



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0104049
(43) 공개일자 2015년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61K 48/00 (2006.01) C12N 15/85 (2006.01)

C12N 15/86 (2006.01) G01N 33/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61K 48/00 (2013.01)

C12N 15/85 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0029725

(22) 출원일자 2015년03월03일

심사청구일자 2015년03월03일

(30) 우선권주장

1020140025095 2014년03월03일 대한민국(KR)

(71) 출원인

국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김정범

경남 김해시 율하1로 64, 403동 1802호 (율하동,
율상마을푸르지오4단지)

(74) 대리인

특허법인태백

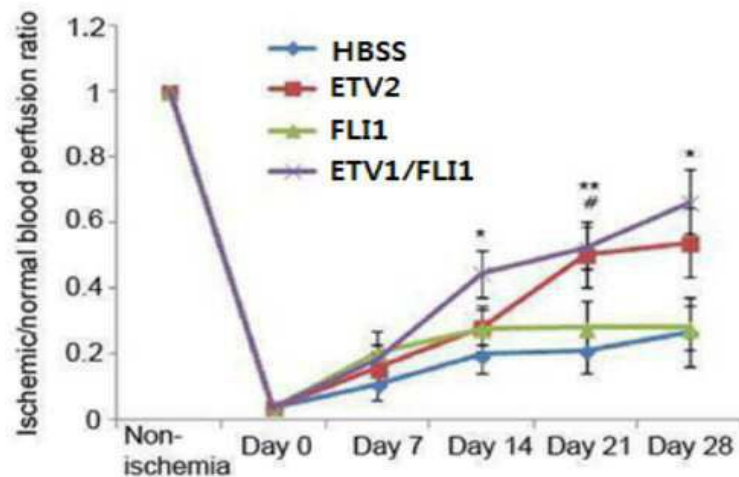
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 체세포로부터 혈관 전구 세포로의 직접교차분화 유도용 조성물 및 이의 용도

(57) 요약

본 발명은 체세포로부터 혈관 전구 세포로의 직접교차분화 유도용 조성물 및 이의 용도에 관한 것으로서, 상세하게는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물, 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물, 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 세포치료제, 허혈성 혈관질환 치료 약물 스크리닝용 조성물, 허혈성 혈관질환 치료용 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물 및 체세포를 혈관 전구 세포로 직접교차분화하는 방법에 대한 것이다. 본 발명에 따라 체세포로부터 직접교차분화를 통해 혈관 전구 세포를 제조함으로써, 혈관 전구 세포의 제조기간을 줄일 수 있으며, 유도만능줄기세포의 부작용인 기형 종 형성을 피해갈 수 있도록 하여, 줄기세포 치료제의 부작용을 최소화할 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

C12N 15/86 (2013.01)
C12N 5/0602 (2013.01)
G01N 33/5008 (2013.01)
G01N 33/5044 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711000472
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	줄기세포연구사업
연구과제명	체세포-특이적 역분화 기술 개발
기 여 율	1/2
주관기관	국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간	2013.06.01 ~ 2014.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	1711002001
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	세포재생기술개발사업
연구과제명	직접교차분화를 이용한 환자 특이적 유도신경계세포치료제의 개발과 임상적용에 적합한 대량 생산을 위한 고품격 스캐폴드용 그래핀 저온성장 기술개발
기 여 율	1/2
주관기관	국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간	2013.10.01 ~ 2014.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 유효성분으로 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 벡터는 플라스미드 벡터, 코즈미드 벡터, HIV(Human immunodeficiency virus) 벡터, MLV(Murine leukemia virus) 벡터, ASLV(Avian sarcoma/leukosis) 벡터, SNV(Spleen necrosis virus) 벡터, RSV(Rous sarcoma virus) 벡터, MMTV(Mouse mammary tumor virus) 벡터, 아데노바이러스(Adenovirus) 벡터 및 헤르페스 심플렉스 바이러스(Herpes simplex virus) 및 에피조말(episomal) 벡터로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 벡터인 것을 특징으로 하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 체세포는 섬유아세포, 근육세포, 신경세포, 위점막세포, 배상세포, G세포, 주피세포(pericyte), 성상교세포(astrocyte), B세포, 혈액세포, 상피세포, 신경줄기세포, 조혈모세포, 중간엽줄기세포 및 제대혈 줄기세포로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 세포인 것을 특징으로 하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물.

청구항 4

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 체세포에 도입하여 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell).

청구항 5

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 제5항에 따른 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 허혈성 혈관질환은 뇌혈관질환, 심혈관질환, 하지허혈성질환, 말초혈관질환 또는 허혈성 근육괴사인 것을 특징으로 하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물.

청구항 7

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 제5항에 따른 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 세포치료제.

청구항 8

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 제5항에 따른 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료 약물 스크리닝용 조성물.

청구항 9

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 제5항에 따른 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료용 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물.

