

2016～2020年度のユニットにおける研究実績（概要）

当該ユニットは大きく分けて、保存系、補綴系、再生系、機能系と連携の元となる工学系基礎分野（口腔保健工学・歯科理工学系分野）からなっている。口腔保健工学の各分野を中心とし、生体材料工学研究所とも連携した工学系基礎分野の集合体は他大学にない本学の強みであり、特に本ユニットを構成する工学系基礎分野は歯学部内で臨床系分野と常に密接な連携を取れる関係にあり、材料・器械に関する研究を行う多くの臨床系大学院生が共同指導を通じて基礎系分野で実験を遂行している。またそのメンターにあたるような若手研究者も指導を共にすることを通じて、新たな共同研究の種が生まれるなど、生産的な連携関係にある。

現在、上記4つの研究系では、以下のような連携研究を行っている。

- 1) 保存系分野では **Minimal Intervention (MI)**の方針の下、低侵襲な保存的治療を行うための高強度・高審美性素材の評価や、接着技術の応用、新たな診断・分析技術の導入などを進めてきた。

素材面では近年、利用の増えているガラス・セラミックス系審美修復材料である、高光透過性ジルコニアや二ケイ酸リチウム結晶化ガラスの破折特性や接着耐久性を評価してきた。特に接着耐久性に難のあるジルコニアについて、適切なサンドブラストや酸処理条件、接着性モノマーの選択について指針を示した。

診断・評価技術では迅速・正確かつ無侵襲で術者の練度に依存しない歯質診断技術として注目されている光干渉断層撮影(OCT)をう蝕診断だけでなくコンポジットレジンなどの接着界面の評価にも応用し、界面剥離などの検出が可能であることを示した。加えてフッ化ジアンミン銀(SDF)やイオン徐放性修復材料などから歯質へ浸透した銀、フッ素などの機能性イオンの歯質中への浸透状態を、高感度微量分析技術である粒子線誘起 X 線分析 (PIXE) を用いて可視化する技術を開発した。この手法によりイオン種により歯質への浸透挙動が異なることが明確に示され、特に象牙質への有効浸透深さとう蝕予防効果の関連を明らかにした。

- 2) 補綴系分野では従来の技工技術を大きく変革する数値計測や数値制御加工技術（デジタルデンティストリー）が重要さを増している。これらの技術は我が国の工業界が世界をリードする分野であり、これら最先端技術を歯科界に導入し、精度の高い治療を行うべく先端的な研究の遂行が望まれる。

本研究では臨床分野と口腔保健工学の各分野が連携し、計測・加工技術の精度向上を試みると共に、新たな手法に適した歯科材料や加工工具、計測条件などの開発を臨床・基礎両分野が連携して行った。

特に近年、積層造形によるデジタル成形技術が注目されており、その素材もポリマーに限られず、金属やセラミックスなど成型が困難な高強度素材も対応可能になってきている。粉末原料に高出力レーザーを走査して任意の部分を融解もしくは焼結するプロセスを繰り返すことで立体形状を成形するものである。部分床義歯補綴学分野では高強度・高耐食性ながら casting が困難な Co-Cr 合金をレーザー積層造形(LSM)で成型し、その金属組織の特徴や強度特性と成形法との関係を調査した。その結果、LSM で成型した Co-Cr 合金は積層方向に延伸した異方性のある組織を形成し、それ故、その方向に特に優れた強度特性を持つことが明らかにされた。ポリマー素材の光造形による三次元造形は 3D プリンティングの主流の方法であるが、ポリマーの重合特性のために寸法精度に問題がある。口腔機材開発工学分野を中心に、近年、普及が著しい液槽光重合法による造形体の形状や積層方向との関連を調査し、寸法精度を高めるためのモノマー原料の洗濯や適切な積層方向の指針を示した。

また高齢者で問題となる嚥下障害を定量的かつ無侵襲で評価する手法として、工学系の他大学との連携で赤外光により嚥下物の挙動を体外から観察する手法の開発に着手している。従来の放射線造影や内視鏡のように被爆や患者の不快感がなく、今後の高齢者の QOL 向上のために有益な手法になり得ると期待される。

- 3) 再生系分野では骨や軟組織の再生・再建技術、インプラントなど人工物を用いた治療と再生治療の連携による治療が望まれており、臨床・基礎両分野が連携してインプラント周囲の骨・歯周組織の再生・再建技術の評価や骨再建に関わる生体吸収性材料、歯周組織再生を促進するインプラントへの微細表面形状付与などの開発を行っている。具体的にはハイドロキシアパタイト繊維の応用や、骨髄由来間葉系細胞と脂肪由来間葉系細胞の細胞増殖および骨形成関連遺伝子発現および石灰化に関する検討を行った。また骨膜由来細胞に低強度パルス超音波 (LIPUS) を作用させ、骨形成分化に及ぼす LIPUS の基礎となるメカニズムの検討を行った。

さらに硬組織内の微量元素と病態の関連にも着目し、骨吸収抑制剤関連顎骨壊死 (ARONJ) の腐骨内に銅が異常蓄積していることを微量元素分析技術を用いて定量的及び形態的に健常骨および他の疾患骨と比較・評価した。その結果、骨に微量含有される多数の微量元素の中で銅のみが ARONJ 腐骨で有意に高濃度に蓄積しており、特に骨梁に沿った特徴的な分布を示すことが初めて明らかになり、同薬剤と銅蓄積に関連があることが示唆された。

- 4) 機能系分野では特に歯科矯正学系の分野を中心として、高審美で金属アレルギーや MRI などへの影響が少ない完全メタルフリーの矯正を目指した材料開発や、矯正力を高精度にリアルタイム計測し、定量的で再現性の高い治療方針を決定するための矯正力可視化システムの開発を工学系基礎分野と連携して行った。

メタルフリー矯正では、高強度ポリマーの代表例である PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）による矯正ワイヤー素材を新たに開発し、既存の金属製矯正ワイヤーとの特性比較から、矯正用素材として利用可能であることを示した。また、微小 6 軸力覚センサーを用いた矯正力精密計測システムを大学間連携で新たに開発し、これまで術者の経験に頼らざるを得なかった矯正力を定量的に評価できるシステムが完成した。これにより種々の矯正システムの効果を定量的に評価できるだけでなく、矯正医療における初学者の教育システムにも応用できることを示した。