

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K11206

研究課題名(和文) スマートフォン精液検査とeラーニングを用いた不妊症啓発システムの開発

研究課題名(英文) Educational system for infertility with smartphone semen analysis and e-learning

研究代表者

小堀 善友 (Kobori, Yoshitomo)

獨協医科大学・医学部・非常勤講師

研究者番号：50566560

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：スマートフォンカメラと微小ボールレンズを用いて、安価・簡易に精子を観察するデバイスを開発した。一般的な研究室の顕微鏡と相関を持つほど正確に、精子濃度や運動率を評価することが可能となった。オンラインにてスマートフォンカメラと培養師をリンクすることにより、オンライン上で精液検査を可能とするシステムを構築した。機械で自動判定困難である精子の動画も評価をすることができるようになった。オンライン上での培養師の評価と、実際の精液検査の結果は有意に相関があることを証明した。妊娠と不妊症治療をオンライン上で学習することができるeラーニングシステム(こうのとりのラーニング)を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当研究の当初の目的は、「男性不妊症患者のスクリーニング方法を開発して、病院へのアクセスをより改善させる」ことであった。研究を始めた時期と現在を比較して、スマートフォンを用いた精液検査は一般的に普及し、男性がより簡易・安価に精液検査を受けることができる土壌を開発できたと考えている。男性不妊症を学習するeラーニングも一定の効果があることが確認できた。また、インターネット上での動画を送る技術が発達したため、培養師がオンライン上で精子の動画を解析することが可能となり、将来のオンライン診療とも繋がっていく技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：We have developed an inexpensive and easy device for observing sperm using a smartphone camera and a minute ball lens. The device was able to assess sperm concentration and motility with the same accuracy as a laboratory microscope. We built a system that enables semen testing online by linking a smartphone camera and an incubator online. We have certified that there is a significant correlation between online incubator assessments and actual semen test results. We have created an e-learning system (Kounotori Learning) that allows users to learn about pregnancy and infertility treatment online.

研究分野：男性不妊症

キーワード：男性不妊症 精液検査 スマートフォン 顕微鏡 精子濃度 精子運動率

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化が進む日本の社会において、不妊症は重大な問題であり、その対策は急務である。不妊症の原因の半分は男性と考えられているが、不妊治療は女性が中心であり、男性はそもそも婦人科で行われている不妊診療に受診しづらい状況があった。そのため、男性が不妊症スクリーニングのための検査、つまり精液検査をより簡単に受けることができるようにするシステム構築が必要であると考えられていた。また、女性だけでなく男性に対しても、正しい不妊症と生殖補助医療の知識啓発が必要であった。

2015年に発表された厚生労働省子ども・子育て支援推進調査研究事業「我が国における男性不妊に対する検査・治療に関する調査研究」中にも記載されているが、8割を超える人が最初の精液検査は「産科婦人科」で受けたと回答していた。また、半数の男性は「女性の検査が終わってから検査を受ける」と回答していた。まず女性が受診して基本検査を受け、その後に男性が受診する、という流れが多いことが判明していた。検査結果をどのように聞いたか、については半数近くがカップルそろって聞いており、「不妊は夫婦で取り組む」という意識がかなり浸透してきたともいえるが、一方で半数は「女性一人」、つまり妻が一人で結果を聞いていた。精液検査の結果を確認することは、カップルにとって今後の治療検討・選択への大事な情報を得る場面である。医療において検査結果は本人のものという原則からすれば、こうした告知・説明の在り方は、医療として問題があると考えられていた。

上記の研究が示すように、そもそも「男性が精液検査を簡単に受ける」土壌がなく、「精液検査は重要な検査である」という意識もなかった。そのような現状を打破すべく、「精液検査を男性から進んで検査を受ける文化」を作るようなデバイスとシステムが必要であると考えられた。

2. 研究の目的

男性の不妊症を評価するために、精液検査は必須の検査である。男性不妊症のスクリーニングを普及させる目的に、精液検査を自宅にて簡易・安価にて行うことができるデバイスを開発する。また、男性不妊症を男性自身の意思で検査・治療を受けていこうとする意識改革を目的に、知識啓発を可能とするeラーニングシステムを構築する。

