

Плацента человека как источник гемопоэтических стволовых клеток

В.Б. Сериков, Ф. Куйперс

НИИ детского госпиталя Окленда, Калифорния, США

Human placenta as a source of hematopoietic stem cells

V. Serikov, F. Kuypers

Children's Hospital Oakland Research Institute, Oakland, CA 94609, USA

В настоящее время лишь часть пациентов, нуждающихся в трансплантации гемопоэтических стволовых клеток, имеет возможность получить иммунологически совместимый материал. Источниками гемопоэтических стволовых клеток являются костный мозг, периферическая и пуповинная кровь. Хотя гемопоэтические стволовые клетки пуповинной крови имеют много преимуществ, их количество в доступном объеме пуповинной крови недостаточно для трансплантации взрослому человеку. В данной работе мы сообщаем, что ткань зрелой плаценты человека содержит большое количество гемопоэтических стволовых клеток, которые не связаны непосредственно с кровообращением плода или матери. Количество этих гемопоэтических стволовых клеток в целой плаценте в 10 раз превышает их количество в доступном объеме пуповинной крови. Гемопоэтические стволовые клетки, полученные из свежей или криоконсервированной плаценты, дифференцируются в клетки эритроидного и миелоидного ростков как *in vitro*, так и *in vivo* при трансплантации иммунодефицитным мышам. Таким образом, криоконсервированная плацента может служить потенциальным источником для замещения пула гемопоэтических стволовых клеток у человека.

Ключевые слова: плацента, гемопоэз, гемопоэтические стволовые клетки, трансплантация.

Введение

Плацента – провизорный орган, осуществляющий связь между организмом матери и плодом в процессе внутриутробного развития. Помимо выполнения известных фундаментальных функций, плацента млекопитающих представляет собой богатый резервуар гемопоэтических стволовых клеток (ГСК). В процессе онтогенеза происходит миграция очагов гемопоэза. К настоящему времени наиболее детально исследованы процессы плацентарного гемопоэза у мышей, который во многих отношениях может служить моделью кроветворения у человека.

У мыши эмбриональный гемопоэз начинается после гаструляции, когда группа специализированных мезодермальных клеток–предшественников (гемангиобластов) коммитируется на путь гемопоэза. Первые кроветворные предшественники мигрируют в стенку желточного мешка и инициируют продукцию эмбриональных «красных кровяных телец». Существуют данные, что definitive ГСК, возможно, происходят из другой группы мезодермальных клеток [1]. Множество исследований свидетельствует о том, что мезенхима участка эмбриона, обозначаемого как «аорта–гонад–мезонефрос» (АГМ), который ограничен дорзальной аортой и урогенитальными гребнями, является источником ГСК [2–5]. Дополнительно ГСК формируются в пуповинной и вителлиновой артериях [6]. Эти ГСК, вероятно, колонизируют развивающуюся печень, которая служит основным органом кроветворения уже в плодном периоде. Несмотря на прогресс в идентификации ГСК в зародышевых органах, до сих пор мало известно о происхождении различных пулов ГСК и их относительном вкладе в гемопоэз. Так, до 2003 года оставалось не выясненным, являются ли клетки

To date, only a fraction of transplantation patients, however, have access to immunologically-matched HSCs. Bone marrow, peripheral blood, and umbilical cord blood (CB) are current sources of HSCs for transplantation. While CB-derived stem cells have many advantages, their number in a single unit is insufficient for transplantation of an adult patient. Here we show that tissue of human term placenta contains large numbers of CD34⁺–CD133⁺ HSCs, which are not part of the fetal or maternal circulation. The number of these placental HSCs in a single unit exceeds by 10-fold the number of HSCs in a CB unit. Cells obtained from either fresh or preserved frozen placental tissue gave rise to erythroid and myeloid lineages in cell culture and lymphoid lineages in immunodeficient mice. Thus, preserved placenta could serve as a potential source for reconstituting hematopoiesis in adult humans.

Key words: placenta, hemopoiesis, hematopoietic stem cells, transplantation.

АГМ единственным источником быстро растущего пула ГСК фетальной печени [7]. Новые перспективы в решении этого вопроса появились в связи с обнаружением в мышинной плаценте на средних сроках гестации многочисленных мультипотентных клеток–предшественников и ГСК, что указывает на важную роль плаценты в становлении гемопоэза [8–10]. Еще в 70–е годы XX века было показано, что предшественники В–клеток появляются в плаценте мыши перед тем как попасть в печень [11]. Клетки, обладающие способностью генерировать В–лимфоциты, обнаруживались в плаценте на стадии Э9.5, их число достигало максимума на Э12.5 и затем снижалось, аналогичную кинетику демонстрировала и популяция ГСК [9]. Так, к концу внутриутробного развития количество ГСК в плаценте у мышей снижается, что, возможно, является отражением процесса миграции плацентарных ГСК в печень и другие развивающиеся кроветворные органы плода (тимус, селезенку и костный мозг). Накопленные данные позволяют предположить, что плацента может функционировать как орган лимфо– и миелопоэза.

