人工臓器いろいろ 2025

目次

循環器系

- 1. 人工心臓
- 2. 人工弁
- 3. 人工血管
- 4. 人工血液

骨格系

- 5. 人工靭帯
- 6. 人工骨
- 7. 人工義肢
- 8. 人工関節
- 9. 人工椎間板
- 10. 人工歯根
- 11. 人工軟骨

神経系

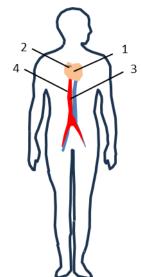
- 12. 人工神経
- 13. 人工脳
- 14. 人工視覚
- 15. 人工嗅覚
- 16. 人工耳
- 17. 人工舌
- 18. 眼内レンズ

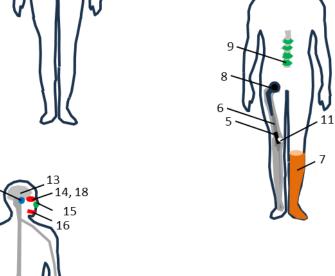
筋系

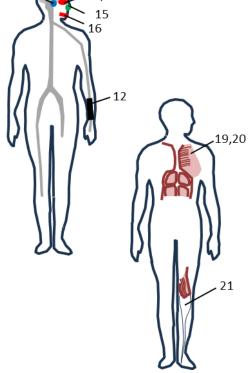
- 19. 人工筋肉
- 20. 人工筋膜
- 21. 人工腱

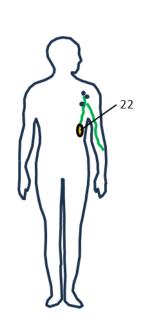
リンパ系

22. 人工脾臓(免疫)









呼吸器系

- 23. 人工肺
- 24. 人工気道

消化器系

- 25. 人工肝臓
- 26. 人工胃
- 27. 人工食道
- 28. 人工すい臓
- 29. 人工小腸
- 30. 人工消化液
- 31. 人工胆のう
- 32. 人工大腸

泌尿器系

- 33. 人工腎臓
- 34. 血液浄化

内分泌系

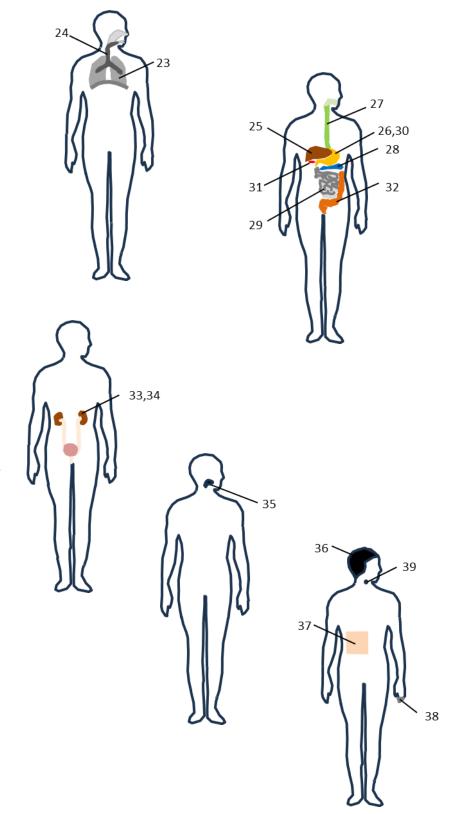
35. 人工ホルモン

外皮系

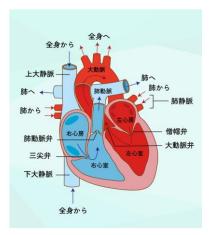
- 36. 人工毛
- 37. 人工皮膚
- 38. 人工爪

その他

- 39. 人工性体
- 40. 幹細胞
- 41. DDS



※ 本冊子は 2025 年に開講した三重大学工学研究科「生体材料化学」講義(担当教員 宮本 啓一)参加学生により執筆し編集したものです。(巻末に執筆者および担当部分を表示)



https://heart-failure.jp/about/heart-action/

心臓は胸部の中央やや左に位置しており、 大きさは握りこぶし程度、250~350g程度の重さの器官

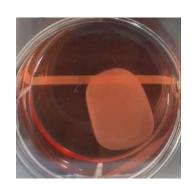
心臓は大きく4つに分かれており、右心房、左心房、右心室、左心室が存在し、それぞれは弁により隔てられている

血液を全身に届けるためのポンプのような役割 1分間に60~100回規則的な収縮を繰り返す



←埋め込み型補助人工心臓¹⁾ ポンプ部分を体内に埋め込 む

iPS 細胞由来心筋シート ²⁾→ 損傷部に貼り付け、 心臓の働きを補助

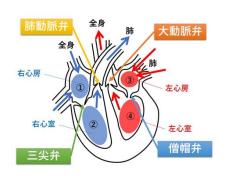


心臓は身体の臓器の中でも特に重要な役割を担っている。胸部のほぼ中央に位置し、握りこぶし程度で大きく4つに分けられる。右上部分から時計回りに左心房、左心室、右心室、右心房であり、それぞれは弁により隔てられている。右心房には全身から戻ってきた酸素の少ない血液が入り、右心室から肺に送られ、肺で酸素を受け取る。その後、酸素を含んだ血液は左心房に戻り、左心室から全身に送られる。

主な疾患として、虚血性心疾患や拡張型心筋症、不整脈などが挙げられる。一般に軽度であれば薬物治療や外科手術、重度であれば心臓移植が必要となる。心臓のドナーは患者数に対し、かなり少なく待機期間が数年とかなり長期である。そこで現在は生命維持として補助人工心臓が使用されているが、近年 iPS 細胞由来心筋シートが注目を集めている。この iPS 細胞由来心筋シートは心臓の損傷部に貼り付けて修復を促したり、心臓の拍動に合わせて収縮し、心臓の働きを助ける。

今後、生体適合性の高く、感染症のリスクの低い iPS 心筋シートは補助人工心臓に代わる新たな選択肢として期待される。

- 1) https://med.nipro.co.jp/med_eq_category_detail?id=a1U2x000000U4t4EAC
- 2) https://cuorips.co.jp/technology/



それぞれの役割

- ・三突弁…右心房と右心室間で血流を調節。逆流を防ぐ。
- ·肺動脈弁...右心室から肺動脈への血流を制御。肺に血液を送る。
- ・僧帽弁...肺からの、酸素が豊富な血液を左心房から左心室へ送る。
- ・**大動脈弁**…左心室から大動脈に流れる道を開き、全身に血液を供給する。

心臓弁膜症 | 病気について | 循環器病について知る | 患者の皆様へ | 国立循環器病研究センター病院





01 jinkouben.pdf

	長所	短所	選択
機械弁	・丈夫で長持ち	・血栓の可能性 ・ワーファリンが必要 ・出血の心配 ・開閉音	・小児・若年者 ・人工弁の劣化を望まな い方 ・透析の方
生体弁	・ワーファリンが不要 ・血液の流れが生理的 ・血栓や出血の心配が少 ない	・耐久性(15~20年)	・妊娠、出産を希望する 女性 ・ワーファリン服用困難 ・高齢の方 ・出血性素因のある方

弁とは、心臓の右心房、右心室、左心房、左心室それぞれの間についており、ドアのような役割をする。弁は本来、血液が流れるときに開き、流れ終われば閉じることで、血液が逆流しないように機能する。しかし、加齢や外傷、先天的な理由で正常に機能しなくなることで弁の疾患である**心臓弁膜症**が引き起こされる。

心臓弁膜症の治療法として、人工弁がある。人工弁は機械弁と生体弁の2種類からなる。 この2つの大きな違いは、**ワーファリン**の必要性である。ワーファリンは、抗凝血剤のこ とであり、血栓ができるのを防ぐために用いられる。

人工弁の課題は、生体弁の耐久性向上や、機械弁の抗血栓性向上が挙げられる。また、患者自身の細胞を用いて生体弁を作ることで、免疫拒絶反応を起こさず、さらに体と共に成長することができる再生医療を用いた研究も行われており、非常に期待されている。

メーカー

・St. Jude Medical 社(USA)・Medtronic, ATS Medical 社(USA)・Edwards Lifescience 社(USA) ・On-X Life Technologies 社(USA)・CardiaMed 社 (オランダ)・Sorin 社(イタリア)

推定患者数

日本;**200~300万人** 65歳以上の**2~4**%が罹患

世界;心血管疾患で**約1790万人/年**死亡

研究を行っている日本の企業・大学

- 大阪大学
- ・ニコン株式会社・テルモ株式会社



https://www.terumo.co.jp/story/ad/challengers/09

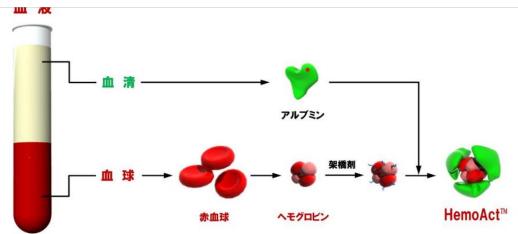
私たちの体を巡る血液は、血管という管を通して酸素や栄養を運んでいます。動脈は酸素を多く含んだ血液を心臓から送り出し、静脈は老廃物や二酸化炭素を含む血液を心臓に戻します。毛細血管はその中継役を担い、組織と血液との間で物質交換を行います。ところが、動脈硬化や大動脈瘤、大動脈解離などの病気により、血管が詰まったり破裂の危険が生じたりすることがあります。

こうした疾患に対処するために人工血管が使われます。人工血管はポリエステルやePTFEといった素材で作られ、損傷した血管の代わりに設置されることで、血流を正常に保つことができます。特にバイパス手術では、詰まった血管部分を人工血管で迂回し、新たな血流経路を確保します。

一方で、人工血管にはいくつかの課題も残されています。とくに小さな血管では血栓ができやすく、長期的に機能を維持することが難しいのです。加えて、異物であるために感染や拒絶反応のリスクも伴います。これらの問題を克服するため、生体適合性や再生能力を高めた人工血管の研究が進められています。

人工血管の研究開発は、国内外の企業や研究機関によって活発に行われています。日本では、クラレメディカル株式会社が「KURAGRAFT」というポリエステル製の人工血管を提供しており、長期的な使用実績と高い信頼性が特長です。テルモ株式会社は、ePTFE素材を用いた人工血管を製造しており、柔軟性と耐久性に優れ、幅広い症例に対応可能です。海外では、アメリカの Humacyte 社が細胞を除去した脱細胞化血管を開発しており、免疫拒絶反応が起こりにくいという利点があります。

このように、人工血管は現在の医療に不可欠な技術であり、より安全で高性能な製品の実現に向けた取り組みが世界中で進められています。



字校法人 中央大字 |生体投与可能な人工酸素連撒体"ヘモアクト[™]を開発 =血液代替物としての臨床利用に大きく雨進=」

緊急輸血が必要になったとき、その輸血源となるのは献血で得られた血液である。しか し、少子高齢化によって輸血を必要とする高齢者が増加する一方で献血できる若年層の人 口が減少し、血液が不足している。

そこで、人工血液の研究が進められてきた。人工血液は、長期保存を可能にし、血液型に左右されず、多くの人に輸血できるのが特徴である。また、移植用臓器の保存液としても注目されている。現在はまだ臨床試験の段階であるが、今後の実用化に期待されている。

人工血液は、血液に含まれている赤血球中のヘモグロビンを取り出し脂肪膜で覆うことによって作成されたり、ヘモグロビンと血清中のアルブミンの架橋によって作成されたりする。また、血小板の前段階である巨核球を遺伝子操作により増やし、バイオリアクターという機械を用いて血小板を効率よく作り出している。

人工血液はまだ人間以外の動物には適用が難しいとされており、今後の課題である。

〈補足〉

1. 取り組んでいる企業および機関

奈良県立医科大学、旭川大学、北海道大学、京都大学、中央大学、、キヤノン株式会社、 佐竹マルチミクス株式会社、Minaris Regenerative Medicine 株式会社、東京慈恵会医科 大学、千葉大学、山梨大学、京都大学(CiRA および医 学部附属病院)

