active peptides that bind to integrins were identified from the laminin 5 chain G domain and 1-3 chain peptide library. We found some laminin active peptides that specifically induced neural differentiation using the peptide-matrix method. We also identified a dystroglycan binding peptide from laminin 5 chain peptide library and the dystroglycan binding peptide was found to promote iPS cell adhesion. We succeeded in developing a heat-responsive peptide matrix using a laminin active peptide and an elastin-like peptide polymer. In addition, cyclized integrin binding laminin peptides were found to enhance the cell attachment activity. We succeeded in a muscle cell specific drug delivery using a dystroglycan binding laminin peptide.

研究分野：生化学

キーワード：バイオマテリアル ペプチド 細胞接着 ラミニン 基底膜 細胞外マトリックス インテグリン ジストログリカン

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、再生医療や組織工学の発展に伴い、様々なバイオマテリアルの開発が盛んに行われてきている。発生や再生を制御するためには細胞外マトリックス、特に基底膜を模倣することが理想的とされ、「マトリゲル」(マウス腫瘍由来の抽出基底膜)が組織・細胞工学実験に汎用されてきたが、実際の臨床応用は不可能である。また、コラーゲンやラミニンなどの基底膜成分やその組換え体、ペプチドゲルなど様々なものが開発されているが、安全性や機能性に優れ基底膜を模倣した合成バイオマテリアルの開発が急務とされている。

2. 研究の目的

個体の発生や再生において最も重要な細胞外環境を提供する基底膜を模倣したバイオマテリアルは、再生医療を目的とした組織工学において必須のもので、基底膜の主要タンパク質であるラミニンはすでに iPS 細胞の培養に汎用されている。我々は長年にわたりラミニンの機能部位の解明を 3000 種類以上の合成ペプチドを用いて網羅的に行い、約 300 種類の活性ペプチドを同定してきた。また、活性ペプチドを高分子多糖に結合させたペプチド-マトリックスがバイオマテリアルとして有用であることを示してきた。本研究課題は、我々が同定したラミニン活性ペプチドを高分子多糖に固定化したペプチド-マトリックスを人工基底膜として開発することを目的としている。この人工基底膜は、iPS 細胞や ES 細胞の培養および分化誘導、3次元培養や器官培養を可能にするもので、医薬分野における肝細胞などヒト由来細胞の培養への応用や再生医療の発展に大きく寄与するものである。

3. 研究の方法

本研究期間内に、我々が構築した約 3000 種類のラミニンペプチドからなるライブラリーから見出された細胞接着活性を有する約 300 種類の活性ペプチドの中で顕著な活性を示す 50 種類を酸性多糖のアルギン酸に結合し、塩基性のキトサンとポリイオンコンプレックスを形成させて安定なペプチド-マトリックスを作製する。本マトリックスは、作製操作が簡便で、ポリイオンコンプレックスが安定なため長期培養への応用が可能である。また、酸性多糖側に固定化されたペプチドに細胞が接着するため、非特異的な相互作用が少なく、ペプチドとの相互作用が向上する[2, 20, 33]。次に、細胞接着活性の強いものを見出し、受容体の同定と詳細な生物活性の解析を行い、作用の違いによりグループ分けを行う。また、各グループで最も強い活性のペプチド-マトリックスの最適化を、構造活性相関によるペプチドの最適化、長さや物性の検討によるスペーサーの最適化、多糖の種類や架橋度の検討によるマトリックスの硬さや物性の最適化の 3 方面から行う。最適化されたペプチド-マトリックスやそれらを混合した混合ペプチド-マトリックスを用いて、様々な生物活性を評価する。受容体の異なるペプチドを混合して多糖マトリックスに固定化することにより、生物活性が飛躍的に上昇することはすでに報告済みである。これら一連の研究ではラミニンとマトリゲルをコントロールにおき、線維芽細胞、上皮細胞、神経細胞などの培養実験、唾液腺などの器官培養実験により評価し、人工基底膜ともいえる全く新しい医用材料の創製を行い、幅広い用途に用いることの出来るバイオマテリアルとして応用していく。