청구항 10

ETV2(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 체세포에 도입하는 단계를 포함하는 체세포를 혈관 전구 세포로 직접교차분화하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 체세포로부터 직접교차분화인자 *ETV2*, *FLII*의 각 단백질, 단백질을 코딩하는 핵산분자 및 단백질을 코딩하는 핵산분자가 도입되어 단백질을 발현하는 벡터로 이루어진 군에서 선택되는 1이상을 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물 및 상기 조성물을 처리하는 단계를 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포 및 혈관세포로 직접교차분화하는 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 체세포로부터 직접교차분화하는 방법에 의해 분화 유도된 혈관 전구 세포 및 혈관세포를 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물, 세포치료제, 약물 스크리닝용 조성물, 또는 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

혈관의 생성은 크게 혈관모세포(angioblast)나 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)가 분화하여 혈관망 상구조(primitive vascular network)를 이루는 혈관형성(vasculogenesis)과 기존의 혈관으로부터 새로운 혈관이 생성되는 혈관신생(angiogenesis)으로 구분할 수 있다. 혈관형성과정 동안 혈관 전구 세포는 혈관내피세포(endothelial cell) 등으로 분화하여 주요 혈관을 형성하게 되며, 혈관형성과정은 혈관 전구 세포의 분화 양상에 따라 몸통의 혈관이 생성될 때와 같이 혈관내피세포가 제자리에서 분화하게 되는 제1형 혈관형성 및 심장내막(endocardium)이나 머리부분에 혈관이 형성되는 경우와 같이 혈관 전구 세포가 넓은 범위에서 이동하며 분화하게 되는 제2형 혈관형성, 2가지 형태로 나뉘어질 수 있다. 이는 태아의 발생과정을 포함하여 상처치유, 배란, 임신과 같은 생리적 상태 뿐 아니라, 염증, 종양 등의 다양한 병리적 상태에서도 중요한 기전으로 작용하고 있어, 이에 대한 연구가 진행되어왔다.

[0003]

혈관의 손상은 다양한 허혈성 질환을 유도하며, 혈관의 손상을 치료하기 위한 방법으로 내생(endogenous) 세포를 재생(restoration)하거나, 혈관을 형성하는 기능성 혈관 세포를 이식하는 방법을 통해 근본적으로 치료할 수 있다. 이와 관련하여, 기능성 혈관세포를 이식하여 치료함에 있어서, 혈관세포의 효과적인 분화방법이 명확하지 않았을 뿐 아니라, 많은 양의 세포를 얻는 것이 어려운 문제가 있었다.

[0004]

또한, 배아줄기세포(embryonic stem cells, ESCs) 및 유도된 만능줄기세포에서 혈관세포로의 분화를 유도하는 방법도 있으나, 목적하는 세포로의 유도효율이 낮고 특정 세포로 분화 시 상기 배아줄기세포 또는 만능줄기세포로부터 종양유전자가 존재할 수 있는 위험성이 있기 때문에 문제가 있다. 또한, 역분화 줄기세포는 배아 파괴와 관련된 윤리적인 문제점 및 이식과정의 면역거부반응을 해결할 수 있는 장점을 나타냄에도 불구하고, 배아줄기세포와 마찬가지로 여전히 기형종 형성의 가능성을 내포하고 있다는 단점이 있다.

[0005]

또한, 체세포로부터 직접교차분화방법을 통해 혈관 전구 세포를 제조하는 방법은 아직 보고된 바 없으며, 특히, *ETV2*(Ets variant gene 2) 또는 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1)의 트랜스덕션(transduction)을 통한 체세포의 직접교차분화에 의한 혈관세포의 다능성(Multipotency)의 확립은 알려진 바 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) PCT 공개특허 WO 2010/112776 (2012.08.23)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질을, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 유효성분으로 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물, 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 세포치료제, 허혈성 혈관질환 치료 약물 스크리닝용 조성물 및 허혈성 혈관질환 치료용 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물을 제공하는 데 있다.

[0009] 본 발명의 또 다른 목적은 체세포를 혈관 전구 세포로 직접교차분화하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 유효성분으로 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물을 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 체세포에 도입하여 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)를 제공한다.

[0012] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물을 제공한다.

[0013] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터, 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 세포치료제를 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료 약물 스크리닝용 조성물을 제공한다.

[0015] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료용 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물을 제공한다.

[0016] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 체세포에 도입하는 단계를 포함하는 체세포를 혈관 전구 세포로 직접교차분화하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은 체세포로부터 직접교차분화를 통해 혈관 전구 세포를 제조함으로써, 혈관 전구 세포의 제조기간을 줄

일 수 있으며, 유도만능줄기세포의 부작용인 기형종 형성을 피해갈 수 있도록 하여, 줄기세포 치료제의 부작용을 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018]

도 1은 *ETV2*의 상보적 DNA를 암호화하는 렌티바이러스의 개열지도를 나타낸 것이다.