Цель нашего исследования состояла в оценке человеческой плаценты как потенциально возможного источника ГСК в процессе естественного гемопоэза.

Материал и методы

Зрелые плаценты человека были получены в Госпитале Альта Бэйтс (Бэркли, Калифорния, США) с согласия доноров. Иммуногистохимические исследования тканей плаценты на присутствие CD34 и других маркеров ГСК – CD90, CD38, CD133 проводили на срезах с парафиновых блоков, методом иммунофлюоресценции после обработки протеиназой К.

На первом этапе проводили перфузию плацент через артерии и вену пупочного канатика раствором антикоагулянта и сосудорасширяющего агента. Далее, для выделения клеток, в артериальное русло вводили 50 мл физиологического раствора на фосфатном буфере с антибиотиками (пенициллин, стрептомицин и фунгизон), протеазами (диспаза (2,5 ед./мл), трипсин (0,5 мг/мл)) и ЭДТА. Образцы тканей плаценты измельчали и помещали в буфер с коллагеназой I (0,1%) и диспазой (2,5 ед./мл) на 30 мин при 37°C. Полученные таким образом образцы перемешивали и фильтровали через фильтр с размером пор 100 мкм в течение 5 мин.

Для получения мезенхимальных стволовых клеток (МСК), тканевый лизат центрифугировали при 400g в течение 15 мин., удаляли супернатант. Культивирование проводили в соответствии с ранее описанным протоколом [12].

Часть плацент криоконсервировали по следующей схеме. Плаценты промывали 250 мл буферного раствора (см. выше), затем проводили перфузию раствором смеси криоконсервантов (пропилен гликоль (15%), DMSO (14%), Formamide (14%) и др. в течение 40 мин. Затем плаценты замораживали в морозильной камере (–80°C) в течение 12 часов, после чего помещали в жидкий азот.

Количество CD34⁺ клеток в гомогенатах тканей определяли с помощью проточного цитофлуориметра FACScaliber (BD Biosciences, San Jose, CA) с использованием Procount Progenitor Cell Enumeration Kit (BD Biosciences). Выделяли CD34/CD45 положительную популяцию клеток. Жизнеспособность клеток определяли с помощью ядерно-цитоплазматического окрашивания To-Pro.

Дифференцировочный потенциал клеток оценивали с использованием полной среды MethoCult® на основе метилцеллюлозы (Stem Cell Technologies, Canada). Присутствие клеток-инициаторов долговременно поддерживающихся культур определяли с использованием фидерного слоя из стромальных клеток плацентарного происхождения от того же донора. Для инактивации фидера культуру обрабатывали раствором митомицина C (10 мкг/мл) (Sigma, St. Louis, MO) в течение 2 часов.

В экспериментах с трансплантацией полученных клеток использовали иммунодефицитных мышей двух линий (Jaxon Laboratories, Bar Harbor, Maine): необлученных NOD.Cg-Prkdc^{scid} Il2rg^{tm1Wjl}/SzJ (JaxLab Cat. № 005557) и целиком облученных (2,5 Gy) NOD.Cg-Rag1^{tm1Mom} Prf1^{tm1Sdz}/Sz (JaxLab Cat. № 004848). Всем мышам внутривенно вводили 10⁶ ядродержащих клеток, выделенных из плацентарных тканей. Через 2–3 мес. после трансплантации животных выводили из опыта и производили иммуноокрашивание клеток крови, костного мозга и селезенки антителами к человеческим CD45 (общий лейкоцитарный маркер), CD3 (лимфоцитарный маркер), CD25 (лимфоцитарно/моноцитарный маркер) и CD51/CD61 (маркеры тромбоцитов/мегакариоцитов). Подсчет клеток проводили с помощью проточной цитометрии с использованием соответствующих негативных (мыши без трансплантации) и позитивных контролей (человеческая кровь).

Результаты

В исследовании мы уделили основное внимание двум классическим маркерам человеческих ГСК: CD133 и CD34. Известно, что примитивные ГСК, гемопоэтические клетки-предшественники и гемангиобласты экспрессируют CD133. CD133⁺ клетки костного мозга эффективно заселяются в ткани иммунодефицитных мышей, и эта популяция CD133⁺ ГСК содержит предшественники гранулоцитов/макрофагов. Популяция CD133⁺ в костном мозге и крови коэкспрессирует CD34.

У человека колониеформирующая активность характерна для популяции CD34⁺ клеток, которые способны к колонизации и репопуляции кроветворных органов иммунодефицитных мышей. Популяция CD34⁺ клеток костного мозга содержит ГСК, которые поддерживают гемопоэз в течение всей жизни организма.