4. 研究成果

本研究課題においては、マトリックス上で細胞に対して活性を有するペプチドを用いる必要がある。そのため、我々が構築した約 3000 種類のラミニンペプチドライブラリーを用いて、ペプチド-キトサンマトリックス法で活性を有するペプチドの再抽出が必要になる。そこで、ラミニン 5 鎖 G ドメインおよび 1-3 鎖に位置するペプチドの細胞接着活性の詳細な解析を行い、インテグリンに結合するラミニン活性ペプチド hA5G66(DLQQNLGGSVNVS)、hA5G74(GSLSSHLEFVGI)、B34(REKYYYAVYDMV)、B67(IPYSMEYEILIRY)、B2-10 (APNFWNFTSGRG)の 5 種類を同定した。これらの研究成果は国際学会において 1 回報告し、*J Pept Sci* 誌に報告した。また、これまでの研究で我々が確立したペプチド-マトリックスの作成方法に関して、*Curr Protoc Cell Biol* 誌に詳細を報告した。さらに、キトサンマトリックス上に異なるインテグリンに作用する複数のペプチドを混合して固定化したときの相乗作用が見られた研究結果を *J Biomater Appl* 誌に報告した。これらの研究成果はペプチド-マトリックスのバイオマテリアルとしての有用性を示すものである。

細胞接着活性の引き金となる可能性のある受容体であるジストログリカンに注目し、ジストログリカンの結合するペプチドをラミニン 2 鎖 G ドメイン由来のペプチドをペプチド-キトサンマトリックス法でスクリーニングを行った。その結果、新たに A2G77 (LEVRTEAESGLLF)、A2G95 (KAVGGFKVGLDL) 2 種類のジストログリカン結合ペプチドを同定した。さらに、今までに見つかった 2 種類のジストログリカン結合ペプチドと新たに同定された 2 種類の活性ペプチドを混合してキトサンマトリックスに結合することにより、ジストログリカン結合活性が相乗的に増加することを見出した。これらの結果は、ジストログリカンへの結合部位の異なる活性ペプチド

を混合することによりジストログリカン結合活性が相乗的に増加するペプチド-マトリックスを作成することが可能であることを示唆するものである。これらの研究成果は国際学会において2回報告した。また、ジストログリカンを介して細胞接着を促進するラミニン 5鎖のペプチドを同定し、*Sci Rep* 誌に報告した。これらの研究結果は、ジストログリカンに結合するペプチドのバイオマテリアルへの応用の可能性を世界で初めて示したものである。

マトリックス部分に注目し、弾性線維を形成するタンパク質のエラスチン由来のペプチドの重合体である熱応答性のポリマーを高分子多糖に代わるマトリックスとして用いて、ペプチド-マトリックスの研究を行った。このエラスチン様ペプチドは、低い温度で溶解し、高い温度で凝集してコアセルベートを形成する。5種類の代表的なラミニン活性ペプチドをエラスチン様ペプチドに結合した複合体の熱応答性を物理化学的に解析し、溶解する温度と凝集してコアセルベートを形成する温度を解明し、バイオマテリアルへの応用方法を検討し、細胞接着活性を評価した。ヒトの体温と同じ37度以上でコアセルベートを形成し、細胞に対して受容体特異的に結合するラミニン活性ペプチドとエラスチン様ペプチドの複合体を開発することに成功した。これらはバイオマテリアルとしての応用が期待される。これらは4回にわたり国内外の学会において報告し、*FASEB J* 誌に報告した。

約20種類のラミニン活性ペプチド-マトリックスを用い、神経幹細胞の分化を評価した。数種類のペプチド-マトリックスが神経への分化を特異的に誘導しバイオマテリアルとしての有用性を見出し、*Exp Cell Res* 誌に報告した。これらの結果はラミニン活性ペプチド-マトリックスが、神経幹細胞の培養にもバイオマテリアルとして有効であることを示すものである。