도 2는 *FLI1*의 상보적 DNA를 암호화하는 렌티바이러스의 개열지도를 나타낸 것이다.

도 3은 감염 5일 후 *ETV2* 및 *FLI1*의 발현을 RT-PCR을 이용하여 확인한 결과를 나타낸 것이다.

도 4는 *ETV2*, *FLI1* 또는 *ETV2/FLI1*로 형질전환하여 제조된 혈관 전구 세포의 시간에 따른 위상대비 이미지(phase-contrast image)를 나타낸 것이다.

도 5는 제조된 혈관 전구 세포의 분화된 마커인 vWF, α -SMA 및 CD31의 발현을 나타낸 면역형광 이미지를 나타낸 것이다.

도 6은 제조된 혈관 전구 세포를 마우스에 이식한 후, 시간에 따른 혈류를 히스토그램 픽셀(colored histogram pixels)을 기초로 계산하여 나타낸 것이다.

도 7은 제조된 혈관 전구 세포를 마우스에 이식한 후, 허혈성 대 비허혈성 다리의 혈류 비율을 LDPI index로서 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019]

본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질을, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 유효성분으로 포함하는 체세포로부터 혈관 전구 세포(vascular progenitor cell)로의 직접교차분화 유도용 조성물을 제공한다.

[0020]

본 발명에서, *ETV2*(Ets variant gene 2)는 ETS(E26 transformation-specific 또는 E-twenty-six) 패밀리 중 하나로, NCBI 등록번호 NM_014209.3으로 등록되어 있다. ETS 인자는 배아 혈관발달에 관여하는 것으로 알려져 있다. 특히, *ETV2*는 혈관내피분화에 있어서 필수적인 조절 역할을 하는 것으로 알려져 있으나, 체세포로부터 혈관 전구 세포로의 직접교차분화를 유도하는 기능에 대해서는 전혀 알려진 바가 없다.

[0021]

또한, *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 역시 ETS 패밀리 중 하나이며, NCBI 등록번호 NM_002017.4로 등록되어 있다. 적아세포(erythoblast)에서 구조 활성화(constitutive activation)를 나타내어, 적혈구의 분화를 억제하는 것으로 알려져 있다. 특히, *FLI1*이 혈관 전구 세포로의 직접교차분화를 유도하는 기능에 대해서는 상기 *ETV2*와 마찬가지로 전혀 알려진 바가 없다.

[0022]

본 발명의 *ETV2*, *FLI1* 또는 이들의 조합체는 단백질 또는 이의 단백질을 코딩하는 핵산의 형태로 제공될 수 있는데, 상기 단백질은 인간과 마우스, 말, 양, 돼지, 염소, 낙타, 영양, 개 등의 동물 유래의 모든 *ETV2* 또는 *FLI1*을 포함할 수 있다. 또한, 본 발명에 사용되는 *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질은 이의 야생형(wild type)의 아미노산 서열을 갖는 단백질뿐만 아니라 *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질의 변이체를 포함한다.

[0023]

상기 단백질의 변이체란, *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질의 천연 아미노산 서열과 하나 이상의 아미노산 잔기가 결실, 삽입, 비보전적 또는 보전적 치환 또는 이들의 조합에 의하여 상이한 서열을 가지는 단백질을 의미한다. 상기 변이체는 천연 단백질과 동일한 생물학적 활성을 나타내는 기능적 등가물이거나 필요에 의해서 단백질의 물리화학적 성질이 변형된 변이체일 수 있고, 물리, 화학적 환경에 대한 구조적 안정성이 증대되거나 생리학적 활성이 증대된 변이체일 수 있다.

[0024]

또한, 본 발명에서 *ETV2* 또는 *FLI1*을 코딩하는 핵산은 야생형 또는 상기한 바와 같은 변이체 형태의 *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질을 코딩하는 염기서열로서, 하나 이상의 염기가 치환, 결실, 삽입 또는 이들의 조합에 의해 변이될 수 있으며, 천연에서 분리되거나 화학적 합성법을 이용하여 제조할 수 있다. 상기 *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질을 코딩하는 염기서열을 갖는 핵산은 단쇄 또는 이중쇄일 수 있으며, DNA 분자(genomic DNA, cDNA) 또는 RNA 분자일 수 있다.

[0025]

또한, 본 발명에서 ‘벡터’는 프로모터, 오퍼레이터, 개시코돈, 종결코돈, 폴리아데닐화 시그널, 인핸서 같은 발현 조절 요소 외에도 막 표적화 또는 분비를 위한 신호 서열 또는 리더 서열을 포함하며 목적에 따라 다양하게 제조될 수 있다. 벡터의 프로모터는 구성적 또는 유도성일 수 있다. 또한, 발현벡터는 벡터를 함유하는 숙주

세포를 선택하기 위한 선택성 마커를 포함하고, 복제 가능한 발현벡터인 경우 복제 기원을 포함한다. 벡터는 자가 복제하거나 숙주 DNA에 통합될 수 있다.