Иммуногистохимическое исследование тканей плаценты показало присутствие многочисленных кластеров CD34⁺ клеток, не связанных с микроциркуляторным руслом, локализованных в свободной соединительной ткани (рис. 1). Количество CD34⁺ клеток составляло 0,2±0,03% всех клеток плаценты, их общее число в среднем составляло 2,5×10⁷ клеток на плаценту. Была отмечена колокализация CD34 и других классических маркеров ГСК – CD90, CD38, CD133 (см. рис. 1).

Сравнительный анализ пуповинной крови и препаратов, полученных после обработки плаценты протеолитическими ферментами, показал гораздо более высокий выход живых, CD45^{dim}CD34⁺ клеток из плаценты. Общее количество ГСК, доступных в препарате плаценты, по сравнению с общим объемом пуповинной крови из этого же источника, было в среднем в 10–12 раз выше (см. рис. 1).

Иммуногистохимическое исследование также показало присутствие многочисленных кластеров CD133⁺ клеток, локализованных в свободной соединительной ткани (рис. 2). Среди этих кластеров выявлялись очаги эритропоэза.

Гистологические и цитометрические данные свидетельствуют о том, что плацента является очень богатым источником CD34⁺ и CD133⁺ ГСК. Для того, чтобы убедиться в жизнеспособности и дифференцировке ГСК после обработки ткани протеиназами, мы оценили способность клеток к дифференцировке в клетки крови, используя стандартные тесты на колониеобразование, включая CFU-E, BFU-E, CFU-GM, CFU-GEMM, результаты сравнивались с такими же тестами в отношении ГСК пуповинной крови. Между числом колоний, образованных одинаковым количеством клеток плаценты или клеток пуповинной крови из той же плаценты, не было выявлено статистически значимой разницы. Клетки, растущие в MethoCult® в течение 14 дней, были позитивны в отношении гемоглобина, CD45, CD25, CD31 (маркера В-лимфоцитов, моноцитов и тромбоцитов), CD11b (маркера моноцитов и гранулоцитов) и CD69 (маркера макрофагов) (рис. 3).

Для того, чтобы показать присутствие среди первичных плацентарных клеток клеток-иницирующих долговременную гемопоэтическую культуру, первичные плацентарные клетки культивировали в течение 6 нед. на фидерном слое из стромальных клеток, выделенных из тех же образцов плаценты. В этом случае ГСК активно дифференцировались в среде MethoCult®, что доказывало присутствие клеток-инициаторов долговременной культуры среди первичных плацентарных клеток.

У иммунодефицитных мышей NOD/SCID, получивших сублетальную дозу облучения, введение плацентарных CD34⁺ ГСК приводило к появлению в костном мозге, селезенке и периферической крови CD45⁺CD3⁺ лимфоцитов. Химеризм (присутствие человеческих клеток крови) достигал 9–12%, составляя в среднем 3±1%. Наблюдалось присутствие CD45⁺CD29⁺ клеток, а также CD45⁺CD51⁺/CD69⁺ клеток.

Аналогичные исследования после криоконсервации плацент и хранения в течение 1–3 мес. показали сходные результаты. Удалось получить такое же количество жизнеспособных CD34⁺ клеток, сохранивших способность к дифференцировке.