2. 推定患者数(輸血、年間)

日本:約100万人 世界:約1000万人

参考資料

記者発表について

000104800.pdf

探検!京都大学 | 京大の発明 | 人口血小板

次世代医療の切り札となる「人工血液」 中央大学・小松晃之研究室|SDGs@大学|朝日新聞 EduA



特に損傷しやすい 膝の靭帯

前十字靭帯は 脛骨が前に出ないよう抑制

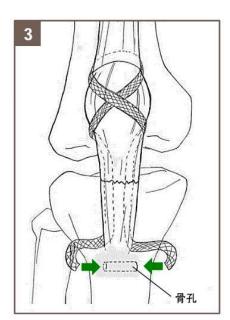


⇔自家腱移植と併用 する人工靭帯の例

⇒損傷靭帯を温存

する人工靭帯の例





ユフ精器株式会社 HP より Aimedic MMT 社 HP より

靭帯は身体の中で骨と骨とをつないでいる組織の総称で、成人では体内に 200 個、新生児では 300 個 も存在しています。靭帯は身体の中で骨がバラバラにならないように、かつ骨のつなぎ目である関節が 正確に曲がるようはたらいています。靭帯の主成分はコラーゲンで構成されており、弾力や伸縮性に優 れています。

数多ある靭帯の中でも、膝の内部にある前十字靭帯はスキーなどのスポーツや交通事故などで損傷、 断裂することが多くなっていますが、周りに血管が少ないため自己回復力が低く、一度断裂してしまう と自然に治ることはありません。そのため、自家靭帯・腱移植、人工靭帯移植術による再建が一般的と なっています。

患者本人の身体から採取した似た組織である腱と併用して移植する方式の人工靭帯(左写真)と、損傷 した元来の靭帯を温存しつつ埋め込むことで治癒を促進させる方式の人工靭帯(右図)が実用化されてい ますが、どちらも接合する部分で骨に穴をあけて人工靭帯を通すことになるため、自家腱移植の場合は 腱も含めて、清浄な組織に傷をつけてしまうことが課題として挙げられます。

β -リン酸三カルシウム(β -TCP)

新直後 (13歳)

ハイドロキシアパタイト系 (HA)



医療法人社団創輝会. (n.d.) . 膝の痛みコラム 第 55 回: 人工肯について. 膝の痛み. https://hiza-itami.jp/column/55/

高齢化社会が進行する中、高齢者は骨粗しょう症や骨折のリスクが著しく増加しており、特に転倒による大腿骨頸部骨折が深刻な社会問題となっています。また、交通事故やスポーツによる大規模な外傷、骨腫瘍切除後の骨欠損治療も重要な医療課題として挙げられます。骨は再生能力を持つものの、高齢者においては再生能力が低下しており、大規模な骨欠損の場合は骨移植が必要となるケースが多くあります。

従来、骨移植には生体適合性が良い自家骨が主に使用されてきましたが、骨採取量に限界があり、ドナーサイトの損傷や術後の痛みが問題視されています。他家骨や異種骨移植は代替手段として用いられることもありますが、ウイルス感染や免疫拒絶反応といったリスクが伴います。これらの課題を解決するため、近年では人工的に合成された代替骨である「人工骨」への期待が高まっています。

人工骨は、ハイドロキシアパタイトやリン酸カルシウムなどを用いて作られ、生体適合性を備えており、患者の骨と一体化しやすい特徴があります。さらに、3D プリンティング技術や再生医療との融合により、患者個別に最適化された人工骨の開発が進められています。これにより、高齢者の骨再生や大規模な骨欠損の治療に新たな可能性が広がっています。

推定患者数

世界:約220万人 国内:約2万人

取り組んでいる大学・企業

大阪大学・東京工業大学・九州大学 RICHO・京クリエイト 世界には、怪我や病気により上肢や下肢を失った人が数多くいる。医療の 進歩により、そうした人々の生活を支えるのが「人工義肢」である。

人工義肢とは、病気やけがなどで手や足を失った方が、装着する器具のことであり、手の代わりをする「義手」、足の代わりをする「義足」がある。

長所

- 日常生活の自立支援
- 精神的なサポート
- 社会参加の促進
- カスタマイズ可能

短所

- 高コスト
- 操作の難しさ
- 装着の不快感
- 故障・メンテナンス

人工義肢の指一本を動かし、繊細な作業を行うために、**筋電義手**が開発された。**筋電義手**では、筋肉が動くときに発生する電気信号を読み取り、指を操作する。たとえば、脳が「手を開きたい」と思って筋肉を動かすと、その信号を感知し、義手が動く。日本に上

肢切断者は、約8.2万人であり、そのうち約70%は筋電義手を希望している。 しかし、実際に使用している人は約2%であり、金額が高く、操作が難しい ことからあまり使用されていない。今後さらに技術が進歩すれば、人工義肢 はより多くの人々の生活の質を高める存在となっていくだろう。

筋電義手

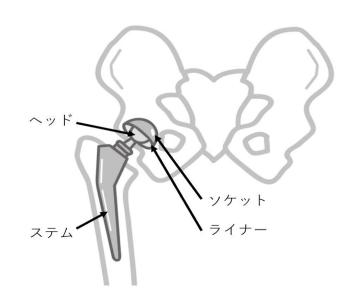
〈推定患者数〉

日本 約8万人

世界 約3,500~4000万人

https://www.ottobock.com/jajp/prosthetic_ue/myoelectric/myoplus

〈取り組んでいる企業〉 東京 大学情報理工学研究科 Open Bionics Otto Bock など多数



関節には主に 4 つの役割がある。1 つ目は骨同士の運動の中心として機能すること、2 つ目は筋肉の力を伝える際のテコの支点となること、3 つ目は衝撃を緩和すること、4 つ目は動きや位置を中枢神経に伝えるセンサーの働きをすることである。人工関節は、変形性関節症や関節リウマチ、外傷などによって損傷した関節の痛みを軽減し、可動域を改善することで日常生活を支援する目的で使用されている。人工関節は損傷した関節を金属やポリエチレン、セラミックなどの人工材料で置き換えることで関節機能を代替する。関節にはさまざまな種類があり、主に、指関節、膝関節、肘関節、股関節、肩関節、足関節が存在する。膝や股関節では 15~20 年以上の耐用実績があり、肩や足関節、肘なども実用化されている。一方で、指関節は構造の複雑さから開発が難しく、現在も開発段階にある。また、人工関節は激しい運動や重労働など、大きな負荷のかかる動作には対応できないという制限があり、課題となっている。

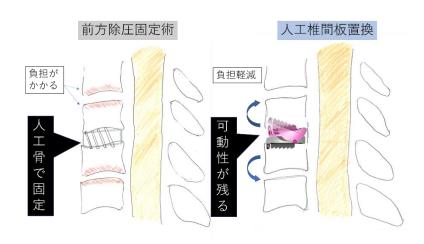
〈補足〉

- 取り組んでいる企業・研究機関 帝人ナカシマメディカル株式会社、京都大学
- 患者数

変形性関節症:世界:5億2800万人、日本:1000万人 関節リウマチ:世界:1800万人、日本:60-70万人

〈参考文献〉

- 「人工関節とは」 一般社団法人日本人工関節学会
- 前田郎、堀部秀二 「関節の構造・靭帯の特性・役割 | istage
- 「生涯使用可能な人工関節への挑戦」 帝人ナカシマメディカル株式会社
- 「関節リウマチ」 公益社団法人 日本 WHO 協会
- 「日本における関節リウマチ患者の現状と問題点を全国的に継続的に明らかにするための共同臨床研究」 厚生労働科学研究成果データベース
- 「変形性関節症」 公益社団法人 日本 WHO 協会
- 「変形性関節症」 健康長寿ネット



1. 椎間板とは

椎間板は首の骨から尾骨まで続く多数の骨(椎骨)の間の軟骨であり、衝撃を吸収し、体の動きを滑らかにする役割を持つ。

2. 椎間板が抱える問題

主に頸椎(首)や腰椎(腰)の病気が多く、2つの病例を以下に示す。

椎間板ヘルニアは椎間板の外側の部位(線維輪)が割れて内部のゲル状の髄核が神経に触れることで起こる。対して、椎間板変性症は加齢によって椎間板が擦り減ることで骨棘ができ、椎骨同士がぶつかり合うことで起こる。どちらも患部周辺の痛みやしびれを伴う。3.頸椎人工椎間板を用いた手術

人工椎間板置換術は患部の椎間板を取り除き人工椎間板に置き換える手術であり、2017年に国内で使用可能となった。そして、現在では、Medtronic 社の Prestige LP®とZimmer Biomet 社の Mobi-C®が使用可能である。従来の手術法(固定術)では関節を完全に固定してしまい、患部の可動性が失われていたが、この手術法はその可動性を保持することができる点で優れている。しかし、人工椎間板置換術を行うためには厳しい適応条件があり、骨粗鬆症や重度の関節症の患者では実施できない点が課題となっている。

[補足資料]

・推定患者数

国内:約100万人 世界:約4億人(椎間板変性症のみ)

・取り組んでいる企業

Zimmer Biomet(アメリカ), Medtronic(アイルランド), DiskGenics(アメリカ)

[参考資料]

中村記念病院,「人工椎間板」https://www.nmh.or.jp/treatment/post-38/



歯の働き

・咀嚼機能

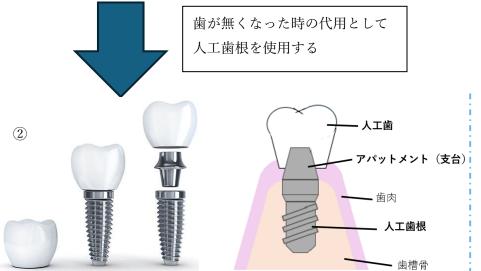
歯は食べ物をかみ砕き、すり潰す役割がある。 これにより消化を助け、栄養の吸収効率を 上げる。

・発音補助

歯は舌や唇とともに発音に関与する。 歯が欠けたり無くなったりすると、発音が 不明瞭になることもある。

・顔の形を支える

並びやかみ合わせは顔の輪郭に影響する。



三構造:

- インプラント体(歯根部に相当)
 アバットメント(支台部)
- 3. 上部構造(人工歯)

素材:

主にチタンが使用される 軽量で強く腐食しにくく、 生体適合性が高い

人工歯根は、歯を失った部分にチタンなどの生体適合性の高い材料でできた人工歯根を顎の骨に埋め込み、その上に人工の歯を装着することで、咀嚼機能や審美性を回復する治療法。骨と直接結合することにより、長期間の安定性が期待される。臨床応用では、CT や 3D スキャンを用いたデジタルガイドによる精密な埋入や、骨が不足している部位への骨造成を組み合わせた治療も可能となっている。一方で、歯根膜が存在しないため天然歯のような感覚は得られず、糖尿病や骨粗しょう症などの全身疾患を持つ患者には慎重な適応が求められる。基礎研究では、表面処理による骨結合の促進や、ジルコニアなどの新素材開発も進められている。日本では京セラ、海外ではストローマンやノーベル・バイオケアなどが展開しており、日本の年間新規患者数は5~10万人、世界では数億人の潜在的ニーズがあるとされる。今後は高齢化社会に伴い、さらなる普及と進化が期待されている。

【図引用元】

- $\textbf{\textcircled{1}} \quad \textbf{Adobe Stock:} \ \text{https://stock.adobe.com/jp/search?k=\%E6\%AD\%AF\%E5\%91\%A8\%E7\%97\%85\&asset_id=1081400100 \\ \textbf{\textcircled{1}} \quad \textbf{\textcircled{1}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{2}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{4}} \quad \textbf{\textcircled{3}} \quad \textbf{\textcircled{4}} \quad \textbf{\textcircled{4}}$
- ② 医療法人社団白浩会エス歯科グループホームページ:https://www.sdcg-implant.com/implant/mechanism-implant/