[0026] 벡터는 플라스미드 벡터, 코즈미드 벡터, 바이러스 벡터 및 에피조말(episomal) 벡터 등을 포함한다. 바람직하게는, 바이러스 벡터일 수 있다. 바이러스 벡터는 레트로바이러스(Retrovirus), 예를 들어 HIV(Human immunodeficiency virus), MLV(Murine leukemia virus) ASLV(Avian sarcoma/leukosis), SNV(Spleen necrosis virus), RSV(Rous sarcoma virus), MMTV(Mouse mammary tumor virus), 아데노바이러스(Adenovirus), 아데노 관련 바이러스(Adeno-associated virus) 또는 헤르페스 심플렉스 바이러스(Herpes simplex virus) 등에서 유래한 벡터를 포함하나, 이에 제한되지 않는다. 특히, 벡터는 직접교차분화의 효율을 높이거나 하는 목적에서 사용하는 것으로서, 바꾸고자 하는 세포에 관련된 유전자를 일반 체세포에 과발현시키는 것이면 어떤 벡터를 사용하더라도 본 발명의 효과를 나타낼 수 있다. 본 발명의 구체적인 일례로서, 상기 벡터는 *ETV2* 또는 *FLI1*을 발현하는 렌티바이러스 벡터일 수 있으며, 더욱 구체적으로, SFFV 프로모터인 SF 기반의 렌티바이러스 벡터일 수 있다.

[0027] 또한, *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질을 암호화하는 핵산은 당 분야의 공지 방법, 예를 들어 벡터 형태의 나이키드 DNA로 세포내로 전달하거나, 리포솜(Liposome), 양이온성 고분자(Cationic polymer)등을 이용하여 세포 내로 도입할 수 있다.

[0028] 상기 리포솜은 유전자 전달을 위하여 DOTMA나 DOTAP 등의 양이온성 인지질을 혼합하여 제조한 인지질 막으로, 양이온성의 리포솜과 음이온성의 핵산이 일정 비율로 혼합하면 핵산-리포솜 복합체를 형성하여 세포 내로 도입될 수 있다.

[0029] 구체적으로, 본 발명에서 *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질을 암호화하는 핵산분자는, *ETV2* 또는 *FLI1* 단백질을 암호화하는 핵산을 포함하는 바이러스 벡터를 packaging-defective 헬퍼 플라스미드와 함께 체세포 내로 도입될 수 있다. 상기 바이러스는 레트로바이러스, 아데노바이러스, 아데노 관련 바이러스, 헤르페스 심플렉스 바이러스 등을 포함하며 이에 제한되지 않는다.

[0030] 본 발명에서 용어 “체세포”는, 생식세포를 제외한 모든 세포를 의미할 수 있다. 예를 들어, 섬유아세포, 근육세포, 신경세포, 위점막세포, 배상세포, G세포, 주피세포(pericyte), 성상교세포(astrocyte), B세포, 혈액세포, 상피세포, 신경줄기세포, 조혈모세포, 중간엽줄기세포 또는 체내줄기세포 등을 사용할 수 있다. 그러나, 직접교차분화는 시작세포가 체세포이면 특정 조직세포 여부에 상관없이 적용할 수 있으므로, 상기에 제한되지 않는다. 본 발명 실시예에서는 섬유아세포(fibroblast)를 이용하여 직접교차분화를 유도하였다.

[0031] 본 발명에서, 혈관 전구 세포는 체내에서 혈관의 구성요소인 혈관내피세포(endothelial cell), 혈관평활근세포, 혈관주위세포 또는 혈관세포 등으로 분화할 수 있는 능력을 지닌 전구세포를 의미한다. 또한, 본 발명에서 “iVPC”는 유도된 혈관 전구 세포를 의미하며, 예를 들어, 본 발명의 방법에 따른 직접교차분화를 통하여 체세포로부터 유도된 혈관 전구 세포를 의미한다.

[0032] 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질을, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물을 제공한다.

[0033] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환의 예방 또는 치료용 세포치료제를 제공한다.

[0034] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLI1*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료 약물 스크리닝용 조성물을 제공한다.

[0035] 상기 허혈성 혈관질환은 혈관이 외부적 요인 또는 내부적 요인으로 인하여 손상되어 혈류장애가 발생하는 모든 질환을 의미하며, 체내 특정 부위에서의 발생에 제한되는 것이 아니다. 구체적인 일례로, 상기 허혈성 혈관질환은 뇌혈관질환, 심혈관질환, 하지허혈성질환, 말초혈관질환 또는 허혈성 근육괴사일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 보다 구체적인 일례로, 상기 뇌혈관질환은 뇌경색, 뇌졸중 또는 뇌출혈일 수 있으나, 뇌혈관 손상에 따른 혈류장애에 의한 질환이면 모두 포함될 수 있으며, 상기 질환에 제한되는 것은 아니다. 또 다른 보다