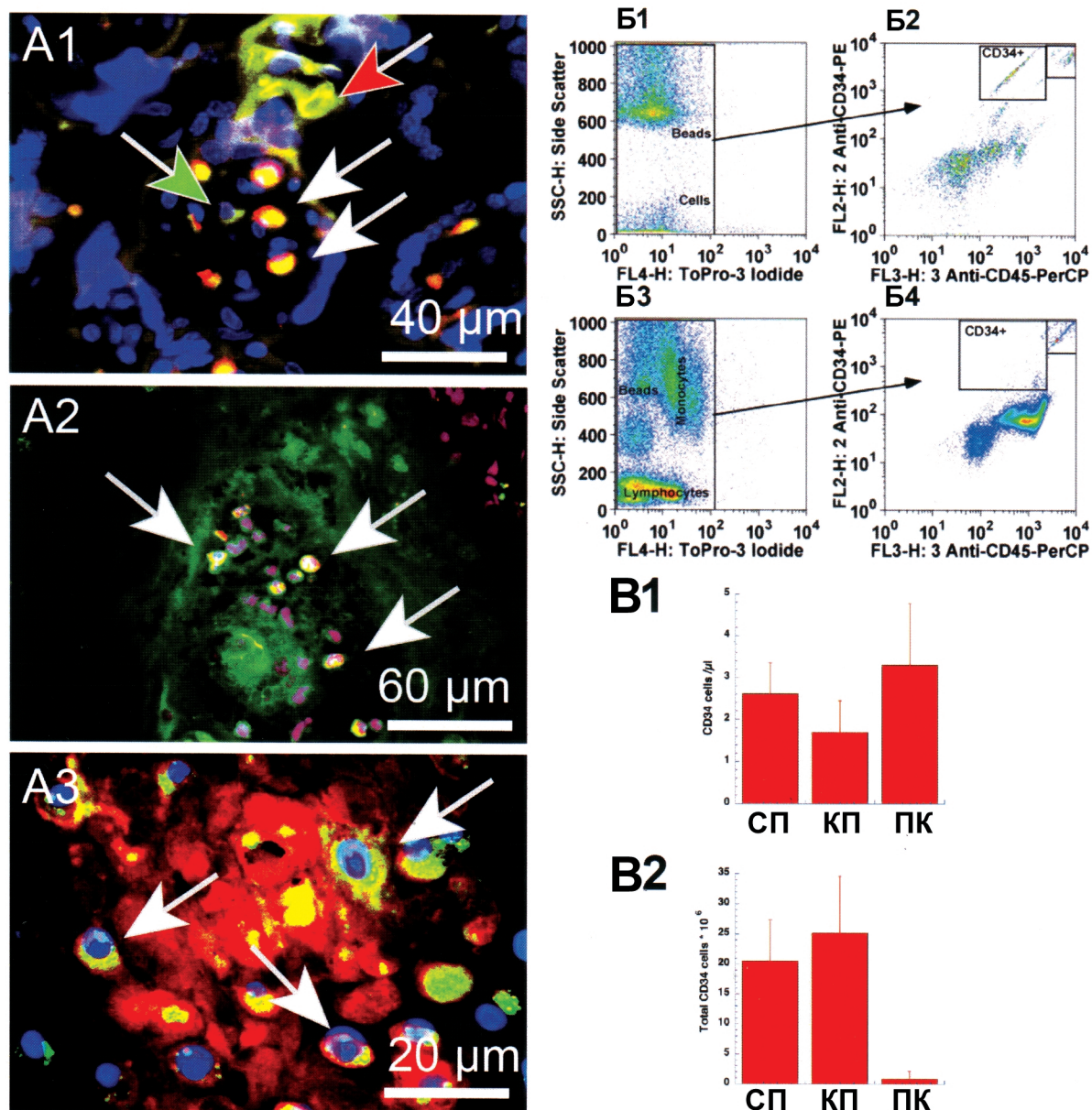


Рис. 1. Кластеры $CD34^+$ клеток, не связанные с микроциркуляторным руслом в тканях плаценты. Иммуноокрашивание на $CD34$, $CD38$, $CD90$, и $CD133$.

A1 – $CD34$ (зеленый), $CD90$ (красный), и ядра (голубой). Белые стрелки указывают на $CD34^+CD90^+$ клетки; зеленая – на $CD34^+CD90^-$ клетки; красная – $CD34^+$ эндотелиальные клетки капилляра.

A2 – $CD34$ (зеленый), $CD38$ (красный), и ядра (голубой). Стрелки указывают на $CD34^+CD38^+$ клетки.

A3 – $CD34$ (зеленый), $CD133$ (красный), и ядра (голубой). Стрелки указывают на $CD34^+CD133^+$ клетки.

Б – FACS-диаграммы клеток пуповинной крови и тканей плаценты, окрашенных на жизнеспособные $CD34^+CD45^{dim}$ клетки.

Б1 – Диаграмма клеток тканей плаценты; абсцисса – окраска ToPro-3; ордината – side scatter.

Точки, расположенные справа от границы, обозначают погибшие клетки.

Б2 – Жизнеспособные ядросодержащие клетки диаграммы Б1, окрашенные на $CD34$ и $CD45$.

Б3 – Клетки пуповинной крови, окрашенные ToPro-3 на жизнеспособность.

Б4 – $CD34^+CD45^{dim}$ окраска жизнеспособных клеток с диаграммы Б3.

В1 – Количество $CD34^+$ клеток в тканях свежей и криоконсервированной плаценты и пуповинной крови на единицу объема (μ l).

В2 – Общее количество $CD34^+$ гемопоэтических стволовых клеток в свежей плаценте (СП), криоконсервированной плаценте (КП) и в пуповинной крови (ПК)

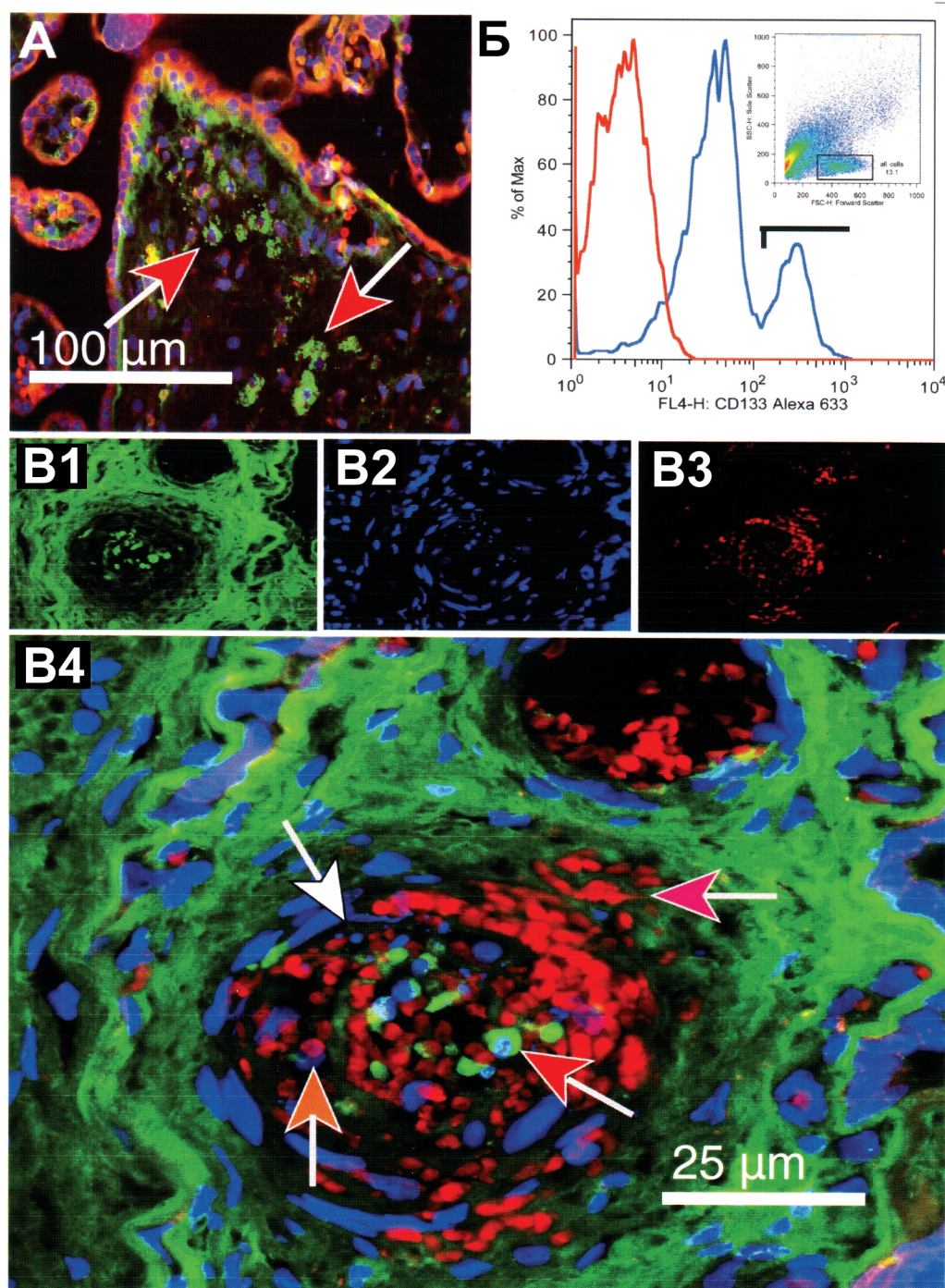


Рис. 2. CD133-положительные клетки тканей плаценты:
 А – CD133 (зеленый) и ядра (голубой). Скопления CD133⁺ клеток, не связанных с микроциркуляторным руслом матери или плода;
 Б – гистограмма FACS анализа тканей плаценты на наличие CD133-положительных клеток. Ордината – относительное число клеток, абсцисса – интенсивность флуоресценции из выборки, показанной на точечной диаграмме;
 В – очаги эритропоэза в мезенхиме плаценты:
 В1 – CD133 (зеленый);
 В2 – ядра (голубой);
 В3 – гемоглобин (красный);
 В4 – совмещенное изображение В1, В2, и В3. Красная стрелка указывает на скопление CD133⁺ гемопоэтических стволовых клеток. Белая стрелка указывает на пикнотическое ядро. Оранжевая стрелка указывает на энуклеирующий эритроblast; розовая стрелка указывает на мигрирующие эритроциты

