

< Science > 근적외선으로 혈당 실시간 분석... 망막질환 光치료 길도 열었다

노성열기자 nosr@munhwa.com



■ 당뇨 진단 ‘스마트 콘택트렌즈’ 개발

200μm 크기 LED·전력변환칩
토끼 눈에 맞춘 렌즈안에 심어
외부기기 통해 무선 전파 쏘면
680nm 파장의 빛으로 변환돼
혈당농도 따라 반사각도 달라
혈당 측정·망막질환 치료 가능

눈물속 糖농도분석 렌즈도 개발
웨어러블 의료기기 본격화 시동

콘택트렌즈만 끼면 빛을 이용해 당뇨 혈당 측정과 당뇨성 망막질환 치료까지 가능한 ‘스마트 LED 렌즈’를 국내 연구진이 세계 최초로 개발했다. 앞으로 몸에 붙이거나 이식하는 바이오 헬스케어 기기에도 광범위하게 응용될 것으로 기대된다.

포항공과대학교(POSTECH) 신소재공학과 한세광 교수, 통합과정 이건희 연구팀은 미국 스탠퍼드대 제난 바오 교수 연구그룹, 스탠퍼드 의과대학과 공동으로 당뇨 진단 및 당뇨성 망막질환 치료가 가능한 스마트 포토닉(photonic) 콘택트렌즈와 웨어러블 의료기기를 개발해 관련 논문이 네이처 리뷰 머터리얼즈(Nature Reviews Materials, IF=74.5) 온라인판 최신호에 게재됐다. 피를 뽑아 혈당을 측정하던 환자의 고통을 줄여줄 뿐 아니라, 당뇨 합병증 망막 질환의 광(光) 치료 효과까지 거둘 수 있어 향후 사업화 전망이 밝은 것으로 평가된다. 당뇨 망막질환은 혈액 속 당 농도가 높은 환자의 안구에서 미세혈관이 급증하는 현상으로 심하면 안저(眼底) 출혈이나 시력장애, 실명에 이를 수도 있다.

연구팀은 각막과 눈꺼풀 안쪽에 있는 혈관의 당 농도를 근적외선 빛으로 실시간 분석할 수 있는 초소형

LED와 광검출기(photo detector)가 장착된 스마트 콘택트렌즈를 개발, 당뇨를 진단하는 데 성공했다. 또 초소형 LED가 장착된 스마트 콘택트렌즈를 당뇨성 망막질환이 있는 동물 모델에 착용시키고 한 달 동안 규칙적으로 빛을 쬐어준 결과, 망막의 신생 혈관 생성이 현저히 줄어드는 것을 확인해 치료에도 적용할 수 있음을 검증했다. 제품화되면 앞으로 당뇨 환자들이 이런 스마트 LED 콘택트렌즈를 착용하는 것만으로 혈당을 실시간 모니터링할 수 있을 뿐만 아니라 당뇨 합병증에 의한 망막증 치료도 가능하게 될 전망이다.

연구팀은 토끼의 안구에 맞게 스마트 렌즈를 제작한 후 렌즈 안에 가로세로 200 μ m 크기의 마이크로 LED와 전력변환 칩을 심었다. 1.5cm 크기의 외부 안테나에서 무선으로 전파를 보내면 칩이 이를 전기로 바꿔 LED에서 빛을 내게 된다. 연구팀은 “실제 외부 제어 디바이스는 6×4cm로 성냥갑 크기와 비슷하다”며 “향후 안경 형태의 웨어러블 의료기기로 구현할 예정”이라고 밝혔다. 마이크로 LED가 발산하는 680nm(나노미터, 나노는 10의 마이너스 9승) 파장의 빛은 피부미용 LED 마스크의 붉은 빛과 비슷한 영역대다. 연구팀은 향후 사람 눈에 맞는 렌즈를 만들어 임상시험에 착수할 계획이다.

앞서 한 교수 연구팀은 눈물 속에 포함된 당 농도를 분석해 당뇨를 진단할 수 있는 스마트 콘택트렌즈도 세계 최초로 개발해 학계의 주목을 받은 바 있으며, 올 상반기 중 연구자 임상시험을 앞두고 있다. 최근에는 이 기술을 바탕으로 눈물뿐 아니라 피부에서 나오는 땀의 당 농도를 고민감도로 분석할 수 있는 스마트 웨어러블 의료기기를 개발, 당뇨 진단에도 적용할 수 있음을 검증했다. 이처럼 그동안 눈물 내 혈당을 전자 분석기로 측정하는 기술이 주로 쓰였으나 연구진은 이번에 눈꺼풀 혈관에 빛을 쬐으면 혈당 농도에 따라 반사 각도가 달라지는 현상을 당뇨 진단에 활용했다. 또 바이오 진단 및 치료 시스템 벤처 기업인 (주)화이바이오메드와 함께 당뇨 진단결과를 스마트폰으로 확인할 수 있도록 블루투스 데이터 전송 시스템도 개발했다.

화이바이오메드 신상배 박사는 “혈액은 혈구와 혈장으로 나눌 수 있는데 혈구는 혈액에 있는 유형성분이며 혈장은 혈액을 구성하는 액체성분으로, 혈구는 혈장에 비해 높은 굴절률을 가져 빛을 받으면 혈액에서 빛이 산란돼 반사된다”며 “하지만 혈장의 글루코스(당) 농도가 높아지게 되면 혈장의 굴절률도 높아져 혈구와 혈장의 굴절률 차이가 줄어들어 빛의 산란도가 감소한다. 이러한 빛의 산란도 차이를 이용해 안구 내 혈관의 당 수치로 당뇨를 진단하는 기술”이라고 설명했다. 그는 “2018년 발표된 애플 워치의 당뇨 진단은 빛을 이용해 일정 시간 착용자의 심장박동만을 인공지능으로 분석하는 방법으로 실시간 혈당 측정은 가능하지 않은 기술”이라며 “그 외 손가락 등 신체 부위에 빛을 투과해 혈당을 측정하는 기기가 몇 가지 발표된 사례는 있으나 광센서 효율이 낮아 정확한 진단은 어려운 것으로 알려졌다”고 덧붙였다.

빛을 이용해 질병을 치료하는 원리는 세포 내부의 미토콘드리아 자극에 기초를 두고 있다. 미토콘드리아 표면 효소가 붉은빛을 흡수해 활성화되면 활성산소, 산화질소, 아데노신삼인산(ATP)의 생성을 촉진해 세포 성장과 단백질 형성을 돕는 것이다.

한 교수는 “빛으로 당뇨를 진단하고 당뇨 망막증까지 치료할 수 있는 스마트 콘택트렌즈는 세계 최초”라며 “스탠퍼드 의과대학과 글로벌 공동연구를 통해 스마트 콘택트렌즈, 스마트 웨어러블 의료기기 사업화를 본격적으로 추진해 나갈 계획”이라고 밝혔다.

■ 용어설명

광검출기(photo-detector) : 빛을 받는 부위에 일정 파장의 빛이 조사(照射)됐을 때 빛의 강도에 따라서 전류가 발생하는 광센서.

당뇨성 망막변성증 : 당뇨합병증으로서 망막 내 신생혈관이 생성돼 심한 경우 안구 내 출혈 및 망막의 분리로 인해 실명할 수도 있는 위험한 질병.

노성열 기자 nosr@munhwa.com