구체적인 일례로, 상기 심혈관질환은 동맥경화증, 허혈성 재관류 손상, 재발협착증, 동맥 염증, 혈관벽 재형성, 심실 재형성, 속심실 조율, 관상 미세색전증, 빈맥, 서맥, 압력 과부하, 관상 동맥 결찰, 부정맥, 뇌졸중, 협심증, 심근경색, 심부전 또는 고혈압일 수 있으나, 심혈관 손상에 따른 혈류장애에 의한 질환이면 모두 포함될 수 있으며, 상기 질환에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 본 발명에서 있어서, "세포치료제"는 사람으로부터 분리, 배양 및 특수한 지작을 통해 제조된 세포 및 조직으로 치료, 진단 및 예방의 목적으로 사용되는 의약품(미국 FDA규정)으로서, 세포 혹은 조직의 기능을 복원시키기 위하여 살아있는 자가, 동종, 또는 이종세포를 체외에서 증식, 선별하거나 다른 방법으로 세포의 생물학적 특성을 변화시키는 등의 일련의 행위를 통하여 치료, 진단 및 예방의 목적으로 사용되는 의약품을 지칭한다.

[0037] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질을, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자, 상기 핵산분자가 도입된 벡터 또는 상기 직접교차분화 유도된 혈관 전구 세포를 유효성분으로 포함하는 허혈성 혈관질환 치료용 인공조직 제작을 위한 3D 프린팅 생체 소재 조성물을 제공한다.

[0038] 또한, 본 발명은 *ETV2*(Ets variant gene 2) 및 *FLII*(Friend leukemia virus integration 1) 중에서 선택된 어느 하나 이상의 단백질을, 상기 단백질을 코딩하는 핵산분자 또는 상기 핵산분자가 도입된 벡터를 체세포에 도입하는 단계를 포함하는 체세포를 혈관 전구 세포로 직접교차분화하는 방법을 제공한다.

[0039] 보다 구체적으로, 체세포를 배지에서 배양하는 단계, 상기 배양한 체세포에 *ETV2*, *FLII* 또는 이들의 조합 유전자를 삽입한 벡터로 형질도입(transduction) 시키는 단계, 및 상기 감염된 체세포를 직접교차분화를 유도할 수 있는 배양조건에서 배양하는 단계를 포함한다.

[0040] 상기 체세포의 배양에 사용되는 배지는 당해 분야에서 체세포 배양 뿐 아니라 줄기세포(stem cell) 및 전구세포(progenitor cell) 배양에 통상적으로 사용되는 배지를 모두 포함할 수 있다. 배양에 사용되는 배지는 일반적으로 탄소원, 질소원 및 미량원소 성분을 포함한다. 본 발명의 구체적인 실시예에서는 형질도입된 섬유아세포를 황산프로타민(protamine sulfate, Sigma)을 보충한 배지에서 배양하였으며, 상기 황산프로타민 외에도, 세포의 배양에 있어서 필요한 요소들은 제한없이 포함할 수 있다.

[0041] 또한, 상기 체세포를 직접교차분화를 유도할 수 있는 배양조건은 당해 분야에서 체세포에 대하여 직접교차분화를 유도하는 데 통상적으로 사용되는 배지를 포함할 수 있으며, 본 발명의 구체적인 일례로서, 10% FBS를 포함하는 minimal essential media(MEM), 2mM L-글루타민, β -머캅토에탄올, 페니실린/스트렙토마이신 및 10ng/ml VEGF₁₆₅를 포함하는 혈관 전구세포 성장배지를 사용할 수 있다.

[0042] 본 발명에서 직접교차분화로 유도된 혈관 전구 세포는 기존 혈관의 분화 및 이에 관련된 혈관세포증식에 관여하여 새로운 혈관형성에 도움을 주며, 혈관세포의 수와 밀도를 동시에 증가시킴으로써, 허혈성 질환에 대해 우수한 치료효과를 나타낼 수 있다.

[0043] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0044] 실시예 1. 유도된-혈관 전구 세포(induced-vascular progenitor cells, iVPC)의 제조

[0045] 진피 섬유아세포를 섬유아세포 배지(10% FBS를 포함하는 DMEM high glucose, 2mM L-글루타민, 1x MEM 비필수적 아미노산(nonessential amino acid), β -머캅토에탄올, 1x페니실린/스트렙토마이신)에서 배양하였다.

[0046] *ETV2* 및 *FLII*의 상보적 DNA를 암호화하는, SFV 프로모터인 SF 기반의 렌티바이러스 벡터를 packaging-defective 헬퍼 플라스미드와 함께 Eugene 6 transfection reagent (Roche)를 이용하여 293 세포에 감염시켰다. 48시간 후, Zaehres, H. & Daley, G. Q., (2006), Methods Enzymol 420, 49-64에 기재된 방법대로, 바이러스 상층액을 얻었다.

