

M20230430_04_MIT

MIT、ウェアラブルパッチ、皮膚から薬剤を無痛デリバリー

薬剤分子を皮膚に推進する超音波を使い、パッチを利用して様々な皮膚状態を処置することができる。

皮膚は、薬剤デリバリーの魅力的なルートである。薬剤が必要とされている箇所に直接届くからである。創傷治癒、疼痛緩和、あるいは他の医学的、化粧用途にとって有用である。とは言え、皮膚を通しての薬剤送達は難しい。皮膚の丈夫な外層が、ほとんどの小さな分子の通過を阻止するからである。

皮膚を通した薬剤デリバリーを容易にするために MIT の研究者は、皮膚に無痛の超音波を当て、薬剤が透過する微小チャンネルを作るウェアラブルパッチを開発した。このアプローチは、様々な皮膚疾患のデリバリー治療に役立てられる。また、研究者によると、ホルモン、疼痛緩和、その他の薬剤のデリバリーにも適用可能である。

研究成果は、Advanced Materials に発表された。

音波で後押し

研究チームは、薬剤送達の代替法の研究としてこのプロジェクトを始めた。ほとんどの薬剤は、経口または静脈を通してデリバリーされるが、皮膚は、特定のアプリケーションでは、非常に標的を絞った薬剤デリバリーができるルートである。

「皮膚を利用する主要な利点は、消化管全体をバイパスする点である。経口デリバリーでは、胃で想定される損失を考慮して、遙かに多くの量をデリバリーしなければならない。これは、もっと標的を絞った、集中的な薬剤輸送法である」と Shah は言っている。

超音波照射が、小さな分子の薬剤まで皮膚の浸透性を強化す

ることを示したが、この種の薬剤デリバリを行う既存技術のほとんどは、大きな装置を必要とする。MIT チームは、軽量でウェアラブルなパッチで、この種の経皮薬剤デリバリを行う方法を考案したかった。多様なアプリケーションでの利用を容易にする方法である。

チームが設計したデバイスは、複数のディスク形状の圧電変換器を内蔵したパッチで構成されている。これは、電流を機械的エネルギーに変換する。各ディスクは、液体溶液に溶ける薬剤分子を含むポリマキャビティに埋め込まれている。電流が圧電素子に印可されると、液体内に圧力波が生じ、皮膚に突き刺さる泡が生まれる。これらのはじける泡が、皮膚の丈夫な外層、角質層を透過することができる液体マイクロジェットを作り出す。

「この研究は、薬剤デリバリを強化する振動の利用に扉を開く。様々な種類の波形パタンの生成となるパラメタはいくつかある。薬剤デリバリの機械的および生物学的側面は、この新しいツールセットにより改善できる」(Karami)。

パッチは、PDMS、シリコンベスのポリマでできており、これはテープなしで皮膚に貼りつけ可能である。この研究では、研究チームは、ナイアシンアミドというビタミン B をデリバリすることでデバイスをテストした。ナイアシンアミドは、多くの日焼け止めや保湿剤の構成要素。

ブタの皮膚を使うテストで、超音波パッチを使いナイアシンアミドをデリバリするとき、皮膚を透過する薬剤量は、超音波アシストなしで皮膚を透過する量の 26 倍多かったことをチームは、示した。

研究チームは、新しいデバイスとマイクロニードリングとを比較した。マイクロニードリングは、経皮薬剤デリバリで使用されることがよくある技術。これは、極微針で皮膚に孔を開ける必要がある。チー

ムのパッチは、同じ量のナイアシンアミドをデリバリするのに 30 分かかったが、マイクロニードルによるデリバリは、6 時間以上かかった。

局所デリバリ

現在のデバイスのバージョンでは薬剤は皮膚に数mm浸透することができるので、このアプローチは、皮膚内で局所的に効く薬剤に潜在的に有用である。これらに含まれるのは、ナイアシンアミド、皮膚の年齢による染みやダークスポットの処置に使用されるビタミン C、火傷の治療に使われる局所用薬剤など。

浸透深さを増すためにさらなる改良により、この技術は、血流に達する必要がある薬剤、カフェイン、フェンタニル、リドカインなどにも使える。Dagdevirenによると、この種のパッチは、プロゲステロンなどのホルモンデリバリに便利だ。さらに研究チームは、ガン、他の疾患の治療に薬剤をデリバリするために体内に類似のデバイスをインプラントする可能性を研究している。

チームは、近々、ヒトのボランティアでテストするために、ウェアラブルパッチのさらなる最適化にも取り組んでいる。もっと大きな薬剤分子で、ラボ実験を繰り返すことも計画している。

「より大きな薬剤で薬剤浸透プロファイルを評価すると、次には、ホルモン、インスリンなど、この技術を使ってデリバリできるどんな候補があるかを考える。現在、毎日、注射で自己投与することを強いられている人々に無痛の代替を提供できるようになることを考えている」と Shah はコメントしている。

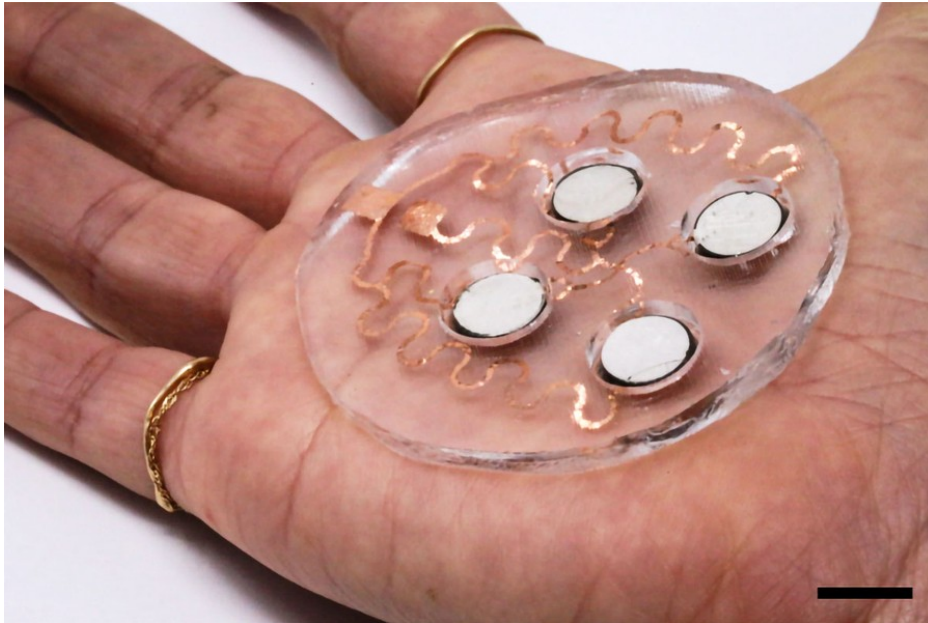


図 MIT 研究者が開発したウェアラブルパッチは、無痛の超音波を皮膚に当て、薬剤が通過する微小チャネルを作る。