

医療研究★最前線 未来医療を拓く

矯正治療の新デバイス実現を目指し
骨結合が速いコーティング法を開発

生体材料工学研究所 医歯工連携実用化施設 高久田和夫教授
大学院医歯学総合研究科 顎顔面矯正学分野 森山啓司教授

- たかくだ・かずお
1976年東京工業大学大学院歯学研究科機械工学専攻修士課程修了。東京医科歯科大学医工連携研究センターより現職。主な研究テーマは、組織再生用機能デバイスの開発など。
- もりやま・けいじ
1990年東京医科歯科大学大学院歯学研究科修了。米国テキサス大学研究員、東京医科歯科大学講師、徳島大学教授を経て、2007年より現職。専門は、顎変形症、唇顎口蓋裂、先天異常患者の矯正歯科治療。

乱杭歯（叢生）並びに、出っ歯（上顎前突）などの不正咬合を治療する矯正歯科。従来は、奥歯を固定源としてワイヤーなどで歯に力を加えて時間をかけて移動させたり顎顔面の成長発育を制御したりする治療が行われていた。しかし、固定源である奥歯も移動してしまう問題が残っていた。

最近では、アンカースクリューやアンカープレートなどのチタン系金属材料の器具を骨内に埋め込んで、固定源として使う治療法の開発が進んでいる。これならば動かしたくない歯はそのままにして問題のある歯だけを適正な位置に移動できる。ただし、特に成長段階にある小児の場合、マイクロスクリーユーで骨に穴を開けてしまうことによ

るリスクが大きい。成人でも歯根や上顎洞、血管などを損傷する可能性がある。

一方で、骨膜下に挿入するオンプラントという方式が過去に開発された。オンプラントは直径7ミリメートル、厚さ2ミリメートルの円盤形で、骨膜と骨の間に埋め込むと、骨表面に形成される新生骨とオンプラント底面の凸凹がかみ合って維持される仕組みだ。歯根に埋め込むインプラントとは異なり、骨に穴を開けずに済む。

骨に穴を開けない
新しい矯正デバイス

問題は、オンプラントが骨表面の新生骨と嵌合して固定されるまでにかかる時間を要すること。少しでも骨との結合が速

くなるよう、生体適合性が高い

水酸アパタイト（ハイドロキシアパタイト・HAP）をチタン材料の表面にコーティングしたが、それでも矯正治療が可能になるまで3カ月程度はかかる。

せめてアンカースクリューやミニプレートと同じように1カ月程度で治療を始められるのが理想だ。そのような医療現場のニーズを受け、生体材料工学研究所の高久田和夫教授、医歯学総合研究科顎顔面矯正学分野の森山啓司教授は、物質・材料研究機構（NIMS）との共同研究により、水酸アパタイト／コーラゲン骨類似ナノ複合体（HAP/Col）をコーティング

することで、骨との結合を3倍も早めることに成功した。「HAP/Colは、世界で初めて骨

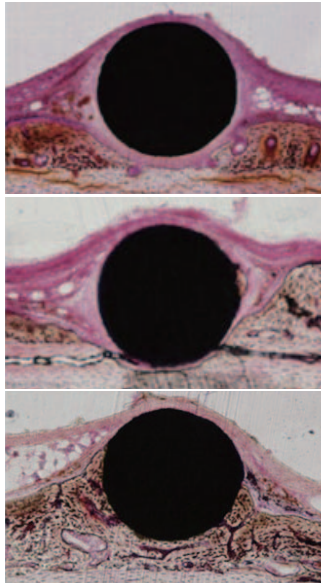
のナノ構造を再現した人工材料で、骨内に入ると、骨移植をしたときと同じように吸収されて骨に置き換わります。既に骨の欠損部分などを補う人工骨として臨床応用が進んでいます。骨表面で使ったのは今回が初めてのことです」と話すのは、HAP/Colの開発にも携わった生材研の高久田教授。

東京医科歯科大学で開発されたハイドロキシアパタイトは、骨や歯の成分とよく似た構造で、人工骨など幅広い分野で使われている。インプラントのように骨に穴を開けて埋めれば骨との結合は速く、十分な強度も得られるが、骨の表面では線維組織による被膜が起こり、骨との直接接合はできなかった。今回の研究を成功に導いた

とも相性が良く、生体での安全

性も十分に確認されているハイドロキシアパタイトだが、人工歯根などで使われているHAPコーティングが吸収されるまでには1年程度かかるといわれている。対しHAP/Colコーティングは非常に吸収が速く、これが骨の新生を促進しているのだらうと高久田教授はいう。

「HAP/Colコーティングでは、自分自身を吸収させつつ、積極的に骨細胞を呼び込む。骨表面であつても骨内に入れたときと同じように、古くなった骨が吸収されて新生骨を形成する骨リモデリングプロセスが起きています。骨と類似した物質であるHAP/Colに触れた骨は『吸収した分を新生しなければ』と勘違いするため、チタン周辺に骨が形成されるのです」



手術後4週間が経過した組織標本写真（断面）。上の2つの写真ではチタン材料（黒色部分）と骨組織（茶色く染まっている部分）の間に軟組織（ピンク色に染まっている部分）が介在しているが、下のHAP/Colでは材料と骨が直接結合しているのが分かる。

動物実験での成功を受け、前臨床試験も将来開始する計画だ。ただし、臨床応用を考えた場合は、強度以外の難しさがある

と矯正歯科の森山教授は話す。「矯正デバイスは1〜2年、長くても5年程度で外すことになります。その間は十分な強度を保ちつつ、安全に外せることも重要です。そこで今回は、コーティング材料だけでなく、デバイスのデザイン、周辺装置、外すときの器具までを、生材研と歯科の連携によるシステムとして研究していることが最大の特徴だといえるでしょう」

高久田教授も基礎研究側の立場から、臨床分野と連携することによる強みがあったという。

「基礎研究の場合、シーズからテーマを考えがちです。しかし、今回のように臨床ニーズが先であれば、研究室のテーマに縛られることなく、あらゆる研究方法を考えることができます。実は、このほうが成功への近道であるように思います」

人工関節など
他分野応用も期待

HAP/Colコーティングは、人

工歯根や人工関節、カテーテルやセンサーの固定など矯正歯科以外の分野への応用が期待できる。オンプラントについても、コーティング材料以外のアプローチからの研究も進んでいる。「矯正治療は、長期間かかり、痛みを伴うイメージがありますが、苦痛が少なく、できるだけ早く終わられるようにしたい。一方で、発育異常の患者さんでは成長段階に応じた治療が必要のため、矯正歯科とは特に長い付き合いになります。そういった患者さんのためにも、生材研などと協力しながら、より良いデバイスを開発していきたいと考えています」（森山教授）

「今回の研究成果は歯科に限らず、全身での発育異常の治療にも応用できるでしょう。材料やデバイスの面で研究が進んでいる矯正歯科は、医科の様々な分野の牽引役となるはずですよ」（高久田教授）

東京医科歯科大学で生まれたハイドロキシアパタイトを使い、基礎分野と臨床分野が協力し合って新しい治療法を生み出していく。医療研究の理想的な形がここにある。

吸収性の高さが
骨新生を促進する

HAPコーティングとHAP/Colコーティングの最大の違いは、吸収性の速さ。どんな材料