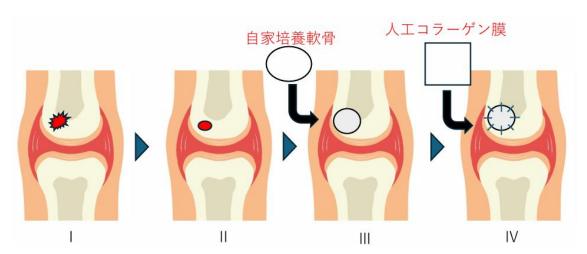


図:自家培養軟骨「ジャック」の移植フロー図

I:損傷(欠損)部

Ⅱ:損傷(欠損)部を整える

Ⅲ:損傷(欠損)した部分に形を整えた自家培養軟骨を乗せる

IV:形を整えた人工コラーゲン膜でふたをして縫い合わせる

変形性膝関節症は、加齢や長年の負担により関節軟骨がすり減ることで、痛みや腫れ、可動域の制限を引き起こす進行性の疾患です。日本では約1000万人が罹患しているとされ、高齢化の進行に伴って患者数は今後も増加する見込みです。世界的にも約3億人が影響を受けており、身体障害の大きな要因となっています。治療法には保存療法や手術療法があり、重度の場合は人工関節置換術が行われます。近年、この治療の選択肢として注目されているのが「人工軟骨」です。中でも、自家培養軟骨「ジャック」は、患者自身の軟骨細胞を用いて培養・移植する方法で、拒絶反応が少なく一定の成果を上げています。しかし、高齢者や広範囲の損傷には適応が難しく、細胞の質に個人差がある点も課題です。こうした問題を解決する技術として、iPS細胞を用いた人工軟骨の研究が進められています。他家由来の細胞でも免疫拒絶が起こりにくく、安定した品質で大量生産が可能であることから、次世代の再生医療として大きな期待が寄せられています。

<参考文献>

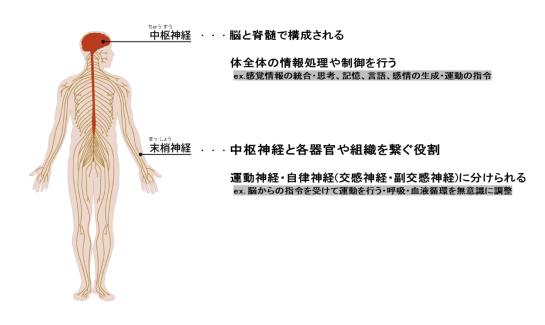
- ・ジャパン・ティッシュ・エンジニアリング株式会社:「JACC (自家培養軟骨)」、https://www.jpte.co.jp/customers/medical/JACC/
- ・京都大学 iPS 細胞研究所 CiRA:

「同種 iPS 細胞から作った軟骨により関節を再生 ―移植物が関節軟骨を構築する新技術―」、 https://www.cira.kyoto-u.ac.jp/j/pressrelease/news/230220-190000.html

<神経とは>

神経は中枢神経と末梢神経に分けることができる。特に中枢神経は脳と脊髄でできており情報処理や動きの制御など人体にとって大変重要な部分である。

脳の異常による疾患も多くあるが、事故などによる指の切断で末梢神経が切断されること も年間 1000 件以上報告されている。

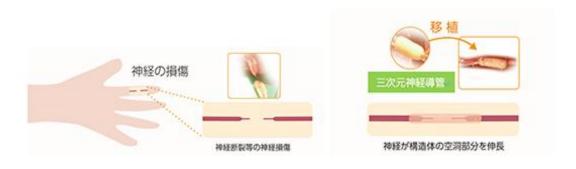


<治療法など>

中枢神経の異常による疾患には薬剤投与による対症療法がメインで存在する。

末梢神経は切断されても再生可能であるため、再生を促進・補助する人工神経導管が使われている。

主な素材としては生体適合性の高いコラーゲンや生分解性をもつポリグリコール酸などが 使用される。



京都大学医学部付属病院 HP より一部改変



大脳:思考・記憶・判断・感覚・運動などの機能

小脳:平衡機能などの運動系の総合的な調節

脳幹:呼吸や心臓の制御などの生命維持

脳はなにからできている?

神経細胞

₹情報の伝達と処理に特化した特別な細胞

- ・核のある細胞体
- ・他の細胞からの入力を受ける樹木突起
- ・他の細胞へ出力する軸索の3つの部分からなる

グリア細胞

神経細胞を支える細胞

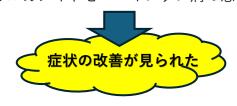
- ・エネルギーの運搬や有害細胞の除去
- ・電気信号の伝達
- ・神経細胞の伝達エラーの監視 など 様々な機能を有している

脳オルガノイド:iPS細胞から作られた神経細胞



最新の研究にて

脳オルガノイドをパーキンソン病の患者へ移植



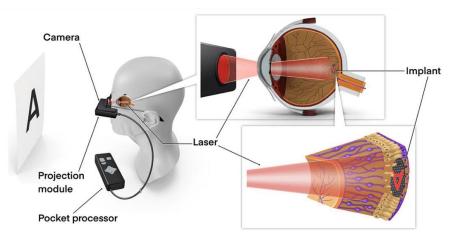
C. Trujillo, R. Gao, P. Negraes, J. Gu, J. Buchanan, S. Preissl, A. Wang, W. Wu, G. Haddad, I. Chaim, A. Domissy, M. Vandenberghe, A. Devor, G. Yeo, B. Voytek, A. Muotri, *Cell Stem Cell*, **2019**, *25*, *558*-569

脳オルガノイドの課題

まず研究上の課題について大きく4つあります。

最初に、構造上の問題として、現在再現できるのが時間・空間的に限られていることです。また、大きさも現在再現できるのがマウスの脳よりも小さい脳しか再現できないという課題があります。3つ目として成熟度の問題もあり、血管や髄膜が再現できないことにより、基盤の欠如したものとなっています。最後に、再現性の問題として感覚入力と行動出力の再現ができないということがあります。

また、技術としてはまだまだ先となりますが、意識や思考を持つようになると 「脳オルガノイドを『人』とみなせるかどうか?」などの倫理的な問題があることも 懸念されています。



人工視覚には主に3つの技術がある。人工網膜型と光遺伝学的技術、皮質インプラントである。人工網膜型は、人工網膜では、まずカメラが映像を捉え、次にその映像が信号処理される。その後、網膜表面または下に埋込まれた電極が神経節細胞に刺激を送る手順が取られる。代表例はArgus II や PRIMA である。光遺伝学的技術では、本来光を感じない網膜の細胞を光感受性に変えることで、失われた視細胞の代替とする。光に反応するタンパク質を、ウイルスベクターなどで網膜細胞に導入する。電気ではなく光で神経活動を制御しより自然で細かい刺激が可能。遺伝子操作により特定の細胞だけを狙って操作可能である。皮質インプラントは、脳の一次視覚野に多点電極を配置し、フォスフェンを誘発して視覚を再構成する。Blindsight などがあるが、開頭手術が必要で感染や炎症などのリスクが高く、点や光の知覚が主で精細な像や色の再現は困難である。

1. 取り組んでいる企業

NIDEK: 人工網膜の開発

大阪大学:網膜刺激、脳インターフェースに関する研究

2. 推定患者数

日本国内の視覚障害者の人口を約 164 万人、うち、ロービジョン者は 144 万 9 千人、失明 者は約 18 万 8 千人である。

参考文献

- 1.Science Portal 光遺伝学を活用し、目の難病の視覚再生目指す 慶大など国内初の治験を開始 https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20250306_n01/index.html
- 2. KYODO「光遺伝学」で視覚再生 慶応大など、国内初の治験開始 https://news.yahoo.co.jp/articles/10ee20206526e2a37fe4b3bf20ced78608f09688
- 3. 紺野大地、池谷裕二「目を介さずに見る」と世界はどう見えるのか? 失明した人が視力を取り戻す最新研究 https://gendai.media/articles/-/91116?page=3

図:人工嗅覚の構成図

私たち人間は、食べ物の鮮度や香り、危険なガスの存在など、多くの情報を「におい」によって感知しています。しかし、人の嗅覚は主観的で、疲労や体調によって感度が変化するうえ、訓練された専門家でなければ正確なにおいの識別は困難です。さらに、高齢化や新型コロナ後遺症などにより、嗅覚の低下を訴える人も増えています。こうした背景から、機械によってにおいを数値



化・分類しようとする「人工嗅覚」技術が注目されるようになりました。人工嗅覚とは、におい分子を検出するセンサーと、それを分析する AI や機械学習の組み合わせにより、人間の嗅覚機能を模倣する技術です。特定のにおい物質が発する化学情報を多点的に捉え、パターンとして学習・認識することで、においの種類を判別します。応用分野は広く、食品分野では腐敗の兆候や香りの一貫性を管理する手段として、また医療分野では、糖尿病やがんなどの疾患を呼気成分から検知する非侵襲的診断への応用が期待されています。しかしながら、人工嗅覚にも限界はあります。現段階ではセンサーのにおいに対する選択性が限定的であり、人間のように微細なにおいの違いを正確に判別するにはさらなる技術開発が必要です。また、環境の湿度や温度により測定精度が左右される点、個人差のある嗅覚との対応づけが困難な点も課題です。とはいえ、AIとセンサー技術の進歩によって、人工嗅覚は年々性能を向上させており、将来的にはスマートフォンや家庭用機器への搭載も視野に入れた、身近なテクノロジーとなる可能性を秘めています。



参照:ぜんぶわかる人体解剖図 (成美堂出版)



(日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会人工内耳症例データベースより)

人工内耳の役割

体外部分のマイクで拾った音を電気信号に変換し、 蝸牛に挿入した電極で聴神経を直接刺激することで、 脳に音を伝えるようにする。

人工内耳にできること

- ・感音性難聴の患者で聴力レベルが90 100デシベル (dB) 以上から35 - 40dB程度に改善が見られる事例が多
- ・人工内耳から聴神経に送り込める情報量は正常の有毛 細胞を介する場合よりはるかに少ない。

音を分析して重要な情報のみを電気信号に変換する。

- ・世界全体での手術件数・・・世界全体で約340,000人が人工内耳 手術を受けている。
- ・日本の手術件数・・・日本国内では2019年までに約14,000件の手 術が行われ、近年毎年約1,200件の手術が施行されている。

増加傾向: 人工内耳手術の症例数は年々増加しており、特に小児や高 齢者の新規症例の増加が顕著となっている。

顔の横についている、一般に「耳 | と呼ばれる部分は耳介といい、集音装置のような役割を しており、ここから外耳を通って音が中耳へ向かう。そして、中耳では、伝わってきた小さ な音を鼓膜で受け止めて、耳小骨で音を大きくして蝸牛に伝える。

蝸牛にあるコルチ器という器官の上に、感覚受容器である有毛細胞が並んでいる。

この有毛細胞が刺激されると、この機械的なエネルギーが電気エネルギーに変換され、さら にこの電気エネルギーが聴神経を通して脳に伝達され、音として認識される。

蝸牛が傷んでしまっている難聴は、機能を回復するのは、今の医学では困難。その為、補聴 器や人工内耳を使用することで聴力の回復が期待できる。

マイクで集めた音は、スピーチプロセッサと呼ばれる音声処理部で電気信号に変換され、 その信号がケーブルを通り、送信コイルを介して耳介の後ろ(側頭部)に埋め込んだ受信装 置へ送られる。送信コイルは磁石で頭皮を介して受信装置と接している。受信装置に伝わっ た信号は蝸牛の中に埋め込んだ電極から聴神経を介して脳へ送られ、音として認識される。 人工内耳のこれからの課題としては、技術的な課題は静寂下での聞き取りの良さは良好だ が騒音下での聴取能力に難があること、社会的な課題は社会の人工内耳への周知があまり 進んでいないことによる周囲からの理解や配慮の難しさがある。