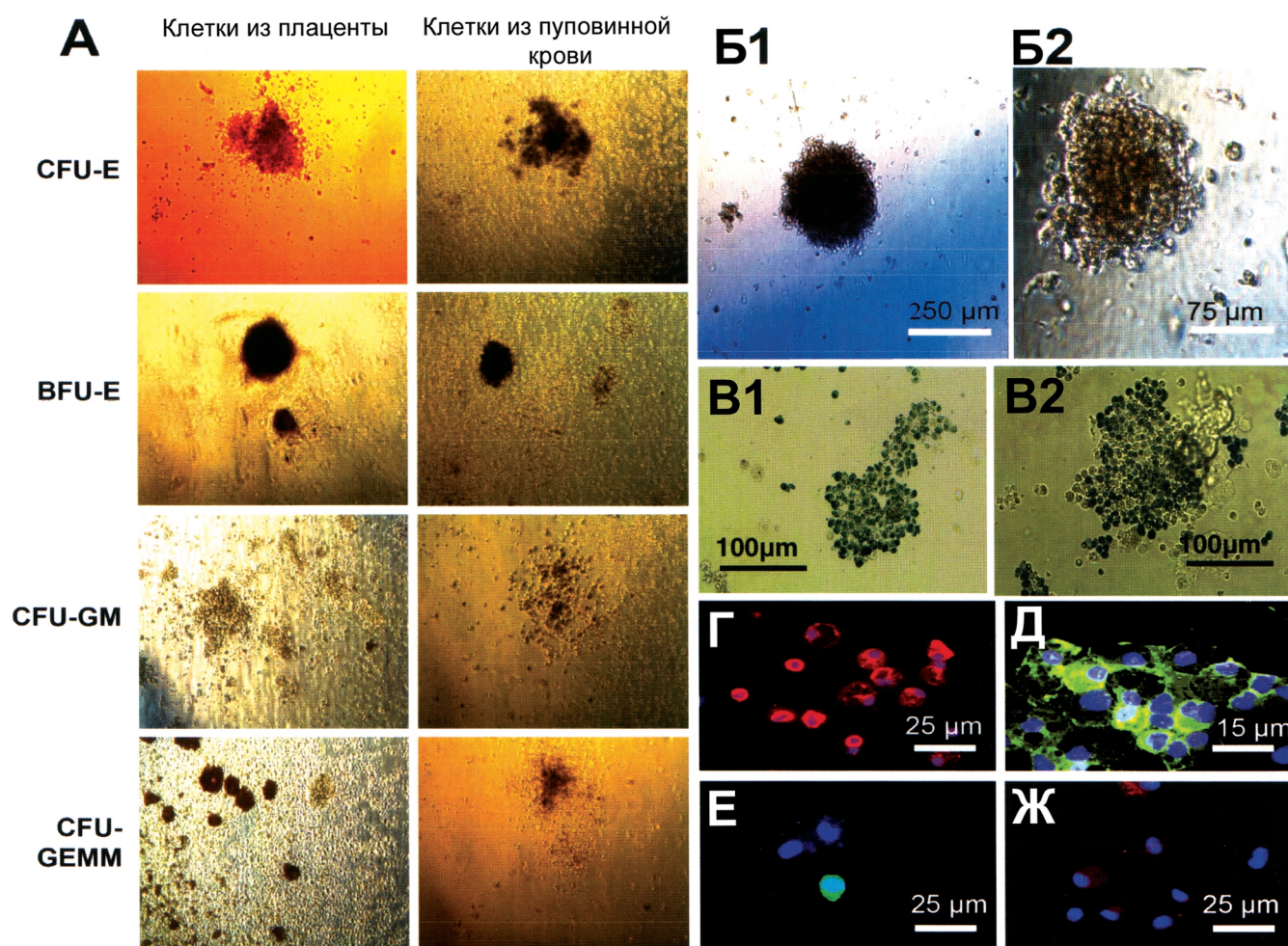


Рис. 3. Результаты культивирования клеток тканей плаценты в среде MethoCult® (Stem Cell Technologies, Canada):
 А – колонии эритроидных предшественников (CFU-E – colony forming unit erythroid), BFU-E (burst-forming unit erythroid),
 гранулоцитов и макрофагов (CFU-GM-colony forming unit-granulocyte, macrophage), CFU-GEMM
 (colony forming unit-granulocyte, erythroid, macrophage, megakaryocyte);
 Б – фенотип колоний после 6 недель культивации на фидерных культурах и 2 недель в среде MethoCult®:
 Б1 – колония CFU-E;
 Б2 – колония CFU-GEMM;
 В – колония эритробластов– эритроцитов. Окраска на гемоглобин бензидином (Sigma, США);
 В1– клетки из тканей плаценты;
 В2 – клетки из пуповинной крови;
 Г–Ж – колонии, окрашенные на маркеры лейкоцитов, окраска ядер DAPI (голубой); Г – Окраска на CD11b;
 Д – окраска на CD31; Е – окраска на CD69; Ж – негативный контроль

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что плацента человека содержит чрезвычайно большое количество гемопоэтических клеток–предшественников. Из плацентарных тканей человека можно получить большее количество CD34⁺ ГСК, чем из пуповинной крови. Эти клетки сохраняют свои способности к прогрессивной дифференцировке по пути лимфо- и миелопоэза после криоконсервации.

В некоторых исследованиях на мышах показано, что плацента в 2–4 раза богаче ГСК, чем даже фетальная печень [8, 13]. На стадии Э9 и Э10 в плаценте уже присутствовали ГСК, в то время как в печени их еще не было.

Особенностью плацентарных ГСК является быстрое увеличение их численности в период между Э11.5 и Э12.5 [9]. В результате чего в этот период содержание ГСК в плаценте

более чем в 15 раз превышает численность ГСК в АГМ или в желточном мешке, что, возможно, говорит об уникальном кроветворном микроокружении, которое существует в плаценте. Увеличение пула ГСК в период Э11.5–Э12.5 было более выраженным, чем увеличение соответствующего пула клоногенных клеток–предшественников, что свидетельствует о том, что плацентарное микроокружение способствует поддержанию ГСК без одновременной дифференцировки в последующие кроветворные классы [9]. Количество гемопоэтических клеток в плаценте на средних сроках гестации (соответствующих примерно 1–2 месяцам гестационного возраста человеческого эмбриона) во много раз превосходит их количество в зрелой плаценте, пуповинной крови и циркулирующей крови *in toto*. Данные результаты показывают, что плацента является ранее недооцененным источником ГСК.

В настоящее время основными источниками ГСК для трансплантации в клинической практике служат костный мозг, периферическая и пуповинная кровь. Но потребность в HLA-совместимых стволовых и прогениторных кроветворных клетках превышает возможность по их заготовке. Менее чем 30% потенциальных реципиентов имеют HLA-идентичных родственников, в связи с чем широко распространенной является пересадка аллогенных ГСК костного мозга, которая часто приводит к неблагоприятным реакциям со стороны иммунной системы. Кроме того, не следует забывать и

о главном ограничении использования человеческой пуповинной крови для трансплантации – низкое содержание в ней ГСК, недостаточное для обеспечения адекватного восстановления гемопоэза у взрослых реципиентов [14].

Результаты нашей работы с очевидностью показывают, что криоконсервирование плаценты с помощью перфузии и последующего замораживания может являться альтернативным и эффективным способом сохранения аутогенных кроветворных стволовых клеток в количестве, достаточном для реконструкции гемопоэза взрослых пациентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Jaffredo T., Nottingham W., Liddiard K. et al. From hemangioblast to hematopoietic stem cell: an endothelial connection? Exp. Hematol. 2005; 33: 1029–40.
2. Cumano A., Dieterlen-Lievre F., Godin I. Lymphoid potential, probed before circulation in mouse, is restricted to caudal intraembryonic splanchnopleura. Cell 1996; 86: 907–16.
3. Godin I., Cumano A. The hare and the tortoise: an embryonic hematopoietic race. Nat. Rev. Immunol. 2002; 2: 593–604.
4. Medvinsky A., Dzierzak E. Definitive hematopoiesis is autonomously initiated by the AGM region. Cell 1996; 86: 897–906.
5. Muller A.M., Medvinsky A., Strouboulis J. et al. Development of hematopoietic stem cell activity in the mouse embryo. Immunity 1994; 1: 291–301.
6. de Bruijn M.F., Speck N.A., Peeters M.C., Dzierzak E. Definitive hematopoietic stem cells first develop within the major arterial regions of the mouse embryo. EMBO J. 2000; 19: 2465–74.
7. Kumaravelu P., Hook L., Morrison A. et al. Quantitative developmental anatomy of definitive hematopoietic stem cells/long-term repopulating units

(HSC/RUs): role of the aorta-gonad-mesonephros (AGM) region and the yolk sac in colonisation of the mouse embryonic liver. Dev. 2002; 129: 4891–9.

8. Alvarez-Silva M., Belo-Diabangouaya P., Salaun J., Dieterlen-Lievre F. Mouse placenta is a major hematopoietic organ. Dev. 2003; 130: 5437–44.

9. Gekas C., Dieterlen-Lievre F., Orkin S., Mikkola H. The placenta is a niche for hematopoietic stem cells. Dev. Cell 2005; 8: 365–75.

10. Ottersbach K., Dzierzak E. The murine placenta contains hematopoietic stem cells within the vascular labyrinth region. Dev. Cell 2005; 8: 377–87.

11. Melchers F. Murine embryonic B lymphocyte development in the placenta. Nature 1979; 277: 219–21.

12. Popov B., Serikov V.B., Petrov N.S. et al. Lung Epithelial Cells A549 Induce Endodermal Differentiation in Mouse Mesenchymal BM Stem Cells by Paracrine Mechanism. Tissue Engineering 2007; 13: 2441–50.

13. Mikkola H., Orkin S. The journey of developing hematopoietic stem cells. Dev. 2006; 133: 3733–44.

14. Cairo M., Wagner J. Placental and/or Umbilical Cord Blood: An Alternative Source of Hematopoietic Stem Cells for Transplantation. Blood 1997; 90: 4665–78.

Поступила 14.04.2008

Система для проведения экстракорпорального фотофереза – UVAR XTS («Therakos», США)

Экстракорпоральный фотоферез представляет собой метод, основанный на сочетании лейкофереза и облучения лейкоцитов, предварительно обработанных фотосенсибилизатором (8-метоксипсораленом), ультрафиолетовым светом диапазона А (320 – 400 нм).