また、インテグリンを介した細胞接着におけるペプチドの環状化効果を解析するため、ラミニン 鎖 LG モジュールの E-F ループ領域由来の3種類のインテグリン結合ペプチドに焦点を当て、この3種類の活性ペプチドについて最小活性配列を同定したところ、G5EF1z (IGLEIVDGKVLVFN) 、G3EF3z (LLVTLEDGHIALST) および G5EF5z (KVLTEQVL) が最小活性配列であることを見出した。次に、それらの最小活性配列にシスチンを付加してジスルフィド結合を利用して環状ペプチドを合成して細胞接着活性を評価した結果、環状ペプチドは直鎖状ペプチドに比べて細胞接着活性が大きく向上することを明らかにし、これらの結果から、インテグリン結合ペプチドの細胞接着活性はその立体構造に依存しており、ラミニン分子内の立体構造が生物活性に重要な役割を果たしていることが示唆され、*J Pept Sci* 誌に発表した。

我々の同定したラミニンペプチドを用いた薬物送達システムに関してこれまでの研究結果をまとめてその有用性を *Pharmacol Ther* 誌に報告した。さらに、ジストログリカンに結合するラミニンペプチド A2G80 (VQLRNGFPYFSY) を用いて作製した遺伝子キャリアーやリポソームが筋特異的に送達できることを確認し、*J Control Release* 誌に2回報告した。これらの研究成果はラミニン活性ペプチドを用いたマトリックスが細胞培養用バイオマテリアルだけでなく、薬物送達にも応用可能であることを示すものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 11件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Truong AT, Hamada K, Yamada Y, Guo H, Kikkawa Y, Okamoto CT, MacKay JA, Nomizu M.	4. 巻 34
2. 論文標題 Evaluation of extracellular matrix mimetic laminin bioactive peptide and elastin-like polypeptide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 FASEB J	6. 最初と最後の頁 6729-6740
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1096/fj.201902794R	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 該当する
1. 著者名 Yamada Y, Yoshida C, Hamada K, Kikkawa Y, Nomizu M. Development of Three-Dimensional Cell Culture Scaffolds Using Laminin Peptide-Conjugated Agarose Microgels.	4. 巻 21
2. 論文標題 Development of Three-Dimensional Cell Culture Scaffolds Using Laminin Peptide-Conjugated Agarose Microgels.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 3765-3771
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.biomac.0c00871	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 該当する
1. 著者名 Ishikawa M, Hamada K, Yamada Y, Kumai J, Katagiri F, Kikkawa Y, Nomizu M.	4. 巻 26
2. 論文標題 Conformational dependence of integrin-binding peptides derived from homologous loop regions in the laminin chains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Pept Sci	6. 最初と最後の頁 e3284
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/psc.3284	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 該当する
1. 著者名 Hayashi H, Horinokita I, Yamada Y, Hamada K, Takagi N, Nomizu M.	4. 巻 400
2. 論文標題 Effects of laminin-111 peptide coatings on rat neural stem/progenitor cell culture	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Exp Cell Res	6. 最初と最後の頁 112440
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.yexcr.2020	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 該当する

1. 著者名 Sasaki E, Hayashi Y, Kimura Y, Sashida S, Hamano N, Nirasawa K, Hamada K, Katagiri F, Kikkawa Y, Sakai T, Yoshida A, Kawada M, Hirashima SI, Miura T, Endo-Takahashi Y, Nomizu M, Negishi Y.	4. 巻 329
2. 論文標題 Alpha-dystroglycan binding peptide A2G80-modified stealth liposomes as a muscle-targeting carrier for Duchenne muscular dystrophy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Control Release	6. 最初と最後の頁 1037-1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jconrel.2020.10.032	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 該当する

1. 著者名 Nirasawa K, Hamada K, Naraki Y, Kikkawa Y, Sasaki E, Endo-Takahashi Y, Hamano N, Katagiri F, Nomizu M, Negishi Y.	4. 巻 329
2. 論文標題 Development of A2G80 peptide-gene complex for targeted delivery to muscle cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Control Release	6. 最初と最後の頁 988-996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jconrel.2020.10.029	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 該当する

1. 著者名 Kumai Jun, Yamada Yuji, Hamada Keisuke, Katagiri Fumihiko, Hozumi Kentaro, Kikkawa Yamato, Nomizu Motoyoshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Identification of active sequences in human laminin 5 G domain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Peptide Science	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) 10.1002/psc.3218	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 該当する

1. 著者名 Ikeuchi Tomoko, Kanan Yogita, Long Da, de Vega Susana, Hozumi Kentaro, Nomizu Motoyoshi, Campochiaro Peter A., Yamada Yoshihiko	4. 巻 129
2. 論文標題 Fibulin-7 C-terminal fragment and its active synthetic peptide suppress choroidal and retinal neovascularization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microvascular Research	6. 最初と最後の頁 103986 ~ 103986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mvr.2020.103986	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 該当する

1. 著者名 Sugawara Yumika, Hamada Keisuke, Yamada Yuji, Kumai Jun, Kanagawa Motoi, Kobayashi Kazuhiro, Toda Tatsushi, Negishi Yoichi, Katagiri Fumihiko, Hozumi Kentaro, Nomizu Motoyoshi, Kikkawa Yamato	4. 巻 9
2. 論文標題 Characterization of dystroglycan binding in adhesion of human induced pluripotent stem cells to laminin-511 E8 fragment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-49669-x	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 該当する

1. 著者名 Hamano Nobuhito, Kamoshida Sho, Kikkawa Yamato, Yano Yusuke, Kobayashi Tomomi, Endo-Takahashi Yoko, Suzuki Ryo, Maruyama Kazuo, Ito Yuji, Nomizu Motoyoshi, Negishi Yoichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of Antibody-Modified Nanobubbles Using Fc-Region-Binding Polypeptides for Ultrasound Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pharmaceutics	6. 最初と最後の頁 283 ~ 283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/pharmaceutics11060283	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 該当する

1. 著者名 Negishi Yoichi, Nomizu Motoyoshi	4. 巻 202
2. 論文標題 Laminin-derived peptides: Applications in drug delivery systems for targeting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pharmacology & Therapeutics	6. 最初と最後の頁 91 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pharmthera.2019.05.017	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 該当する