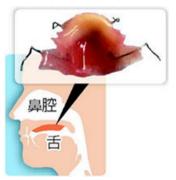


舌は主に**筋**からできており、舌の表面は4つの**舌乳頭**で 覆われている

内舌筋…舌の形を変える 外舌筋…舌を口内で動かす

舌の役割 ①咀嚼・嚥下機能 ②構音機能 ③味覚機能

https://www.jda.or.jp/park/function/index03.html



舌接触補助床(PAP)¹⁾



夢の会話プロジェクト²⁾ (Flat-PAP, 人工舌)

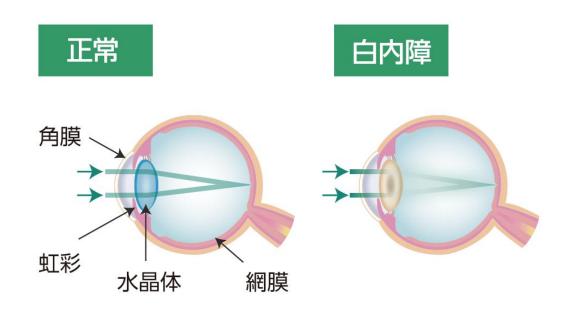


完全埋込型人工舌システム 3)

舌は主に筋からできており、前方 2/3 の舌背と後方 1/3 の舌根に分けられる。舌の主な 役割は、食べ物を取り込む・飲み込む「咀嚼・嚥下機能」、発音する「構音機能」、食べ物 の味を感じる「味覚機能」の 3 つがある。

主な疾患として、舌背で起こる舌がん、舌根で起こる中咽頭がんなどが挙げられる。治療法として放射線治療、化学療法、手術による切除がある。また、事故で舌を失ったり、神経疾患で舌運動障害を起こしたりすることもある。舌の切除や運動障害では、舌の機能に障害が生じることが多い。そこで用いられるのが人工舌である。主に舌の部分切除した患者に使用される、上あごに装着し、舌の動きを補助・誘導する舌接触補助床(PAP)、半分以上切除した患者に使用される発音に特化した夢の会話プロジェクト(Flat-PAP と人工舌)などが現在用いられている。まだ開発段階だが、嚥下機能を有した世界初の完全埋込型人工舌システムも期待されている。

- 1) https://www.okuchidetaberu.com/colum/no19.html
- 2) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jamp/39/2/39_36/_pdf
- 3) https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/12/press20201209-01-qol.html



https://clickeye.jp/disease/cataract/

人工眼内レンズは白内障手術で濁った水晶体の代わりに眼内に挿入するレンズとして使われている。これは、光を屈折させて網膜に焦点を合わせることで、クリアな視界を取り戻す重要な役割を担っている。

眼内レンズは主にシリコンやアクリルで出来ているため生体適合性が高い。 人工眼内レンズには種類があり、単焦点眼内レンズと多焦点眼内レンズがある。 単焦点眼内レンズは近距離、中距離、遠距離のいずれか一つにピントが合うよ うに設計されており、その距離ではっきり見える特徴がある。しかし一点にし か焦点が合わないため他の距離を見るためには眼鏡を使用しなければならない。 多焦点眼内レンズは複数の距離にピントが合うように設計されており、遠近両 方に対応している特徴がある。しかしコントラスト感度の低下や夜間の光の見 え方において変化が生じる可能性がある。

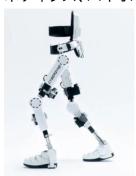
白内障は世界的に一般的な疾患であり、日本では毎年約140~160万件の白内障手術が行われている。世界の白内障患者数は約9400万人(2023年WHO推定)と報告されており、人工眼内レンズの需要は高い。今後の課題としては、多焦点眼内レンズ手術費用の低減や焦点調節機能を持った眼内レンズの開発が期待されている。

人工筋肉は、生体の筋肉の動きを模倣する革新的なアクチュエータであり、柔軟性と伸縮性を備えた特殊な材料で構成されている。義肢、医療リハビリ、ロボティクスなど幅広い分野で実用化が進んでおり、特に高齢化に伴う筋萎縮性疾患患者(ALS:約1万500人、筋ジストロフィー:約2万5400人)の増加に対応する技術として注目されている。

人工筋肉は以下のような種類があり、それぞれ特性を活かして活用されている。

- 電気活性ポリマー(EAP):軽量で柔軟、繊細な動作に適する。
- 空気圧駆動型:大きな力を発揮し、リハビリ機器で活用。
- 形状記憶合金(SMA):温度で変形、小型装置に適用可能。
- ハイドロゲル型:生体適合性が高く、生体内利用が期待される。

これらは HAL(外骨格型医療スーツ)や先進義肢、日常動作支援デバイス、ソフトロボティクス、バイオハイブリッド型アクチュエータなどで応用されている。



HAL1)



先進電動義手·義足²⁾



日常動作支援装置 3)

一方で、現状の人工筋肉は生体筋肉と比べて出力力や耐久性が不足し、生体適合性や免疫反応の抑制も課題である。また繊細な動作のためには、AI を活用した制御技術や国際的な評価基準の整備も求められる。これらの課題が解決されれば、人工筋肉技術は筋疾患患者の生活の質を大きく向上させるだけでなく、医療やロボット分野に革新的な変化をもたらす可能性がある。

【補足】アクチュエータとは

電気・空気・油圧などのエネルギーを「動き(力や回転、変位)」に変換する装置。モーターやシリンダーのように動力を生み出し、人工筋肉もその一種といえる。

1)医療用ロボットスーツ・HAL® | 内科系 | 一宮西病院 | 社会医療法人 杏嶺会

2)義足の種類は?どんな構造? | BionicM 3)介護ロボットポータルサイト



筋膜とは筋肉を包み、身体全体を支え、動きを滑らかにする重要な結合組織です。心臓や血管の形状を保つため第二の骨格とも呼ばれています。筋膜は手術や激しい運動などによって損傷し、線維の断裂や、乱れが生じた状態になります。それによって、筋膜中に存在する神経線維が圧迫され慢性的な痛みが続き、痛みによる筋肉の収縮により伸張性の低下や硬化につながります。筋膜は臓器や運動器官の全てを包んでいるので、硬化は臓器運動の機能障害を引き起こします。

腹壁へルニアは腹部や鼠径部の弱くなった筋膜の間から内臓の一部が皮膚のすぐ下に出てくる病気の事で、いわゆる「脱腸」と言われる病態です。ヘルニアを治療するために、人工筋膜が用いられます。材料はポリエチレンなどの高分子材料で、筋膜損傷部位に挿入し組織を保持する役割を持ちます。昔は再発防止を目標として研究されて来ましたが、現在の物では患者様のQOL向上に重きを置いています。人工筋膜が持つこれからの課題としては、「メッシュの収縮」、「感染症の予防」、「支持以外の筋膜としての役割(臓器の保護など)」が挙げられます。

出典

- (1) Guimberteau, J.C, et al: 2010: The role and mechanical behavior of the connective tissue in tendon sliding
- (2)三重大学大学院 出口智恵: 2019: 脂肪由来幹細胞を用いた組織工学的人工筋膜の開発
- (3) https://leaders.co.jp/product_maker/pfm_medical/pfmmedical_tilenemesh.html

腱とは筋肉と骨をつなぐ結合組織力の伝達と関節の安定性の維持を担っており、筋肉の伸縮の助けや、高強度な運動に必要なエネルギーの蓄積と放出をします。

腱断裂の患者は世界で約 600~700 万人いるとされています。肩の回旋腱板断裂は 50 代では 10 人に 1 人、80 代では 3 人に 1 人が発症し、アキレス腱断裂は年間 10 万人当たり 31 件発症しているとされている。損傷した腱の治療法には保存療法と手術療法の二種類あり、人工腱は手術療法の一つである。現在の人工腱の役割としては断裂・欠損により腱同士が直接縫合できない場合、人工腱を挿入し両端をつなぐ腱欠損部の橋渡しと補強材などを用いて縫合・再建直後の腱の強度を高める腱修復部の補強がある。しかし、人工腱の使用はいくつかの問題点があることから限定的であるといわれています。問題点とは長期耐久性のなさによる摩耗・劣化・破断のリスクがある点、生体適合性のなさによる慢性炎症・異物反応を起こすリスクがある点、再生環境の模倣が難しい点、素材が合成高分子であることにより感染に対し弱く、摘出のリスクがある点がある。よって「生体適合性・再生誘導・耐久性」を兼ね備えた人工腱が必要とされている。日本では人工腱の材料開発や再生医療技術の研究が進んでおり基礎研究から応用研究、素材開発まで幅広く進展中である。取り組んでいる企業としてはジェリクル株式会社、新田ゼラチン株式会社、CTBE (core tissue bioengineering) 株式会社などがある。



図1 ジェリクル株式会社のハイドロゲル線維





図2 新田ゼラチン株式会社のコラーゲン マイクロファイバー

参考文献

- · Huang L, et al: Biomimetic Scaffolds for Tendon Tissue Regeneration. Biomimetics, 2023; 8(2): 246
- Sandra R, et al: Tendon tissue engineering: Cells, growth factors, scaffolds and production techniques. Journal of Controlled Release, 2021; 333:448-486
- Federica B, et al: Worldwide Incidence and Surgical Costs of Tendon Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis, MLTJ:31-45
- ・日経メディカル アキレス腱断裂で手術と保存的治療の成績比較
- ・肩腱板断裂|もりのみや整形外科 大阪市中央区 森ノ宮 玉造 緑橋 整形外科 リハビリテーション科
- ・ジェリクルが世界初のゲルを用いた人工腱・人工靭帯となり得る素材の開発に成功 | ジェリクル株式会社のプレスリリース
- ・"世界初のコラーゲン人工腱」の研究開発に挑む | 新田ゼラチン株式会社のプレスリリース
- ・CTBE 社、AMED「先進的医療機器・システム等開発プロジェクト」に採択 断裂した肩腱板を再建し運動機能の回復を図る世界発の医療機器開発を加速 | Core Tissue BioEngineering 株式会社のプレスリリース

敗血症とは?

感染を原因とする全身症状のことであり、重篤な臓器障害や様々な合併症を引き起こす場合もある。また病原体の特定が難しく、 治療が困難。国内外で多数の患者がいると推定されている。

表2. 敗血症の患者数、死亡者数

国内	200万人が発症し、36万人が死亡。
国外	4980万人が発症し、1100万人が死亡。

人工脾臓による血液浄化

2014年、Harvard's Wyss Instituteの生物工学研究社Donald Ingber率いる研究チームは血液濾過を行う人工脾臓装置(biospleen)を開発した。マンノース結合レクチン(MBL)でコーティングされたナノビーズによって血液から病原体を排除し、浄化した血液を体内に返すことで、実験では血液濾過を行ったラットの89%が生存した。

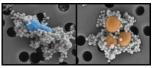


図1. MBLコーティング されたナノビーズ



全身的指標

図2. 人工脾臓装置

(biospleen)

表1. 敗血症の診断基準

感染の存在(推定もしくは実証)および場」など、症状につ以下の症状のうちいくつかを有する状態たいのイメージをも

・佐島圧(成人では収縮期象圧<S FOmmHg 収縮期象圧の40mmHj 最高準備よりも25D以上の低下)

臓器灌流の指標 ・高乳酸血症(>1mmol/L または9mg/dL) ・毛細血管再充満特問の延長。もしくはまだらな皮膚

服务等組分配公U北上が使じ、 心間素食位下のよう「「の」と300 ・ 動発表の正保(通信な機能とかかわらず質量 < 0.5 mL/ はくがどの際以上を制 ・ の・アラエー使った見つ 5 mc/dL もんくは44.2 g/mol/L)。 ・ の・アラエー使った見つ 5 mc/dL もんくは44.2 g/mol/L)。 ・ セークス (機能粉を必求) ・ のようにもの、ののが (人) ・ のようによった。

脾臓は左上腹部、胃の裏側にある 120g 程度のスポンジ状の臓器であり、体内において最も血管の多い臓器でもある。脾臓は濾過機能、免疫機能、貯蔵機能、造血機能の 4 つの機能を持ち、体内の血液の状態や外部からの侵入物に対して重要な役割を持つ。

敗血症は全身症状を伴う感染症と定義され、発熱や頻呼吸などの症状に加え臓器障害や合併症などのリスクもある。(表 1)¹国内では 200 万人が発症しており 36 万人の死亡者が、国外では 4980 万人が発症し、1100 万人の死亡者がいると推定されている。(表 2)²

2014 年、マンノース結合レクチン(MBL)によってコーティングされたナノビーズによって血液浄化を行う人工脾臓装置が開発された。(図 1,図 2)³ 大腸菌などの病原菌に感染したラットの 5 時間後の状態を比較したところ人工脾臓による血液濾過を行った場合には 89%のラットが生存し、行わない場合には 14%のラットしか生存しなかった。濾過された血液は 90%以上の細菌が取り除かれていた。この研究によって人工脾臓装置の血液浄化が有効となれば血液感染によって生じる敗血症を治療できるようになるだろう。

参考資料

- (1) 「敗血症って何? | 敗血症の基礎知識」 (2017.7.6) https://www.kango-roo.com/learning/3445/
- (2) 「Sepsis」 (2024.5.3) https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sepsis
- (3) 「Artificial spleen cleans up blood」 (2014.9.14) https://www.nature.com/articles/nature.2014.15917

人工肺は、肺の代わりにガス交換(酸素を取り込み、二酸化炭素を排出)を行う医療機器であり、呼吸不全などで自分の肺 が正常に働かなくなったときに使用し、稼働中に肺を使用せず肺組織を回復させることが目的



人工肺は、肺の働きが低下した際に、酸素と二酸化炭素の交換(ガス交換)を代行する医療機器である。酸素の少ない静脈血に酸素を加えて体内に戻す「酸素化」と、血液中から二酸化炭素を除去する「二酸化炭素の除去」の2つの機能を担う。これにより、血液のpHバランスが保たれ、臓器への酸素供給が維持される。ARDS(急性呼吸窮迫症候群)や重症肺炎など、肺が正常に機能しない状態で使用され、肺が回復するまでの間、生命を支える役割を果たす。

〈補足資料〉

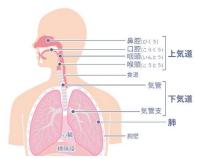
・推定患者数

人工肺 ECMO の使用患者数は推定 $2\sim12$ 万人。 49,590 人の COVID-19 入院患者のうち 196 人(約 0.4%)が人工肺(ECMO)による治療をうけた。 (2020 年 3 月-2022 年 2 月,厚生労働省)

・取り組んでいる企業・研究機関 泉工医科工業株式会社、JMS、TERUMO 東北大学、トロント大学

〈文献〉

- ·一般社団法人日本人工臓器会,「人工肺」
- ・岐阜県立総合医療センター、ECMO について知ろう
- ・日本集中治療医学会、COVID-19 急性呼吸不全への人工呼吸管理と ECMO 管理
- ·一般社団法人日本呼吸器学会,急性呼吸不全·ARDS
- ·厚生労働省, 急性肺損傷 · 急性呼吸窮迫症候群
- ・MERA;泉工医科工業株式会社、体外循環に使用される人工肺って何?





人工気道の挿管方法*2

通常のカニューレとスピーチカニューレ*3

気道とは、呼吸時に空気の通り道となる臓器であり、上気道と下気道の 2 つに分けることができる。気道の根本的な役割は、空気を肺に送るための通路として機能することである。しかし、呼吸困難や人工呼吸管理が必要な状態において気道を自力で確保できない場合、人工気道の挿入が必要となる。なかでも、長期的な呼吸管理や上気道閉塞がある場合には、気管切開を行い、「気管カニューレ」と呼ばれる管を気管内に挿入する経気管的な方法で気道を確保する。

気管カニューレを使用することで、気道確保に加えて、気道内分泌物の吸引や、スピーチカニューレと呼ばれる発声用バルブの装着による発声機能の保持も可能となる。ただし、スピーチカニューレは適応範囲が限られており、発声可能な患者は一定の条件を満たす必要がある。また、発声に用いる側孔の閉塞によって呼吸仕事量が増加したり、最悪の場合には窒息の危険が生じたりするなど、デメリットも存在する。

近年では、高齢化や呼吸器疾患の増加に伴い、気管切開手術を受ける患者数は増加傾向にある。しかし、気管切開を受けた 75 歳未満の患者において、気管カニューレの離脱率は約 31% にとどまり、依然として厳しい状況が続いている。

日本での患者数(気管切開患者):約3万人

取り組んでいる企業:株式会社高研(日本)、泉工医科工業株式会社(日本)

Well lead Medical(中国)、Medtronic(アイルランド)

参考文献

- *1 michiteku「肺とは」
- *2 泉工医科工業株式会社「気管切開は人工気道の一つ」
- *3 ナースのヒント「スピーチカニューレの看護」

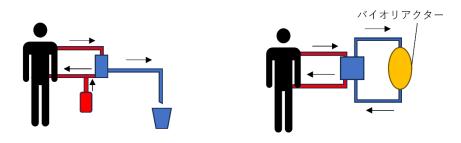


図 1. 物理化学的体外循環型人工肝臓【左】、細胞を利用した体外循環型人工肝臓(バイオ人工肝臓)【右】

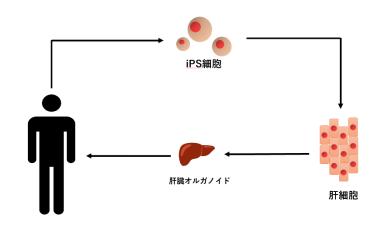


図 2. 埋込型人工肝臓の仕組み

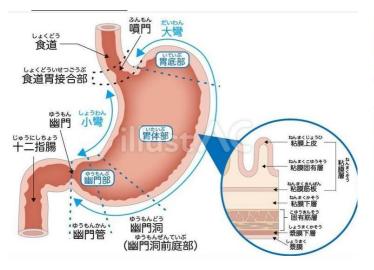
人工肝臓は、「人体の化学工場」である肝臓が機能不全に陥った際、生命維持や肝移植への「橋渡し」を目的とする重要な医療技術です。

主に物理化学的体外循環型と細胞を利用したバイオ人工肝臓の二種類があります。物理化学型は血液中の有害物質除去に優れ急性期に有効ですが、複雑な代謝・合成機能は代替できません。一方、バイオ人工肝臓は生きた肝細胞でより高度な機能補完を目指しますが、細胞の生着や異種細胞の互換性、コストが課題です。

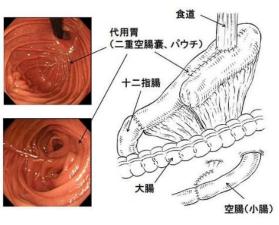
究極の目標は埋込型人工肝臓で、ドナー不足の根本解決を目指し、iPS 細胞や脱細胞化技術を活用します。しかし、大規模な血管網構築や免疫拒絶反応の回避など、実用化には高いハードルがあります。

国内外の多くの企業や研究機関が開発に取り組み、肝疾患患者の多さからその必要性は喫緊です。今後の課題克服により、肝移植に依存しない治療の未来が期待されます。

胃の構造



人工胃



佐久市立国保浅間総合病院(佐久市病院事業)公式サイト

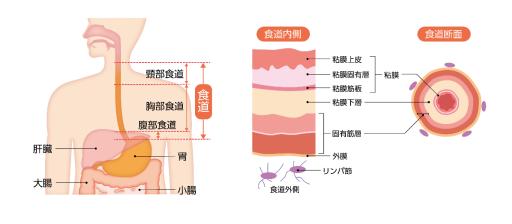
胃とは人が生活するうえで重要な役割を持つ器官である。 胃の主な役割は食べ物を貯める、貯めた食べ物をドロドロ にする、ドロドロにした食べ物を小腸に送ることである。 胃の病気として胃がんが挙げられる。胃がんとはピロリ菌 に感染などによりがん細胞が増殖することによって発症し、 進行すると体重減少や吐血、みぞおちの痛みがある病気で ある。もし、胃がんが発症してしまうと、最悪の場合、胃 をすべて摘出しなければならなくなってしまう。そこで人 工的に作成した人工胃を取り付ける必要がある。人工胃と は、胃全摘術を行った患者が小腸の一部を使用し、胃の代 わりに取り付ける袋である。機能としては、食べ物を貯め て、ゆっくりと十二指腸に排出する機能が再現され、手術 前の食生活に近い生活を送れるようになり、さらに食道炎 の軽減、体重減少の抑制などの効果がある。しかし、人工 胃は胃酸を出せないので消化することが出来ない。また、 手術後、三か月から半年は安定するまで時間がかかる。

取り組んでいる企業

オリンパス、アステラス製薬など

年間患者数

日本:109679人、 世界:103万人



(国立がん研究センター)

食道はのどから首、胸から上腹部にかけて約25cmにわたって伸び、食べ物を口から胃へ送り届ける役割を持つ臓器である。厚さ4mmほどの粘膜・粘膜下層・固有筋層・外膜から成り、2~3cmほどの直径がある。内側では粘液が分泌されており、食べ物が入ってくると固有筋層による蠕動運動が起こるため、胃までスムーズに食べ物を運ぶことができる。また、食道の上部と下部にはそれぞれ括約筋があり、飲み込んだ食べ物が胃から逆流してくるのを防ぐ仕組みになっている。

食道癌の主な要因は、喫煙と飲酒である。特に日本人に多い扁平上皮がんは、喫煙と飲酒と強い関連があるといわれている。飲酒により体内に生じるアセトアルデヒドは発がん性物質であり、この物質を遺伝的に代謝しにくい人は食道がんリスクが高いことが分かっている。食道癌の現在の治療法は食道を切除し、代替として胃や大腸の一部を切除したものを用いるのが一般的である。食道を人工物により代替した場合、手術時間の短縮や大幅な低侵襲化を図ることができ、回復の早期化が期待できる。

人工食道に関する研究としては、食道細胞を培養、再生するバイオ人工食道の開発が挙げられる。これは、シリコーンチューブの外側をコラーゲン層で被幕した二重構造によるものであり、生体親和性の高いコラーゲン層が食道細胞の生育の足場となる一方で、シリコーンチューブによって力学的強度を保つことで狭窄等を防ぎ食道再生を促すものとなっている。現状では東京大学では動物実験で 5 cm程度の再生に成功しているが、より長い領域での再生は蠕動機能を備えた人工食道の開発が必要である。また、形状記憶合金アクチュエータであるバイオメタルを用いた蠕動運動の再現の研究が東北大学とトキコーポレーションで行われている。

私たちの体内では、すい臓がインスリンというホルモンを分泌し、血糖値を一定に保つ働きをしています。しかし、1型糖尿病ではインスリンを自力で作ることができず、外部から注射などで補う必要があります。

この課題に対して開発が進められているのが「クローズドループ型人工すい臓」です。これは、体内の血糖値をセンサーで常時モニタリングし、その値に応じて自動でインスリンを注入することで、すい臓の代わりとなるシステムです。構成要素は、連続血糖モニター(CGM)、インスリンポンプ、制御アルゴリズムの3つで、これらが連携することで、人の操作を介さずに血糖値を調整できるようになっています。

夜間や運動時など、血糖値の変動が激しい状況でも安定した管理が可能ですが、インスリンの効果発現に時間がかかるため、事前に食事の情報を入力する必要があり、完全自動化はまだ実現されていません。今後は、インスリンの即効性向上や、AIによる行動予測機能の導入などが期待されています。

