

Title	子宮内における個体発生後期の血管新生メカニズムの解析
Sub Title	Analyzing the mechanisms of perinatal angiogenesis and regulation of tissue oxygen levels
Author	浅田, 礼光(Asada, Nariaki)
Publisher	
Publication year	2017
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2016.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>日本を含む先進国では早産低出生体重児が増加している。早産児では造血ホルモンであるエリスロポエチン(EPO)の不足した未熟児貧血を起こす。早産児でなぜEPOが欠乏するかは不明であった。また、早産児の貧血が成長後にどのようにして改善するかは知られていなかった。</p> <p>本研究では、未熟児貧血の原因が腎尿細管機能の未熟性にあることを解明した。本研究により、尿細管機能を向上させるか、腎酸素濃度を低下させることで未熟児貧血が改善することが明らかになった。</p> <p>さらに、早産児が思春期に腎臓の低酸素によるEPO産生過剰性多血症を発症することも初めて報告した。</p> <p>Preterm birth is increasing in the world. Preterm babies develop erythropoietin (EPO)-deficiency anemia of prematurity (AOP). The cause of AOP has been unknown. Furthermore, the course of anemia during development also remained unclear.</p> <p>We found that the cause of AOP is elevated oxygen levels in the kidney due to poor oxygen consumption by immature tubules. Our findings will help develop therapeutic options for AOP. In addition, we reported EPO-induced polycythemia in adolescents born preterm with low birth weight. We considered that peritubular capillary rarefaction and progression of focal glomerulosclerosis were causes for the polycythemia.</p>
Notes	<p>研究種目：研究活動スタート支援</p> <p>研究期間：2015～2016</p> <p>課題番号：15H06591</p> <p>研究分野：新生児学, 腎臓学</p>
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_15H06591seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

科学研究費助成事業

研究成果報告書



平成 29 年 6 月 4 日現在

機関番号：32612

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06591

研究課題名(和文) 子宮内における個体発生後期の血管新生メカニズムの解析

研究課題名(英文) Analyzing the mechanisms of perinatal angiogenesis and regulation of tissue oxygen levels

研究代表者

浅田 礼光 (Asada, Nariaki)

慶應義塾大学・医学部(信濃町)・助教

研究者番号：20757439

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000 円

研究成果の概要(和文)：日本を含む先進国では早産低出生体重児が増加している。早産児では造血ホルモンであるエリスロポエチン(EPO)の不足した未熟児貧血を起こす。早産児でなぜEPOが欠乏するかは不明であった。また、早産児の貧血が成長後にどのようにして改善するかは知られていなかった。本研究では、未熟児貧血の原因が腎尿細管機能の未熟性にあることを解明した。本研究により、尿細管機能を向上させるか、腎酸素濃度を低下させることで未熟児貧血が改善することが明らかになった。さらに、早産児が思春期に腎臓の低酸素によるEPO産生過剰性多血症を発症することも初めて報告した。

研究成果の概要(英文)：Preterm birth is increasing in the world. Preterm babies develop erythropoietin (EPO)-deficiency anemia of prematurity (AOP). The cause of AOP has been unknown. Furthermore, the course of anemia during development also remained unclear. We found that the cause of AOP is elevated oxygen levels in the kidney due to poor oxygen consumption by immature tubules. Our findings will help develop therapeutic options for AOP. In addition, we reported EPO-induced polycythemia in adolescents born preterm with low birth weight. We considered that peritubular capillary rarefaction and progression of focal glomerulosclerosis were causes for the polycythemia.

研究分野：新生児学、腎臓学

キーワード：早産児 腎臓 低酸素 エリスロポエチン

1. 研究開始当初の背景

胎児期から新生児期は臓器が急激に発達する為、血管新生および赤血球による酸素供給が重要である。重度の貧血や血管新生障害は、臓器発達を妨げ機能や予備能の低下を招く。早産児はエリスロポエチン (EPO) 欠乏性の貧血および血管新生障害を来す (Mikael Norman Acta Paediatr. 2008)。そのため、未熟児貧血や血管新生障害による未熟児網膜症、脳血管障害、脳血管の構築変化、ネフロン減少、高血圧、インスリン抵抗性など、生涯にわたり様々な影響を受ける。周産期環境が生活習慣病発症に関わる事は Developmental Origins of Health and Disease (DoHAD) 仮説として知られており、周産期の重用性が注目されつつある。しかし、早産で未熟児貧血や血管新生が障害される機序は不明である。