[0047] 0.1% 젤라틴 코팅된 6-웰 플레이트 당 세포수 1×10^4 개의 밀도로 진피 섬유아세포를 분주하고, $6 \mu\text{g/ml}$ 의 황산 프로타민(protamine sulfate, Sigma)을 보충한, *ETV2* 및 *FLI1* (1:1)의 바이러스를 포함한 상층액과 함께 24시간 동안 배양하였다. 형질도입(transduction) 효율을 SF-GFP 대조군 바이러스로 계산하였다.

[0048] 감염 2일 후, 상기 세포들을 새로운 섬유아세포 배지로 다시 분주하고, 상기 배지를 혈관 전구세포 성장배지(10% FBS를 포함하는 minimal essential media(MEM, Sigma), 2mM L-글루타민, β -머캅토에탄올, 페니실린/스트렙토마이신, 10ng/ml VEGF₁₆₅ (Peprotech))로 교체하였다. 이후, 3일마다 새로운 배지로 교체하였으며, 증식을 위해 콜로니를 물리적으로 분리하였다.

[0049] **실시예 2. RT-PCR 및 위상차 현미경(phase-contrast microscopy)을 이용한 *ETV2* 및 *FLI1*의 발현 확인**

[0050] 감염 5일 후 *ETV2* 및 *FLI1*의 발현을 RT-PCR을 이용하여 확인하였다.

[0051] 구체적으로, 감염 5일 후 RNeasy kit (Qiagen)를 이용하여 전체 RNA를 각 세포로부터 추출하고, Omniscript RT (Qiagen)를 이용하여 cDNA를 합성하였다. Taq DNA polymerase, recombinant (Invitrogen)를 이용하여 PCR을 수행하였다.

[0052] RT-PCR 후 아가로스 겔에 로딩하여 발현여부를 확인하였으며, GAPDH를 대조군으로 사용하였다(도 3).

[0053] 또한, 위상차 현미경(phase-contrast microscopy)을 이용하여 촬영한 도 4에 나타난 바와 같이, 감염된 후 10~11일 이내에 *ETV2* 및 *ETV2/FLI1*에 의해 감염된 세포군에서 콜로니가 나타나기 시작하였으며, 시간이 지날수록 콜로니의 수가 증가하는 것을 확인하였다.

[0054] 본 발명자들은 감염된 후 30일 이내, *FLI1*으로 감염된 세포군에서 콜로니를 관찰하였다. 콜로니를 증식시키기 위하여, 상기 세포군을 물리적으로 분리하여 젤라틴 코팅 접시(gelatin-coated dish)에서 배양하였다.

[0055] **실시예 3. 면역세포화학을 이용한 혈관전구세포의 In vitro 분석**

[0056] 면역세포화학을 수행하기 위하여, 세포를 4% 파라-포름알데하이드(para-formaldehyde)에서 10분간 고정하고 0.1% Triton X-100으로 10분동안 처리하여 투과성으로 만들었다. 세포는 4% FBS/PBS 블라킹(blocking) 용액에서 30분간 배양하고 그 뒤에 상온에서 블라킹 용액으로 희석시킨 1차 항체와 1시간 동안 반응시켰다. 사용한 1차 항체는 다음과 같다; vWF (1:400, abcam), CD31 (1:200, Chemicon) 및 α -SMA(1:200, abcam).

[0057] 1차 항체와 반응시킨 후, 0.05% PBST(tween20/PBS)로 3회 세척하였다. 이후 2차 형광항체를 PBS로 희석하여 1시간 동안 세포와 반응시켰다(Alexa Fluor 488 및 568; 1:1000, Molecular Probes). 0.05% PBST로 3번 세척한 후, 핵을 Hoechst 33342 (Thermo Scientific)을 이용하여 15초간 대비염색(counterstained)하였다. 염색 후 Olympus Cell^TIRF (UOBC center, UNIST) 현미경을 이용하여 관찰하였다.

[0058] 혈관전구세포는 혈관내피세포와 평활근세포로 분화가 가능한 성질을 가지고 있으며, 상기 CD31과 vWF는 혈관내피세포의 마커로 사용하였으며, α -SMA는 평활근세포 마커로서 사용하였다. 면역세포화학 분석을 통하여, *ETV2*, *FLI1* 및 *ETV2/FLI1*에 의한 형질전환을 통해 제조된 각 유도된-혈관 전구 세포(induced-VPC, iVPC)들을 확인하였다(도 5).

[0059] **실시예 4. 유도된-혈관 전구 세포(induced-VPC, iVPC)의 허혈성 질환 치료효과 확인**

[0060] 허혈성 다리 모델에서 *ETV2*, *FLI1* 및 *ETV2/FLI1*로 형질전환하여 제조한, 각 유도된-혈관 전구 세포(induced-VPC, iVPC)군이 혈류회복에 치료효과를 나타내는지 알아보기 위하여, 각각의 유도된-혈관 전구 세포(induced-VPC, iVPC)를 이식하고 일정 기간 후 혈류를 측정하였다.