<推定患者数>

人工すい臓が対象とする主な患者層である糖尿病患者は、世界で約5億8900万人。 そのうち1型糖尿病の患者数は、約1,000万人と推定されている。 日本では、糖尿病患者が約552万人、そのうち1型糖尿病は約12万人といわれている。

引用:インスリンポンプ:完全自動運転 の人工膵臓へ1同友会メディカルニュース

<取り組んでいる企業>

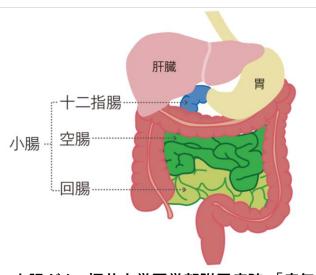
[インスリンの反応時間の短縮]

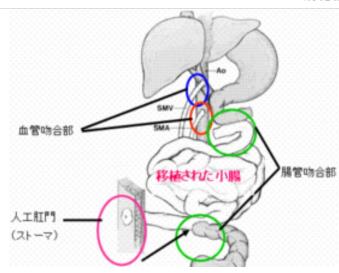
・Novo Nordisk (ノボ ノルディスク)(デンマーク) 超速効型インスリン「Fiasp(フィアスプ)」を開発した。従来の速効型 インスリンよりも早く作用し、食後の血糖上昇を効果的に抑えることが 期待されている。

[AIによる行動予測技術の開発]

・Beta Bionics (ベータ バイオニクス)(米国)

人工すい臓「iLet(アイレット)」を開発している。AIアルゴリズムを活用して、患者の血糖値変動を予測し、インスリン投与を自動で調整することを目指している。





小腸がん | 福井大学医学部附属病院 「病気 と治療の検索サイト」

小腸移植

小腸は、一般的に十二指腸を除いた空腸と回腸のことをいいます。胃と大腸の間にあり、全長約6mほどの臓器で消化管の約80%を占めています。主な働きは、栄養素を吸収し、免疫細胞を作る働きも持っています。小腸の代表的な疾患には、短腸症候群というものがあり、先天的な影響や手術により小腸の大部分を切断してしまったことで引き起こされる病気です。この結果、十分な水分や栄養を吸収することができず、栄養不足や体重減少の原因となってしまいます。また、小腸で栄養を吸収できないために、カテーテルによる栄養投与で挿入部の感染、炎症といった二次的な疾患も起こってしまいます。

そんな疾患への影響を緩和する試みとして**人工小腸**というものがあります。人工小腸とは、自己細胞やiPS細胞を用いて構築される人工的に作製された小腸のことをいい、小腸の代替機器として機能し、栄養分の吸収を補助したり、腸管機能の改善を促進したりする役割を果たします。

研究大学

- ・長崎大学,医歯薬学総合研究科(医学系),客員研究員
- ・順天堂大学,大学院医学研究科,先任准教授
- ・日本医療研究開発機構(慶應義塾大学医学部)
- ·京都大学CiRA增殖分化機構研究部門
- ・東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部

<u>研究企業</u>

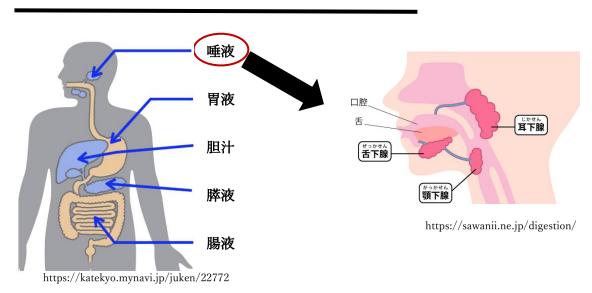
- ·大日本印刷株式会社(DNP)
- ・キリンホールディングス

推定患者者数

世界的:約15,000~20,000人

→米国:約14,000人、欧州:約20,000人

国内:約2,000人→約10~20%が小児患者





医薬品として日本で使用できる唯一の人工唾液口の中にうるおいを与え、乾燥症状を改善するシェーグレン症候群や放射線障害によるドライマウスの治療に保険が適応される。ドライマウスの症状のみでは保険は適応されない。

消化液とは、食べ物を分解して消化を助けるために消化器官から分泌される液体のことです。中でも唾液は、単なる消化補助にとどまらず、再石灰化や抗菌、保湿など多様な機能を持つ重要な体液です。

主な疾患としてシェーグレン症候群があります。自己免疫疾患によって唾液腺が障害され、口腔内の乾燥(ドライマウス)の症状を引き起こす。原因が完全には解明されておらず、根本的な治療法は確立されていません。そのため、ドライマウスに対しては人工唾液の使用や、唾液分泌促進薬の内服などの対処療法が行われています。

人工唾液は口腔内の乾燥を一時的に潤します。消化ではなく、乾燥対策や快適性の維持が目的です。しかし、使用感の悪さや病院での処方が必要な点など、多くの課題が残っています。 これらの問題を解決するために、さらなる研究が求められています。

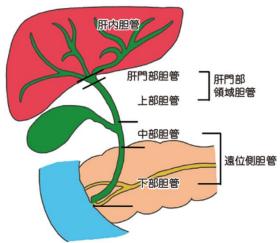
■ 胆嚢・胆管の役割

- 胆嚢は肝臓で作られた胆汁を一時的に貯蔵し、最大 **10** 倍まで 濃縮する働きを持つ。
- 食事(特に脂質摂取)に応じて収縮し、胆汁を十二指腸に放出することで脂質の消化吸収を助ける。
- 胆管は胆汁を十二指腸まで運ぶ通路であり、胆汁の流れを調整し、胆汁うっ滞や感染症を防ぐ役割を果たす。

■主な疾患と治療

- 胆石症: 胆嚢内に結石が形成され、痛みや胆嚢炎を引き起こすため、胆嚢摘出術が一般的。
- 胆嚢がん・胆管がん:進行度が高いと外科的切除が必要。
- 胆管狭窄・閉塞:炎症や腫瘍で胆汁の流れが阻害され、病変 部の切除と再建術が行われる。

■摘出後に生じる課題



[胆囊・胆管の解剖生理 | 看護 roo![カンゴルー]

- 胆嚢摘出後: 胆汁を貯める機能が失われ、胆汁が腸に直接流れるため、消化機能に負担がかかり、食事制限が必要な場合もある。
- 胆管切除後:胆汁の流れ道が断たれるため、代替経路の再建が必要だが、胆汁漏れや閉塞のリスクが残る。

■現在の代替手段

- 胆嚢は摘出後、体の適応力に頼っている。
- 胆管は一時的に人工胆管 (ステント) で代替するが、長期使用には閉塞・感染などの課題がある。

■人工胆管の現状と課題

- 現在:プラスチック(交換:三ヶ月)や金属製のステント(SEMS)(交換:半年)が一般的。
- 課題: 閉塞・感染のリスクが高く、定期交換が必要。
- 理想像:長期間閉塞せず、感染しにくく、生体と一体化できる素材。

■人工胆嚢の現状

- 胆汁を貯蔵し、タイミングよく放出する機能を人工物で再現することは難しく、現在は実用化されていない。
- 摘出後は体の適応力に依存し、多くの人が生活できるが、消化不良や食事制限が必要な場合がある。

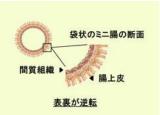
■技術的課題と今後の展望

- 人工胆管:閉塞・感染を防ぐ新素材やコーティング技術が求められている。
- 人工胆嚢: 貯蔵・濃縮・放出の機能を再現するため、再生医療やスマートデバイス技術との融合が期待される。

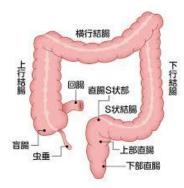
■結論

- 胆嚢・胆管は胆汁の貯蔵と輸送に不可欠だが、疾患で摘出・切除されることが多い。
- 摘出後の課題を解決するためには、人工胆管・人工胆嚢の技術開発が不可欠であり、医工連携や再生医療技術の進展が患者の QOL 向上につながると期待される。





ミニ腸の写真(左)と構造模式図 (右)



大腸は水分や電解質の吸収、便の形成と排泄、腸内細菌との共生、免疫調節といった多様な役割を果たす器官であり、健康維持において極めて重要である。現代では大腸がんや炎症性腸疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病)といった疾患が増加傾向である。再生医療分野において「腸オルガノイド」や「再生人工大腸」が新たな解決策として期待されている。腸オルガノイドとは、幹細胞やiPS細胞を三次元的に培養し、腸の構造や機能を模倣するミニ臓器である。創薬や毒性試験、疾患モデル、個別化医療などの分野で応用が進んでいるが、血管や神経構造の欠如、大型化の困難さなどの課題もある。再生人工大腸は、オルガノイドや細胞シート技術などを組み合わせ、体内に移植可能な腸組織を構築することを目指している。自己細胞由来の組織を用いることで免疫拒絶の回避が期待されるが、臨床応用には依然として技術的・制度的な障壁が存在している。結論として、腸オルガノイドは基礎研究および創薬における強力なツールとして、再生人工大腸は臨床応用・移植医療の次世代技術として、それぞれ異なる分野での発展が期待される。今後は、両者の技術が融合・進化し、腸疾患に対する根本的治療が実現する未来が見込まれる。

- 1) https://institute.yakult.co.jp/dictionary/word_6795.php
- 2) https://www.cosmobio.co.jp/product/detail/intestinal-organoid-mini-intestinal-dpn.asp?entry_id=43084
 - 3) https://ganjoho.jp/public/qa_links/report/statistics/2023_jp.html

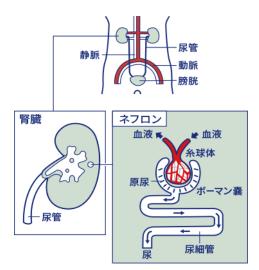


図1. 腎臓の構造

腎臓は、血液を「ろ過」して過剰な水分や体で不要となった 老廃物を尿として体外に排出することによって血液を浄化する などの役割を担っている。腎臓の中の糸球体でろ過された血液 中の老廃物は、尿細管へと流れていく(図1)。腎臓が悪くなる と、老廃物や水分などが体の中に溜まり、むくみ、高血圧、呼 吸困難、吐き気などの尿毒症状が発症する。病状が進行し末期 腎不全の状態に至ると腎臓の働きの代わりを行う治療が必要な 状態となる。

血液透析

・人工腎臓(ダイアライザ)で血液中の老廃物を除去し血液を体内に戻す治療法。 病院やクリニックで週3回(1回4~5時間)

ダイアライザ

【原理】

・毒素:血液側と透析液側を半透膜で仕切り、血液中の小分子物質(尿素やカリ ウムなどの毒素)が拡散によって膜を通過し透析液側

・水分: 圧力差を利用して透析液側へ。

ポリスルホン、PES、PMMAなど (合成高分子が主流)

【穴の大きさ】

- ・通常10~30 kDa
- ・中分子透析では60 kDa以上



(引用元:腎援隊Webページ)

【瀘過対象】

尿素(約60Da)、クレアチニン(約113Da)、電解質(30~90Da)、水分(18Da) 中分子毒素(約11.8kDa)など

腹膜透析

腎臓の代わりに、**自分自身の腹膜**(お腹の内側を覆う薄い膜)を透析膜として使う 治療法。

体内に透析液(透析用の薬液)を注入し、 一定時間お腹の中にとどめることで、 血液中の老廃物や水分、電解質が腹膜を通して透析液に移動させる。

【穴の大きさ】

3つの通過経路に分類 (腹膜には"人工的な孔"は無い)

孔の種類	大きさ	透過物質
小孔	~2~3 nm ~20 kDa程度	水、尿素、電解質 (Na ⁺ 、K ⁺ など) 小分子薬物など
大孔	〜20〜30 nm 〜100 kDaまで	中分子タンパク質 (β ₂ -ミクロ グロブリンなど)
超小孔	特に水専用	水分のみ通す (水チャネル)



(引用元:日本人工腎臓学会 Webページ)

腎代替療法には透析療法(血液透析と腹膜透析)と腎臓移植があり、個々の患者さんに合わせ腎代替 療法を選択する。血液透析は、ダイアライザに血液を通し血液中の老廃物を除去し、血液を体内に戻す 治療法。腹膜透析は、腹部の臓器を包んでいる腹膜を透析膜として利用する治療法。

透析療法は腎機能の回復を促すものではなく、生命維持のための治療法として利用されているため、 完治させることが出来ないのが現状。現在は幹細胞技術を用いてミニ腎臓を作成し、バイオ人工腎の一 部に応用する研究が行われている。

【参考文献】

- 日本人工腎臓学会 https://www.jsao.org/public/what/what05/
- ニプロ株式会社 HP https://www.nipro.co.jp/general/dialyzer/
- https://seikatsusyukanbyo.com/statistics/2025/010842.php 日本生活習慣病協会
- Rippe B. A three-pore model of peritoneal transport. Perit Dial Int. 1993;13 Suppl 2:S35-8. PMID: 8399608.

腎臓

血液中の老廃物の濾過、体液や電解質バランスの維持、酸塩基平衡の調製などの役割をもつ

腎硬化腎不全

〈主な原因〉 糖尿病性腎症、IgA腎症

〈治療法〉

慢性腎不全:保存的治療

末期腎不全:血液浄化療法、腎移植

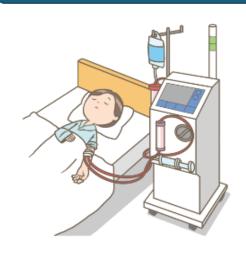
〈腎移植後の生存率〉 1年後 約96~98% 5年後 約90~95%程度

腎移植の課題

- ・臓器提供者の不足や待期期間がある
- ・腎移植では拒絶反応や感染症のリスクがある

血液浄化療法

血液中の不要な物質や有害な物質を除去する治療方法 (除去したい血液中の物質によって種類がある)



役割

- 体内にたまった老廃物の除去
- ・体液量・水分の調整
- ・酸塩基平衡の維持(血液のpH調整)

主な血液浄化療法と適応疾患

・血液透析:慢性腎不全、・血液濾過:急性腎障害、

・血液透析濾過:透析アミロイド症

・血漿交換:肝疾患、膠原病

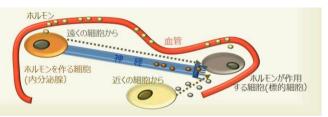
腎臓は老廃物の排出や体液・電解質バランスの維持など、生命維持に重要な役割を担っています。しかし腎機能が低下すると、腎硬化や老廃物の排出が困難となる腎不全に至ります。主な原因には糖尿病性腎症や IgA 腎症があり、末期腎不全では血液浄化療法や腎移植が必要です。ただし、腎移植は臓器提供者の不足や拒絶反応のリスクといった課題があるため、即時導入が可能な血液浄化療法が主な治療法となっています。血液浄化療法は、腎不全により体内に蓄積した老廃物や余分な水分、有害物質を血液中から取り除く治療法で、病態に応じてさまざまな方法が使い分けられます。代表的な方法には、血液透析、血液濾過、血漿交換があります。しかしながら、この治療法にはいくつかの限界もあります。血液浄化はあくまで一時的な対症療法であり、病気の根本的な治療にはなりません。加えて、透析や治療に伴う低血圧、感染症、血液凝固異常といった合併症のリスク、さらには長期にわたる治療による身体的・精神的負担や経済的負担も大きな課題です。

◆ホルモン

ホルモンは、内分泌腺という特殊な細胞でつくられ、血液中を流れて、標的となる細胞に到達して作用する。また、近くの細胞でつくられ、血液を通らず、作用することもある。主な内分泌臓器は、脳下垂体、甲状腺、副腎皮質などがあげられる。ホルモンは、それぞれ異なる働きを持っており、消化吸収、呼吸、代謝などの体の調節作用がある。そのため、ホルモンの分泌は、適切な量と適切な作用が必要である。

ホルモンの分泌が異常になると、内分泌疾患が引き起こされる。ホルモンは血液中で適切な量に調節されているため、過剰になると機能亢進、欠乏すると機能低下となり、体に変化をもたらす。そこで、ホルモンの分泌を調整したり、補ったりする薬品が必要である。





ホルモンについて | 一般の皆様へ | 日本内分泌学会

◆ホルモン製剤

ホルモン製剤は、生体内に存在するホルモンを元につくられた薬剤のこと。ホルモンの分泌が不足している人や、特定の病気を改善するために使用される薬品である。例えば、更年期障害や不妊治療、がん治療の補助として使用されている。しかし、ホルモン製剤の使用には副作用が伴う。頭痛や体重増加、血栓症のリスクなどである。また、長期的な使用が必要である場合が多く、健康リスクやコストが懸念される。

<推定患者数>

国内:1000万人以上 世界:1億人以上

<取り組んでいる企業、研究機関> ノボノルディスク、ファイザー、 バイエル、国立成育医療研究センター

今後は、コストや安全性を考慮した薬品の開発が求められる。また、個人に適した投与を可能にすることで完全なホルモン調節ができると、さらに使用の幅が広がる。

原因

癌治療:抗がん剤が細胞分裂の早い毛母細胞を標的にしてしまい、頭髪が一時的に脱毛

円形脱毛症:自己免疫によって<mark>毛包</mark>が攻撃され、部分的または全体的な脱毛が生じる 繰り返す/治療困難なケースも多く、長期間の脱毛が続くことがある

罹患者数は日本で約200万人、世界で1億5千万人

瘢痕性脱毛:外傷や火傷により、頭皮の毛包が永久的に破壊される 毛が生えない部位が残り、自毛移植も困難なことがある

AGA (男性型脱毛症):遺伝・ホルモンにより毛が徐々に細くなり、

最終的に抜ける

罹患者数は日本で約1200万人



概要:頭部全体または部分にかぶせる毛髪製品

特徴:簡単に脱着可能、ケアが必要

医療用ウィッグには通気性や皮膚刺激の低減など



・ 編み込み式増毛

概要:人工毛を既存の自毛に編み込んでボリュームを増やす。

特徴:自毛がある程度必要。定期的なメンテナンスが必要(伸びに応じた再調整)

接着式人工毛

概要:シリコンやポリウレタンベースに人工毛を植え、頭皮に貼る

特徴: 汗や皮脂に注意が必要

長時間の装着が可能だが、定期的なケアが必要

ナノスキン人工毛

概要:極薄の人工皮膚上に人工毛を植え込む最新技術

特徴:超軽量・高通気性

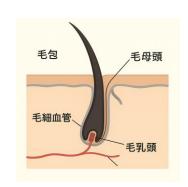
長時間の快適な装着を実現

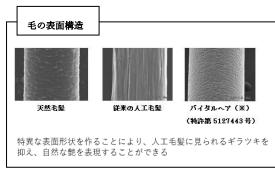
引用元「ヘアダイレクト HP フロントスキン」 https://www.hd-izoup.co.in/info2/fmetskie.html

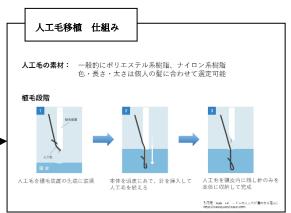
・ 人工毛植毛 (ファイバー植毛)

概要:人工毛を直接頭皮に1本ずつ埋め込む手術 特徴:即効性あり、脱毛部をすぐにカバー可能

拒絶反応や感染リスクがある、一定期間ごとにメンテナンスや再施術が必要

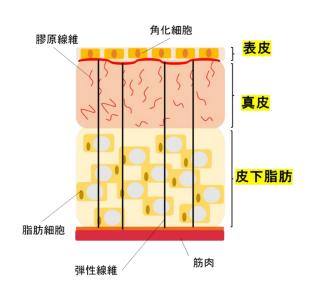






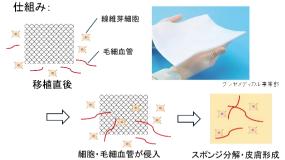
現在、人工毛は用途に応じてさまざまな種類が開発されており、使用者のニーズに合わせた選択が可能とな っています。着脱可能な「ウィッグ」や「接着式人工毛」のほか、自毛に編み込む「編み込み式増毛」、そし て頭皮に直接人工毛を移植する「人工毛移植」が存在します。医療の分野では、火傷や外傷によって毛包が 永久的に破壊されてしまう瘢痕性脱毛症に対して、人工毛移植が注目されています。人工毛は患者の頭部形 状や髪の色・質感に応じて調整可能で、本数も自由に選ぶことができるため、審美的・心理的ケアにおいて も有効です。一方で、人工毛は異物として体内に認識されやすく、術後の炎症や拒絶反応、質感・色味の不 自然さといった課題も抱えています。これらを克服するため、近年ではポリエステル繊維に加え、生体適合 性の高いポリアミド繊維の開発が進められています。また、天然毛特有の凹凸のある表面構造を作ること で、より自然な外観の人工毛が開発されています。

ナノスキン人工毛



真皮→臨床応用

コラーゲンスポンジ 役割:受傷部を埋め、実際の真皮に置き換える 仕組み:



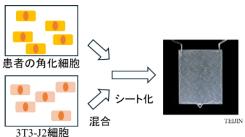
問題点:毛細血管の入り込み方で治療時間が長期化 感染症のリスク

表皮→臨床応用

自家培養移植

役割:受傷部の一時的な保護

仕組み:



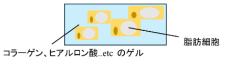
問題点:表皮の置き換わりができない 培養日数<mark>長</mark> 費用<mark>高</mark>

皮下脂肪→基礎研究

役割:皮膚損傷時、皮膚を牽引する線維再生 の原点となる

研究の方向性=モデル作製

①「ハイドロゲル+脂肪細胞」で皮下脂肪を模倣



②「幹細胞+脂肪細胞」で皮下脂肪&線維を模倣



問題点・・・脂肪細胞の長期的な維持

皮膚は層構造をなしており、上から表皮、真皮、皮下脂肪層で形成されています。役割としては、表 皮は外界からの傷害・病原菌からの保護、真皮は皮膚の塑性・強度の保持

皮下脂肪は栄養の供給を行っています。また、これらの層を繋ぐように弾性線維が存在しており、皮膚の伸縮に寄与しています。このように、皮膚は各層で構造や役割が大きく異なっているため、研究も各層に分けて行われています。

まず表皮は、臨床段階すなわち人体に埋め込む段階にあります。例として自家培養移植を挙げました。仕組みとしては、患者の角化細胞に増殖速度を上げる 3T3-J2 細胞を加え、薄く引き伸ばすことで表皮構造を再現しています。

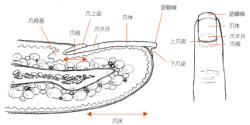
次に真皮は、臨床段階すなわち人体に埋め込む段階にあります。例として生体由来のコラーゲンをスポンジ状にしたものを挙げました。仕組みとしては移植したコラーゲンスポンジのメッシュ内に周辺から線維芽細胞や毛細血管が侵入し、スポンジが分解していくことで、真皮に置き換わっていきます。

最後に、皮下脂肪は基礎研究の段階にあります。研究としては、ハイドロゲル内に脂肪細胞を混ぜた モデルや、脂肪細胞と弾性線維放出を促す幹細胞を混ぜたモデル作製を実施しています。

背景:爪

役割:指先を保護することや小さな物をつかみ やすくすること

構成:主にケラチン



引用元:ドクターズオーガニックトップ 爪

- ・爪母:爪を作っている部分
- ・ 爪半月: 爪母から続く固まってない部分
- ・爪皮:爪と肉の隙間を埋め保護している
- ・爪床:爪を固定する上皮構造を持つ

人工爪

- 爪をコーテイングするものが主流
- 構成:初期 アクリル樹脂 近年 UV硬化ポリマー
- 使用例:爪の部分欠損や爪の変形(巻き爪や陥入 爪)の矯正治療



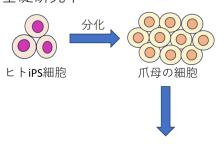
• できないこと

引用元:大木皮膚科 https://oki-hifuka.site/inguinal-surgery/

- 爪体の完全な欠落に対しては、原因を治療し爪が 自然に伸びてくるのを待つしかない
- 部分的欠損でも、爪の補充を人工的に行っている わけではない

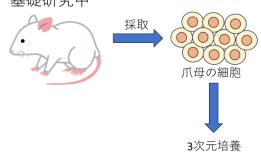
研究中のもの:爪母基の再生技術

- 現在の技術では爪母基の欠損は治療できず、保存療法しかない
- 研究の方向性 1 = ヒトiPSを用いるもの 基礎研究中



指先オルガネラ

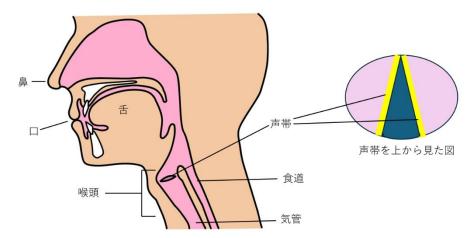
• 研究の方向性2=自己の細胞を用いるもの 基礎研究中



爪は、指先の保護と小さなものを掴みやすくする役割がある。爪と呼ばれる部分は爪体(爪甲)と呼ばれ、爪半月の先に埋まっている爪母基の細胞が増殖・分化・硬化し、外側に押し出されることで爪が伸びていく。現在、人工爪と呼ばれるものは、アクリル樹脂や UV 硬化ポリマーを使ったもので、爪の部分欠損や変形に対して、矯正もしくは保存治療に使われるが、完全な欠損や、爪母基の欠損には何もすることができない。完全な爪甲剥離に対しては傷口を保護し、爪が伸びてくるのを待つのが一般的な治療だが、爪母基の欠損は現在の技術では治療が不可能である。爪母基の再生技術はまだ基礎研究が進んでいるところであり、方向性としては、ヒト iPS 細胞を爪母基の細胞に分化させて指先や爪構造の再生を目指すものりと生体から採取した細胞にて3次元培養及び生体内培養を行い、爪母基の再生を目指すものりがある。まとめると、現在の人工爪は矯正治療や保存療法に使われるものであり、爪の代替品ではない。爪母基の欠損に対する治療法はなくこれからの研究に期待される。

经学文献

- 1. Yukino Inomata et all. Lgr6-expressing functional nail stem-like cells differentiated from human-induced pluripotent stem cells. PLoS One. 2024, 19, 5.
- 2. 岡本 秀貴. "爪再生 爪幹細胞による爪欠損の新たな治療法開発 " KAKEN. https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-19K10032/, (2025/05/26).



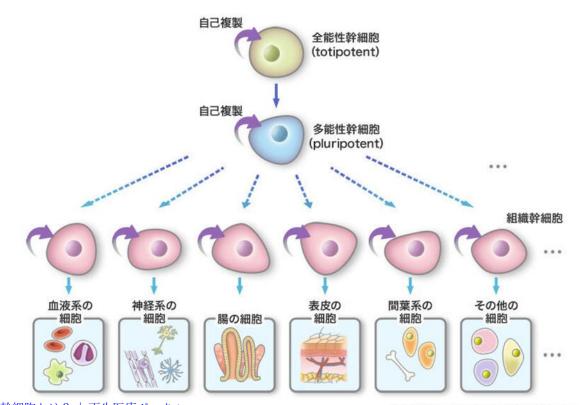
声帯は、喉頭にある筋肉のヒダのことを言う。人は、声帯を肺からの呼気で振動させることで発声することができる。声帯は声を出すために重要で、損傷した声帯を回復することは生活の質を向上させる。声帯の回復には、声帯にゲル状のポリマー材料やシリコーンを埋め込み、注入することがある。しかし、身体への適合性の問題や精密な再現が困難であり、実用化が難しい。がんなどの理由から声帯を摘出した人は、電気式人工喉頭やシャント発声を使って声を出すことができる。電気式人工喉頭は喉にあてる機械のことで、話したいときに機械を喉にあて、喉頭を振動させて声を出す。利点として、肺活量や年齢に関係なく使用できるが、声が機械音になってしまう。一方、シャント発声は手術のことで、気管と食道との間に細い管を作り、呼気を口の方に向かって流して食道入り口の粘膜のヒダを振動させて声を出す。機械の力を必要としないため比較的自然な声になるが、シリコーンでできたプラスチック器具を埋め込むため、定期健診するなどのメンテナンスが必要である。

〈補足〉

- ・取り組んでいる企業 第一医科株式会社、株式会社アトスメディカルジャパン
- ・推定患者数 喉頭がんなどの理由から声を失った人:日本で約4000人、世界で約30万人

〈参考〉

- ・Studio Canto (https://www.studio-canto.com/japanese-top/chi-cosa-è-canto-声楽とは/声帯のしくみ/)
- ・音声帯再生治療:声を回復再生医療の最前線 (https://www.acalah.com/ja/post/音声帯再生治療:声を回復再生医療の最前線)
- ・再生医療のための生体吸収性材料(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsao/48/3/48_227/_pdf/-char/ja)
- ・血管に代わる!柔らかくてよく伸びて強い生体適合性材料の開発 (https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2022/11/post-360.html)
- ・人工喉頭とは何か?仕組みと使い方 (https://care.stylemap.co.jp/instrumental/artificial-larynx%E2%86%92-what-is-it-and-how-does-it-work/)
- ・電気で声を発声する?電動式人工喉頭のお話(https://ebisudenryoku.com/blog/6344/)
- ・シャント発声(シャント法) Atos Medical (https://www.atosmedical.jp/speaking/shunt-speech)
- ・失われた声を取り戻す。両手が使える電気式人工喉頭「Syrinx」 bouncy / バウンシー (https://moov.ooo/article/5f7440708ee03d1c5946b9c6)



幹細胞とは? | 再生医療ポータル

SKIP (Stemcell Knowledge & Information Portal)

幹細胞とは、失われた細胞を補充し、体を修復する特別な細胞のことである。 この細胞には、自分と全く同じ細胞を増やす「自己複製能」と、様々な種類の細胞に変化 する「分化能」という2つの能力がある。

幹細胞には、あらゆる細胞になれる ES 細胞や、体細胞から作られ多能性を持つ iPS 細胞、特定の組織になる成体幹細胞(組織幹細胞)などがある。中でも iPS 細胞は、患者自身の細胞から作れるため、拒絶反応のリスクが少なく、再生医療の分野で注目されている。例えば、iPS 細胞を使って心臓の細胞を作り、病気で傷ついた心臓を治療する研究も進められている。さらに iPS 細胞は、病気の原因解明や新しい薬の開発にも役立つ。患者の病気の細胞を再現し、その仕組みを詳しく研究し、開発中の薬の効果や安全性を事前に試すことも可能である。しかし、幹細胞研究には課題もある。iPS 細胞は増えすぎることでガン化のリスクがあり、倫理的な問題、研究にかかる高額なコストや時間、そして品質の安定性や大量生産の難しさといった課題が残されている。これらの課題を解決するため、世界中で研究が進められており、幹細胞、特に iPS 細胞は「個別化医療」を実現し、これまで治せなかった病気を治す大きな可能性を秘めている。



https://www.inpit.go.jp/blob/katsuyo/pdf/chart/fkagaku28.pdf

医療現場で病気の治療において、「必要な時に必要なだけの量の薬物を病巣に選択的に送り届ける」ことが理想である。従来の飲み薬では、体内の目的の場所に到達する過程において、そのほとんどの成分が変化するとともに、到達する量はわずかであるという課題があった。1968年に米国カリフォルニア州に設立されたアルザ社が放出制御型製剤や経皮吸収型製剤の開発を行い、DDSというコンセプトを打ち出した。DDSとは、服用した薬剤が体内で特定の部位に、必要な量、適切な時間作用するように剤形や化学構造に工夫を施す技術のことである。

DDS を活用するには基本技術が必要である。技術要素は大きく「薬剤放出技術」、「薬剤標的化技術」、「薬剤吸収制御技術」の 3 つから構成されている。薬剤放出技術とは、薬剤の放出速度を制御することによって体内への吸収を調節する技術の総称である。細かく分類すると「放出制御技術」「効果的放出技術」の 2 つに分けられる。薬剤標的化技術とは、目的の部位に効率的に薬剤を届けるための技術の総称である。ターゲティングとも呼ばれ、「能動的標的化技術(能動的ターゲティング)」「受動的標的化技術(受動的ターゲティング)」の 2 つに分類される。薬剤吸収制御技術とは、通常では吸収されにくい薬物を製剤的な工夫によって吸収されやすくする技術の総称で、「薬剤導入技術」「遺伝子導入技術」の 2 つに分けられる。これらの基本技術を用いることで、あらゆる面での DDS の活用ができると考えられている。

DDS は医療の質を飛躍的に向上させるものだと考えられており、副作用の軽減、 患者の負担の軽減や、薬投与の回数削減など期待されていることがたくさんある。 しかし、課題もたくさんあり、実際に DDS の実用化はまだあまり普及されて いない。課題として挙げられることは、体内での誤反応、コスト面、患者それぞ れの個人差などがあり、すぐに実用化するには難しそうである。

執筆担当 (2025年現在の学年)

1. 人工心臓 : 加藤 優弥	(M1)	22. 人工脾臓 : 兼松 透也	(M1)
2. 人工弁 : 切通 陽万里	(M1)	23. 人工肺 : 田中 夕葵	(B4)
3. 人工血管 : 衣川 昇吾	(M1)	24. 人工気道 : 小林 潤也	(M1)
4. 人工血液 : 奥野 悠梨	(M1)	25. 人工肝臓 : 石川 雄大	(M1)
5. 人工靭帯 : 森 陽祐	(M2)	26. 人工胃 : 植田 開成	(M1)
6. 人工骨 : 白藤 凜	(M1)	27. 人工食道 : 川端 大	(M1)
7. 人工義肢 : 鈴木 ひなた	(M1)	28. 人工すい臓: 下平 桃菜	(M1)
8. 人工関節 : 加藤 翔太	(B4)	29. 人工小腸 : 白石 真輝	(M1)
9. 人工椎間板: 榊原 壮太	(B4)	30. 人工消化液: 仲西 悠希	(M1)
10. 人工歯根 : 森山 果音	(M2)	31. 人工胆のう: 平野 圭祐	(M1)
11. 人工軟骨 : 川畑 順平	(B4)	32. 人工大腸 : 今泉 陸	(M1)
12. 人工神経 : 西村 康太郎	(M1)	33. 人工腎臓 : 戸川 侑紀	(M2)
13. 人工脳 : 岡田 彩那	(M1)	34. 血液浄化 : 太田 吉一	(M2)
14. 人工視覚 : 森 理紗子	(B4)	35. 人工ホルモン: 中野 美波	(M1)
15. 人工嗅覚 : 川原 聖也	(M1)	36. 人工毛 :大家 乙人	(M2)
16. 人工耳 : 江里口 拓美	(M1)	37. 人工皮膚 : 清水 康生	(M2)
17. 人工舌 : 八木 愛香里	(M1)	38. 人工爪 : 八木原 明彦	(M2)
18. 眼内レンズ: 小池 亮太	(M1)	39. 人工声带 : 青島 昂生	(M1)
19. 人工筋肉 : 川島 侑丈	(M1)	40. 幹細胞 :喜多 秀弥	(M1)
20. 人工筋膜 : 織戸 颯汰	(M2)	41. DDS : 佃 幹也	(M1)
21. 人工腱 : 橋本 美悠	(M1)		

監修 工学研究科 教授 宮本 啓一(生体材料化学研究室) 助教 畫川 政希(生体材料化学研究室)

2025年10月6日 完成(初版)