3. 研究の方法

- (1) スマートフォンを用いて精液検査を可能とするデバイスを開発する。
- (2) オンラインにてスマートフォンで撮影された精子の動画を培養師にリンクさせて、精液検査を可能とさせるシステムを開発する。
- (3) eラーニングを用いて妊娠と不妊症治療を学習することができるシステムを開発する。

4. 研究成果

- (1) スマートフォンカメラと微小ボールレンズを用いて、安価・簡易に精子を観察するデバイスを開発した。直径 $400\ \mu\text{m}$ のボールレンズ顕微鏡をスマートフォンカメラから 1mm の距離に固定することにより、約 600 倍（焦点距離 $450\ \mu\text{m}$ ）の倍率を得て精子を観察することを可能とした。厚さ $50\ \mu\text{m}$ の透明のポリエチレンシートに $20\ \mu\text{l}$ の精液を載せ、ボールレンズ顕微鏡に付着させてスマートフォンカメラを用いて精子を観察することにより、一般的な研究室の顕微鏡と同等を持つほど正確に、精子濃度や運動率を評価することが可能となった（図 1）。このデバイスを応用して、TENGA ヘルスケア社はメンズルーペ（図 2）、スピシエル社はメンズホームチェッカー（図 3）とそれぞれ商品化している。

図 1 スマートフォン顕微鏡のダイアグラム

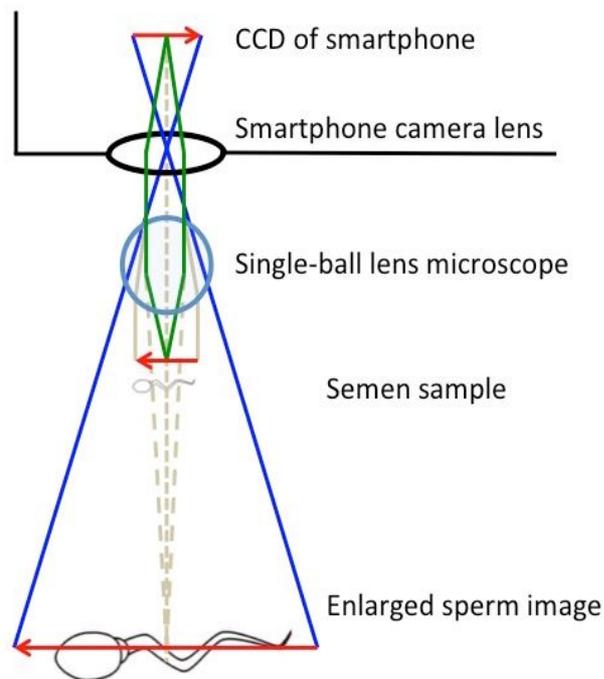


図 2 メンズルーペ



図3 メンズホームチェッカー



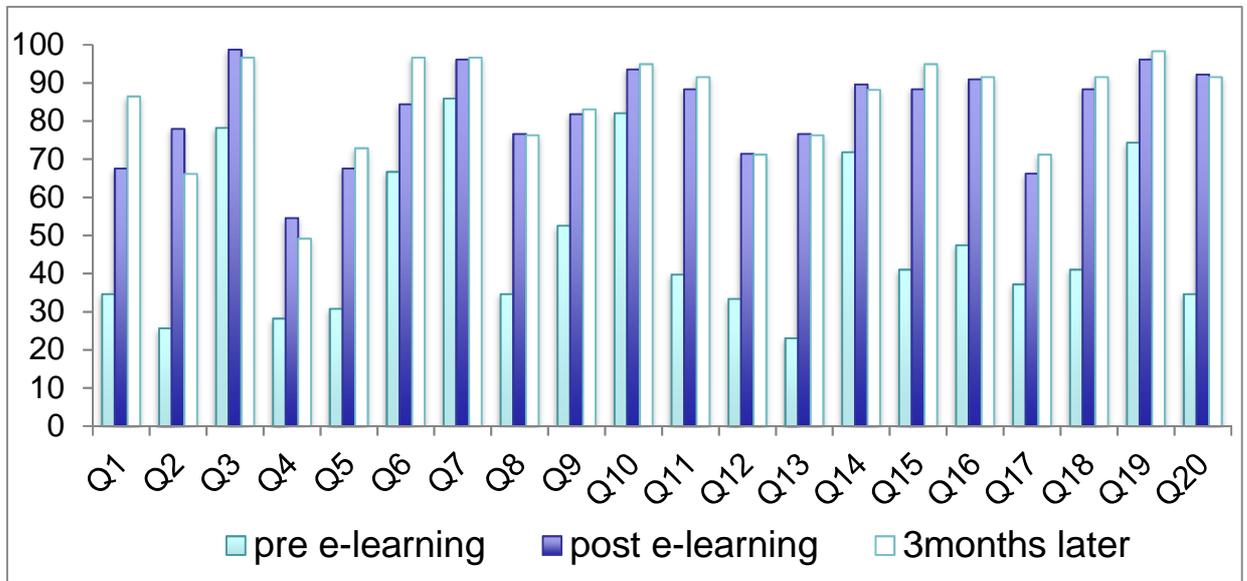
(2) オンラインにてスマートフォンカメラと培養師をリンクすることにより、オンライン上で精液検査を可能とするシステムを構築した。培養師のトレーニングを行うことにより、機械で自動判定困難である精子の動画も評価をすることができるようになった。オンライン上での培養師の評価と、実際の精液検査の結果は有意に相関があることを証明した。このシステムを応用して、スピシエル社はスグケアを商品化した(図3)。

(3) 妊娠と不妊症治療をオンライン上で学習することができるeラーニングシステム(このとりラーニング <https://www.el-re.dokkyomed.ac.jp/>)を作成した(図4)。このシステムは、無料で使用することができるため、多くの自治体で用いられた。また、このシステムを用いて十分な学習効果が得られることをeラーニング使用前後と、使用后3か月後にテストを行い、知識が持続して保持されたことを確認した(図5)。