[0061] 구체적으로, 넓다리 동맥의 절제 및 레이저 도플러 관류 이미징(laser Doppler perfusion imaging)을 위해 흉선이 없는 누드마우스(수컷, 8-10주령, 몸무게 17-22g)를 160 mg/kg의 펜토바비탈을 주입하여 마비시켰다. 외장골 동맥의 결가지로서 근위(proximal) 조직부터 복재(saphenous)정맥 및 슬와(popliteal)정맥으로 나뉘어지는 원위 지점(distal point)까지 넓다리 동맥을 절개하였다. 동맥결찰법(arterial ligation) 후에, 다음과 같은 실험군으로 마우스를 나누었다; *ETV2*, *FLI1* 및 *ETV2/FLI1* iVPC 및 대조군(HBSS; 식염수 주입) (n=8 per each group).

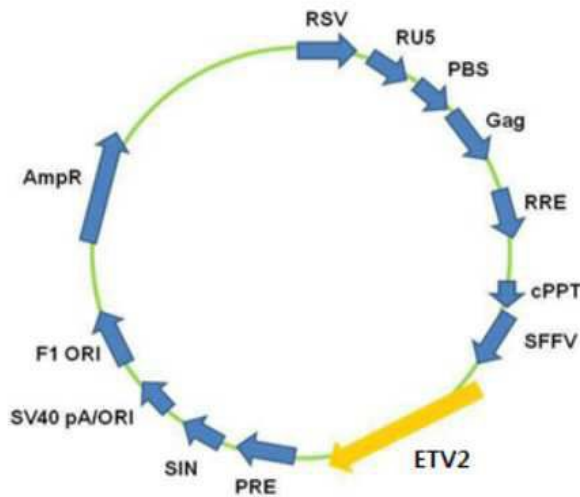
[0062] 이식하기 전, 상기 세포들을 CM-Dil (Invitrogen)로 표지하였다. 이후 각 마우스에 1×10^6 cells (80 μ L) 또는 HBSS를 중앙대퇴부에 있는 박근(薄筋)의 4지점에 근육내 주입하였다. 허혈성 혈류 및 정상 다리에 세포 이식 당일, 7일, 14일 및 28일 후 레이저 도플러 관류 이미지 분석기(laser Doppler perfusion imaging (LDPI) analyzer, Moor instruments, Devon, UK)를 이용하여 측정하였다(도 6).

[0063] 허혈성 다리 및 비허혈성 다리의 혈류를 유색의 히스토그램 픽셀(colored histogram pixels)을 기초로 계산하였다. 붉은색 및 파란색은 각각 높고 낮은 혈류를 나타내었다. 혈액의 흐름을 허혈성 대 비허혈성 다리 혈류의 비율을 나타내는 LDPI index로서 나타내었다. 도 7에서 수술 전의 비율, 1은 양 다리의 동일한 혈액의 흐름을 나타낸 것이다.

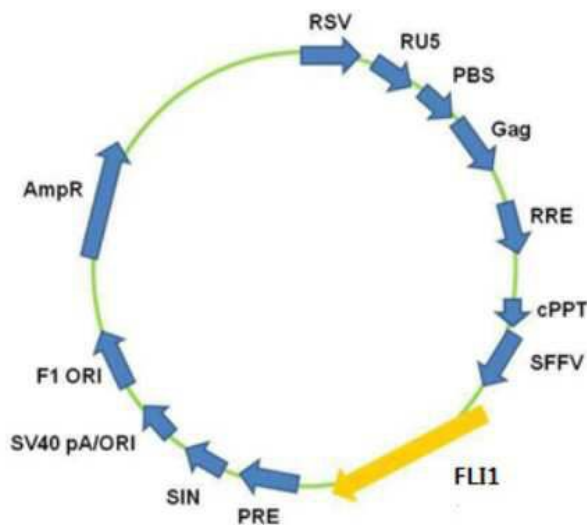
[0064] 상기 측정결과와 관련, 도 6 및 도 7에서 나타난 바와 같이, 이식된 모든 iVPC 세포군들이 허혈성 다리 모델에서 혈류의 회복을 나타내었다. 특히, *ETV2/FLI1* 세포군에서 대조군에 비해 눈에 띄게 증가한 혈류회복을 나타내는 것을 확인하였다.

도면

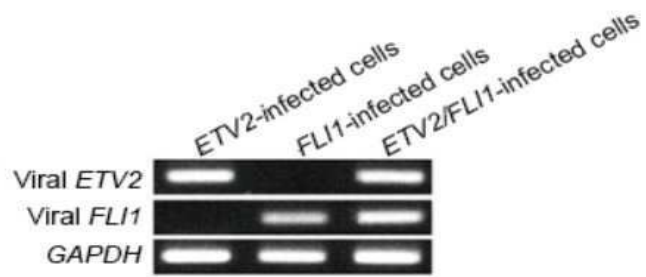
도면1



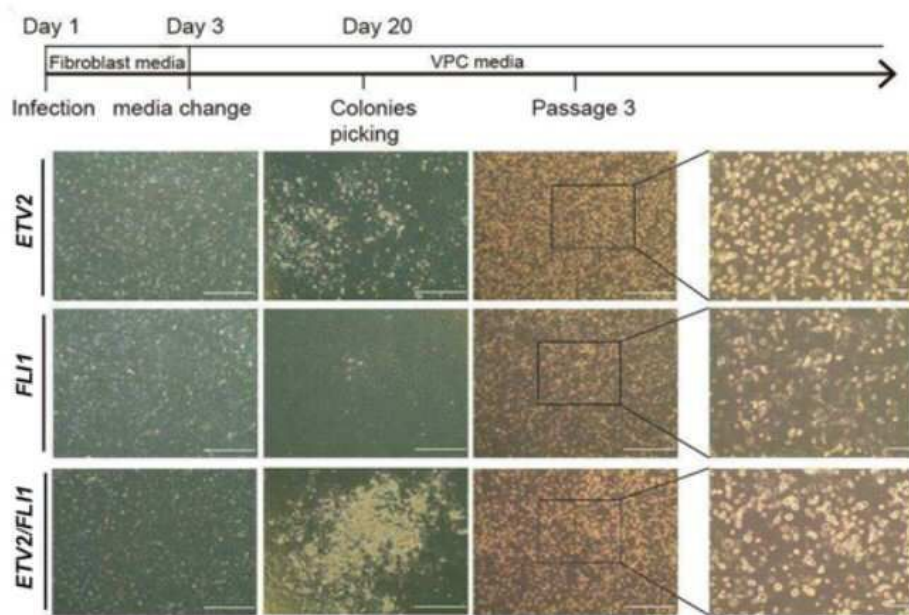
도면2



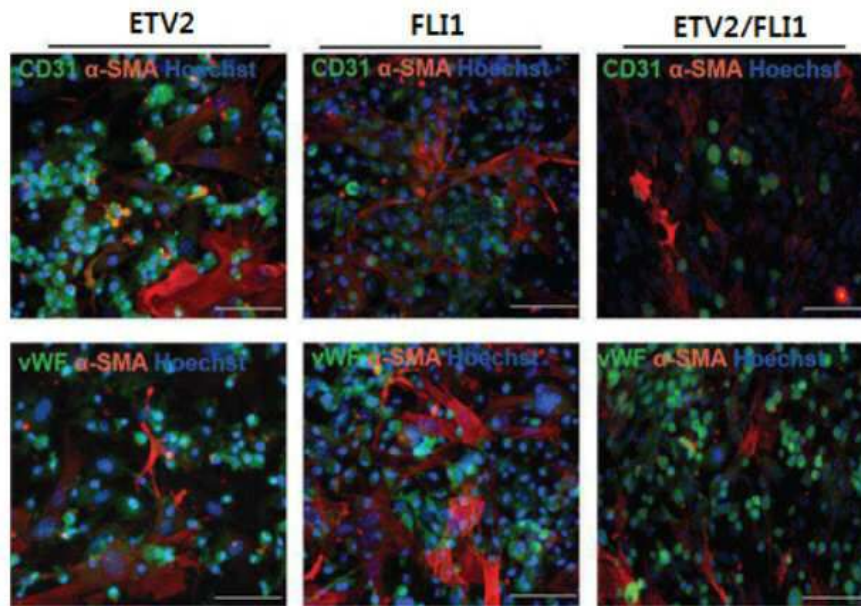
도면3



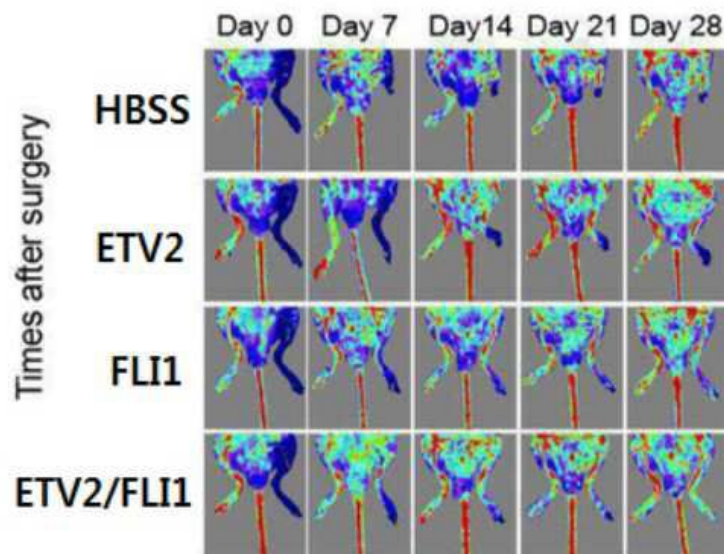
도면4



도면5



도면6



도면7