Область применения:

Лечение онкологических, аутоиммунных, дерматологических и пролиферативных заболеваний:

- Т-клеточная злокачественная лимфома кожи,
- атопический дерматит,
- склеродермия,
- псориаз,
- ревматоидный артрит,
- отторжение органов после
- уменьшение реакции трансплантат против хозяина (РТПХ).

Особенности системы:

Безопасность для пациента:

- одноразовая система расходных материалов,
- исключение риска воздушной эмболии,
- исключение риска заражения,
- осуществление контроля поступления антикоагулянта,
- контроль давления в системе,
- контроль скорости забора и возврата крови пациенту,
- возможность изменения параметров процесса в течение процедуры,
- при необходимости автоматическая блокировка системы магистралей.

Простота в работе и обслуживании:

- удобное использование для оператора,
- конструкция аппарата и расходных материалов исключают возможность ошибки при загрузке,
- однократная венопункция,
- полная автоматизация процедуры,
- быстрое и безопасное извлечение компонентов процедурного набора после завершения процедуры,
- наличие ключа данных, на котором фиксируется вся информация о протекании процесса.



Система для выделения стволовых клеток – Sereph («BioSafe», Швейцария)

- Самая современная, компактная система, позволяющая выделять стволовые клетки из пуповинной и периферической крови, а также из костного мозга.
- Идеальная система для быстрой автоматической обработки крови с высоким уровнем жизнеспособности клеток после процедуры.
- Sereph позволяет проводить обработку крови в рамках 8 протоколов.
- Принцип действия Sereph основан на сепарации центрифугированием, позволяющем разделять компоненты крови в соответствии с их плотностью и размерами.
- Система предназначена для применения в клеточной терапии, где необходимо получение определенных компонентов крови.
- Обработка крови или ее компонентов происходит в закрытой стерильной системе.
- Компоненты крови собираются в стандартные мешки и готовы для дальнейшего использования (криоконсервация, наращивание in vitro, переливание пациенту и др.).

Эксклюзивный представитель ООО «Инновационные Медицинские Технологии»
Москва, ул. Ивана Франко, д. 4, корп. 15, тел/факс: +7(495)380-36-62

E-mail:

dr_fedorov@haemoline.ru, gerasimenkody@haemoline.ru, neunlyovamy@delrus.org



Therakos
Immune Cell Therapy



Автоматизированная система для хранения стволовых клеток в жидком азоте – BioArchive («Thermogenesis», США).

Система рассчитана на 3626 образцов стволовых клеток

- Низкая стоимость операционного процесса
- Низкий расход жидкого азота на один образец во время хранения и программного замораживания
- Полностью автоматизированный процесс сокращает время работы персонала
- Снижение затрат на оборудование
- Не требуется большого количества дьюаров для хранения (одна система BioArchive заменяет 6-7 дьюаров)
- Наличие двух встроенных программных замораживателей

- Безопасность и защита
- Полузакрытая система сокращает воздействие азота на оператора
- Источник бесперебойного питания позволяет разместить/извлечь образец в случае отключения электричества
- Параметры 24-х часового контроля и управления доступом включают в себя: Мониторинг уровня жидкого азота
- Пароль для доступа

Интегрированный программный замораживатель

- Минимизирует температурные колебания
- Отсутствует этап ручного переноса образца из программного замораживателя в дьюар для хранения

Криоконтейнер на 25 мл

- Постоянный геометрический размер образца
- Воспроизводимый процесс заморозки для каждой единицы
- Возможность роботизированной закладки на хранение и извлечение образцов
- Снижается вероятность ошибки, связанной с человеческим фактором

Система управления образцом

- Использование штрих-кода исключает ошибки при перемещении образца
- Ответ по образцу: История образца
- Инвентаризация
- График замораживания

www.thermogenesis.ru

Расходные материалы для культивирования стволовых клеток «CellGenix» (Германия):

Комплекты CellGro для культивирования клеток в закрытых системах.

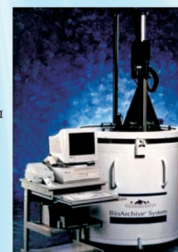
- CellGro HPC для культивирования гемопоэтических клеток, NK-клеток, Т-клеток
- CellGro DC для культивирования дендритных клеток
- Бессывороточные среды CellGro:
- SCGM для культивирования гемопоэтических прогениторных клеток, NK-клеток, Т-клеток
- DC для культивирования дендритных клеток

Культуральные мешки VueLife

(сделаны из FEP Teflon)

CellGro цитокины

Для увеличения гемопоэтических прогениторных клеток, NK-клеток, Т-клеток и дендритных клеток.



thermogenesis



Вся продукция зарегистрирована и сертифицирована в России