腎臓は低酸素な臓器であり、組織酸素濃度変化を鋭敏に検出することで EPO を産生する。腎臓の低酸素環境は、血管密度、動静脈の対交流系、尿細管酸素消費によって制御されている。腎臓は低酸素が進行すると EPO 産生を増やすことで多血に至るが、これまでに早産児や低出生体重児で多血を報告した論文は存在しない。

日本では生殖医療の進歩や高齢出産の増加に伴い、早産が全出産の約 10% を占めており、今後更に増加する可能性がある。早産児における病態の解明は急務である。

2. 研究の目的

本研究は早産や子宮内環境不良が血管新生に与える影響の解明を通し、胎児期後期の血管新生のメカニズムの解明を目的とした。腎臓では血管新生が組織酸素濃度および EPO 産生量を制御しているため、早産児の生後急性期の未熟児貧血および成長後の多血症について検討した。

3. 研究の方法

マウスを用い、周産期環境が脳および腎臓の血管発生に与える影響を調べた。腎臓においては血管密度に加え、尿細管機能と腎酸素濃度の関係も検討した。

早産患者の臨床データおよび腎生検組織の解析により、早産児における生後間もない貧血 (未熟児貧血) の相関因子、成長過程における多血症の相関因子を調べた。

4. 研究成果

超早産 (在胎 25 週) 超低出生体重児として出生した思春期男性 2 名で、高血圧、蛋白尿、ヘモグロビン約 19 g/dL の多血症を認めた。腎生検組織の解析で巣状系球体硬化に加え、血管内皮マーカーである CD31 および CD34 の染色で毛細血管減少を認めた。血清 EPO の上昇を認め、高 EPO 性の多血症と考えた。早産低出生体重により血管新生が障害され、さらに巣状系球体硬化の進行により腎組織が低酸素となったことで EPO 産生が増加し多血症を発症したと考えた。

超低出生体重児における多血症の頻度および危険因子を調べるため、低出生体重児として出生した 36 人を後方視的に解析した。多血は 33.3% で認められ、低出生体重、慢性肺疾患、腎機能障害と有意に関係した。この結果から、早産、早産に伴う酸素化、子宮内低酸素および低栄養、生後の低酸素が血管新生を障害する可能性があると考えられた。

マウスを用いて周産期環境が血管新生に与える影響を解析した。胎児期低酸素の影響を調べるため妊娠マウスを低酸素飼育したが、臓器の血管密度に変化は認められなかった。胎児低栄養の影響をしらべるため、妊娠マウス低栄養モデルを作成したところ、出生後の脳および腎臓で血管密度低下が観察された。出生後の高酸素負荷モデルを作成したところ、脳および腎臓の血管密度低下を認め

た。現在、血管密度が低下する詳細な分子メカニズムを検討中である。

以上より、胎児低栄養、生後の高濃度酸素暴露が血管新生を障害する要因と考えられた。

未熟児貧血の原因を調べるため、生理的に早産であるマウスの生後早期のタイミングを解析した。生後 7 日目と 14 日目を比較すると、同程度（ヘマトクリット 30%程度）の貧血を呈したにも関わらず、エリスロポエチンは生後 14 日目でしか上昇していなかった。生後 7 日目の貧血かつ EPO が十分に産生されていない状態を未熟児貧血モデルとして使用することにした。低酸素領域を可視化できるピモニダゾール染色を行ったところ、生後 14 日目に比べ生後 7 日目の方が酸素濃度が高いことが明らかになった。このため、未熟児貧血は貧血であるにも関わらず腎臓が低酸素にならないため EPO 産生量が増加しないと考えられた。血管内皮染色および CD31 RNA 発現量解析により血管密度を評価したところ、生後 7 日目と 14 日目では同程度であり、血管新生の差による酸素濃度の違いではないと考えられた。腎臓は血管に加え、尿細管酸素消費によっても酸素濃度が制御されており、早産児では尿細管機能が特に未熟であることが知られている。生後 14 日目および 7 日目において尿細管再吸収を薬剤により抑制または亢進することで、EPO 産生量がそれぞれ低下または増加することが判明し、尿細管機能の未熟性が EPO 欠乏の原因と考えられた。早産児において貧血と関連する因子を調べたところ、出生体重、出生週数、腎機能とは関連せず、尿細管機能（FENa、尿中クレアチニン、2 ミクログロブリン比）と関連することを確認した。以上から、早産児の EPO 欠乏性貧血は、尿細管の未熟性のため酸素消費が少なく腎臓の生理的低酸素環境が成立しないことが原因であると考えた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Nariaki Asada, Takanori Tsukahara, Megumi Furuhata, Daisuke Matsuda, Shunsuke Noda, Kuniaki Naganuma, Akinori Hashiguchi, Midori Awazu. Polycythemia, capillary rarefaction, and focal glomerulosclerosis in two adolescents born extremely low birth weight and premature. *Pediatr Nephrol* 2017. Jul 32(7):1275-1278