図4 このとりラーニング



図5 eラーニング受講後のクイズ正答率



eラーニング受講後に全てのクイズの正答率が有意に上昇し、不妊症や生殖補助医療に対する知識が得られ、その知識が長期間持続していることが示された。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Masashi Iijima, Kazuyoshi Shigehara, Hideki Igarashi, Koichi Kyono, Yasuo Suzuki, Yuji Tsuji, Yoshitomo Kobori, Hideyuki Kobayashi, Atsushi Mizokami	4. 巻 22
2. 論文標題 Y chromosome microdeletion screening using a new molecular diagnostic method in 1030 Japanese males with infertility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian J Androl.	6. 最初と最後の頁 368-371.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4103/aja.aja_97_19.	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 Ito K, Yokomizo A, Tokunaga S, Arai G, Sugimoto M, Akakura K, Hasumi H, Sakai H, Ouraji A, Oki R, Kashiwagi E, Kobori Y, Hirama H, Kitoh H, Uemura H, Hakariya T, Suzuki K	4. 巻 203
2. 論文標題 Diagnostic Impacts of Clinical Laboratory Based p2PSA Indexes on any Grade, Gleason Grade Group 2 or Greater, or 3 or Greater Prostate Cancer and Prostate Specific Antigen below 10 ng/ml.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Urol.	6. 最初と最後の頁 83-91
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/JU.0000000000000495.	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 Suzuki E, Kobori Y, Katsumi M, Ushijima K, Uchiyama T, Okada H, Miyado M, Fukami M.	4. 巻 19(2)
2. 論文標題 Copy-number analysis of Y-linked loci in young men with non-obstructive azoospermia: Implications for the rarity of early onset mosaic loss of chromosome Y.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Reprod Med Biol.	6. 最初と最後の頁 178-181.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/rmb2.12321.	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 Kinjo K, Yoshida T, Kobori Y, Okada H, Suzuki E, Ogata T, Miyado M, Fukami M.	4. 巻 7(1)
2. 論文標題 Random X chromosome inactivation in patients with Klinefelter syndrome.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mol Cell Pediatr.	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40348-020-0093-x.	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 Kobori Y	4. 巻 111
2. 論文標題 Home testing for male factor infertility: a review of current options.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fertility and Sterility	6. 最初と最後の頁 864-870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fertnstert.2019.01.032. Epub 2019 Mar 25.	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 Iijima M, Shigehara K, Igarashi H, Kyono K, Suzuki Y, Tsuji Y, Kobori Y, Kobayashi H, Mizokami A.	4. 巻 21
2. 論文標題 Y chromosome microdeletion screening using a new molecular diagnostic method in 1030 Japanese males with infertility.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian J Androl .	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4103/aja.aja_97_19.	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 Kobori Y, Ota S, Okada H, Tanaka T	4. 巻 26
2. 論文標題 Investigation of treatment for azoospermia due to male hypogonadotropic hypogonadism in Japan.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int J Urol.	6. 最初と最後の頁 134-135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iju.13823.	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12件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 小堀善友、齋藤一隆.
2. 発表標題 不妊治療啓発eラーニング (このとりラーニング) 使用者10,000人の検討
3. 学会等名 第108回日本泌尿器科学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小堀善友、齋藤一隆.
2. 発表標題 スマートフォン精液検査を培養師へリンクするオンラインシステムの開発と評価
3. 学会等名 第48回獨協医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小堀善友、齋藤一隆.
2. 発表標題 スマートフォン精液検査を培養師へリンクするオンラインシステムの開発と評価.
3. 学会等名 第65回日本生殖医学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小堀善友、井手久満、岡田 弘、齋藤一隆.
2. 発表標題 スマートフォン精液検査をオンラインにて培養師へリンクする試み.
3. 学会等名 第20回日本Men's Health医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小堀善友、井手久満、岡田 弘、齋藤一隆.
2. 発表標題 スマートフォン精液検査をオンラインにて培養師へリンクする試み.
3. 学会等名 第85回日本泌尿器科学会東部総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小堀善友
2. 発表標題 不妊治療における男性診療 最近の話題と今後の展望
3. 学会等名 第37回日本受精着床学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堀善友
2. 発表標題 おとこのこに知ってほしい、オトコになるための必須知識
3. 学会等名 第38回日本思春期学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitomo Kobori
2. 発表標題 A novel device for male infertility screening with smartphone semen analysis
3. 学会等名 IFFS 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshitomo Kobori
2. 発表標題 A novel device for male infertility screening with smartphone semen analysis
3. 学会等名 IFFS 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堀善友
2. 発表標題 スマートフォンを用いた不妊症の意識改革
3. 学会等名 第35回日本受精着床学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小堀善友
2. 発表標題 スマートフォンを用いた性機能障害・男性不妊症・性感染症への新たな取り組み～不妊症・性機能eラーニング、スマホ精液検査、性感染症チャットbot～
3. 学会等名 第28回日本性機能学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小堀善友
2. 発表標題 不妊症に関するeラーニングシステムの構築とその評価.
3. 学会等名 第62回日本生殖医学会学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 小堀善友	4. 発行年 2020年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 184
3. 書名 Urologic Surgery Next 8 陰茎・陰囊・アンドロロジーの手術	

1. 著者名 Yoshitomo Kobori	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ELSEVIER	5. 総ページ数 3868
3. 書名 Encyclopedia of reproduction 2nd Edition	

1. 著者名 Yoshitomo Kobori	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ELSEVIER	5. 総ページ数 3868
3. 書名 Home semen test, Encyclopedia of Reproduction 2nd Edition	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>こうのとりラーニング https://www.el-re.dokkyomed.ac.jp</p>
--

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	岡田 弘 (Okada Hiroshi) (00177057)	獨協医科大学・医学部・特任教授 (32203)	

6. 研究組織（つづき）

	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	堀江 郁美 (Horie Ikumi) (50398731)	獨協大学・経済学部・教授 (32406)	
研究分担者	宮田 あかね (Miyata Akane) (60647840)	獨協医科大学・医学部・講師 (32203)	

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