1. 著者名 Hozumi K, Nomizu M	4. 巻 19(9)
2. 論文標題 Mixed Peptide-Conjugated Chitosan Matrices as Multi-Receptor Targeted Cell-Adhesive Scaffolds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int J Mol Sci.	6. 最初と最後の頁 E2713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms19092713	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 Hozumi K, Teranishi Y, Enomoto S, Katagiri F, Kikkawa Y, Nomizu M	4. 巻 33
2. 論文標題 Identification of specific integrin cross-talk for dermal fibroblast cell adhesion using a mixed peptide-chitosan matrix	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Biomater Appl.	6. 最初と最後の頁 893-902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0885328218823457	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 Hozumi K, Nomizu M	4. 巻 80(1)
2. 論文標題 Cell adhesion activity of peptides conjugated to polysaccharides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Curr Protoc Cell Biol.	6. 最初と最後の頁 e53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cpcb.53	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15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 濱田圭佑、張光端、山田雄二、吉川大和、野水基義
2. 発表標題 ラミニン 2鎖LG4-5モジュール由来 -ジストログリカン結合ペプチドの同定とその構造活性相関研究
3. 学会等名 第52回 日本結合組織学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保住建太郎、高橋知衣、濱田圭佑、山田雄二、吉川大和、野水基義
2. 発表標題 ジカルボン酸で架橋したキトサンハイドロゲルを用いた細胞培養プラットフォームの開発
3. 学会等名 第52回 日本結合組織学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田雄二、吉田智浩、瀧田圭佑、野水基義、吉川大和
2. 発表標題 ラミニンペプチド修飾アガロースゲルを用いた三次元培養システムの開発
3. 学会等名 第52回 日本結合組織学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Hamada, H. Hayashi, I. Horinokita, Y. Yamada, Y. Kikkawa, N. Takagi, and M. Nomizu
2. 発表標題 Laminin peptide coatings for rat neural stem/progenitor cell culture
3. 学会等名 第57回 ペプチド討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Yamada, C. Yoshida, K. Hamada, Y. Kikkawa, and M. Nomizu
2. 発表標題 Three-dimensional cell culture using laminin peptide-conjugated agarose microgels
3. 学会等名 第57回 ペプチド討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Motoyoshi Nomizu
2. 発表標題 Peptide-chitosan Matrix for Cell Adhesive Biomaterials
3. 学会等名 The 18th Akabori Conference (German-Japanese Symposium on Peptide Science) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川大和、菅原由美香、濱田圭佑、山田雄二、熊井準、金川基、小林千浩、戸田達史、根岸洋一、片桐文彦、保住健太郎、野水基義
2. 発表標題 ラミニン-511E8領域由来のジストログリカン(DG)結合ペプチドに対するヒトiPS細胞の接着
3. 学会等名 第51回 日本結合組織学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱田圭佑、張光端、山田雄二、吉川大和、野水基義
2. 発表標題 ラミニンa2鎖LG4-5モジュールに着目したa-ジストログリカン結合ペプチドの探索
3. 学会等名 第22回 生命化学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野水基義
2. 発表標題 Cell adhesion research based on peptide science
3. 学会等名 第56回 ペプチド討論会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱田圭佑、張光端、山田雄二、吉川大和、野水基義
2. 発表標題 Structure activity relationship study of an a-dystroglycan binding peptide from the laminin a2 chain LG4-5 modules (Chemical Communication Poster Award)
3. 学会等名 第56回 ペプチド討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Hamada, G. Zhang, J. Kumai, F. Katagiri, K. Hozumi, Y. Kikkawa, and M. Nomizu
2. 発表標題 Identification and structure activity relationship study of an α -Dystroglycan binding peptide from the laminin α 2 chain LG4-5 modules
3. 学会等名 American Society of Cell Biology/Europian Molecular Biology Organization 2019 meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉川大和、菅原由美香、濱田圭佑、山田雄二、熊井準、金川基、小林千浩、戸田達史、根岸洋一、片桐文彦、保住健太郎、野水基義
2. 発表標題 Characterization of dystroglycan binding in adhesion of human induced pluripotent stem cells to laminin-511 E8 fragment
3. 学会等名 American Society of Cell Biology/Europian Molecular Biology Organization 2019 meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Hamada, Y. Gu, J. Kumai, K. Nakamura, F. Katagiri, K. Hozumi, Y. Kikkawa, M. Nomizu
2. 発表標題 Modification of chain-specific cell adhesion sequences in the short arm region of laminin chain
3. 学会等名 10th International Peptide Symposium 第55回ペプチド討論会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 G. Zhang, K. Hamada, J. Kumai, F. Katagiri, K. Hozumi, Y. Kikkawa, M. Nomizu
2. 発表標題 Identification of α -dystroglycan binding sequences in the laminin α 2 chain LG4-5 modules using the peptide-chitosan matrix
3. 学会等名 10th International Peptide Symposium 第55回ペプチド討論会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Hamada, G. Zhang, J. Kumai, F. Ktagiri, K. Hozumi, Y. Kikkawa, M. Nomizu
2. 発表標題 Identification of alpha-dystroglycan bindingpeptide sequences in the laminin alpha2 chain LG4-5 modules using the peptides-chitosan matrix
3. 学会等名 American Society of Cell Biology/Europian Molecular Biology Organization (国際学会)
4. 発表年 2018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

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		
米国	University of Southern California		