査読あり

〔学会発表〕(計 9 件)

第 52 回日本小児腎臓病学会学術集会

浅田礼光、松村和哉、松崎陽平、池田一成、栗津緑

Polycythemia in subjects born with a history of preterm birth and extremely low birth weight

平成 29 年 6 月 2 日、京王プラザホテル（東京都新宿区）

第 52 回日本小児腎臓病学会学術集会

浅田礼光

腎臓における EPO 産生開始の機序解明および EPO 欠乏性未熟児貧血の治療法の検討

平成 29 年 6 月 1 日、京王プラザホテル（東京都新宿区）

第 60 回日本腎臓学会学術集会総会

浅田礼光

腎臓における EPO 産生開始の機序解明および EPO 欠乏性未熟児貧血の治療法の検討

平成 29 年 5 月 27 日、仙台国際センター（宮城県仙台市）

第 120 回日本小児科学会学術集会

浅田礼光

生後の酸素濃度変化が発生過程の脳および
腎臓の血管新生に与える影響

平成 29 年 4 月 15 日、グランドプリンスホテル新高輪（東京都港区）

The 15th Japan-Korea-China Pediatric
Nephrology Seminar 2017

Nariaki Asada, Kazuya Matsumura, Yohei
Matsuzaki, Kazushige Ikeda, Midori Awazu
Polycythemia in subjects born with a
history of preterm birth and extremely low
birth weight

平成 29 年 4 月 8 日、北とぴあ（東京都北区）

第 120 回日本小児科学会学術集会

浅田礼光、松村和哉、松崎陽平、池田一成、
栗津緑

超低出生体重で出生した児における多血症
の検討

平成 29 年 4 月 16 日、グランドプリンスホテル新高輪（東京都港区）

American Society of Nephrology Renal
Week 2016

Nariaki Asada, Takanori Tsukahara, Megumi
Furuhata, Daisuke Matsuda, Shunsuke Noda,
Kuniaki Naganuma, Akinori Hashiguchi,
Midori Awazu. Polycythemia, capillary
rarefaction, and focal glomerulosclerosis
in two adolescents born extremely low
birth weight and premature.

平成 28 年 11 月 19 日

Chicago, Illinois (USA)

第 51 回日本小児腎臓病学会学術集会

浅田礼光、塚原孝典、松岡大輔、降旗めぐみ、
野田俊輔、長沼邦明、橋口明典、栗津緑
尿細管周囲毛細血管の菲薄化により多血症
を呈したと考えられる超早産の 2 青年例

平成 28 年 7 月 7 日、ウインク愛知（愛知県
名古屋市）

第 59 回日本腎臓学会学術集会総会

浅田礼光

尿細管機能と塩分摂取量は腎臓の酸素濃度
とエリスロポエチン発現量に関わる

平成 28 年 6 月 18 日、パシフィコ横浜（神奈
川県横浜市）

第 119 回 日本小児科学会学術集会

浅田礼光、塚原孝典、松岡大輔、降旗めぐみ、
野田俊輔、長沼邦明、橋口明典、栗津緑
尿細管周囲毛細血管の菲薄化により多血症
を呈したと考えられる超早産の 2 青年例
平成 28 年 5 月 13 日、ロイトン札幌（北海道・
札幌市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ等（計 0 件）

6．研究組織

(1)研究代表者

浅田 礼光（Nariaki Asada）

慶應義塾大学・医学部・助教

研究者番号：20757439

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし