

DISPOZITIVE MEDICALE PORTABILE INTELIGENTE – PASUL URMĂTOR ÎN FURNIZAREA DE SERVICII ACCESIBILE ÎN PRACTICA DERMATOLOGICĂ

SMART WEARABLE MEDICAL DEVICES – THE NEXT STEP IN PROVIDING AFFORDABLE SUPPORT FOR DERMATOLOGY PRACTICE

MARILENA IANCULESCU*, ADRIANA ALEXANDRU*, **, DORA COARDOȘ*, OANA ANDREIA
COMAN***

Rezumat

Prevalența afecțiunilor cutanate este în creștere la nivel mondial datorită mai multor factori cum ar fi schimbarea mediului și a climei sau un stil de viață necorespunzător. Afecțiunile cutanate au implicații negative majore și pe termen lung la nivel individual și al sistemelor de sănătate naționale. Dispozitivele medicale portabile inteligente (smart wearable medical devices) sunt integrate din ce în ce mai mult în practica dermatologică deoarece ele pot facilita o abordare proactivă a asistenței medicale, o mai bună monitorizare, un diagnostic și tratamente îmbunătățite. Lucrarea de față are drept scop prezentarea beneficiilor aduse de utilizarea pe scară largă în dermatologie a dispozitivelor inteligente portabile. După o scurtă trecere în revistă a particularităților dispozitivelor portabile folosite în domeniul asistenței medicale, sunt prezentate implicațiile practice ale implementării lor în practica dermatologică. O scurtă trecere în revistă a unora dintre dispozitivele inteligente portabile actuale și viitoare care susțin serviciile dermatologice, demonstrează potențialul lor de a transforma practica medicală curentă. Monitorizarea continuă, accesul mai ușor la o cantitate uriașă de date eterogene colectate, un sprijin eficient pentru luarea deciziilor privind diagnosticarea și tratamentul și o

Summary

The prevalence of skin disorders is increasing worldwide due to, several factors like the changing environment and climate, or to an inappropriate lifestyle. Skin disorders have major and long-term negative implications at individual and national healthcare systems levels. Smart wearable medical devices are more and more integrated in dermatology practice because they can facilitate a proactive approach of the healthcare, a better monitoring, and improved diagnosis and treatments. This paper aims to present the benefits brought by the use on large scale of the smart wearable devices in dermatology. After a short review of the particularities of the wearable devices employed in healthcare, the practical implications of the implementation in dermatology practice are put forward. A brief look over some of the current and future smart wearable devices that sustain dermatological services demonstrates their potential of transforming the current medical practice. Continuous monitoring, easier access to a huge amount of heterogeneous collected data, an

* Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică (ICI), București, România.
National Institute for R&D in Informatics (ICI), Bucharest, Romania.

** Universitatea Valahia Târgoviște, Dâmbovița, România.
University Valahia Targoviste, Dimbovita, Romania.

*** Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București, România.
University of Medicine and Pharmacy “Carol Davila”, Bucharest, Romania.

responsabilizare îmbunătățită a pacienților față de propria sănătate sunt doar câteva dintre caracteristicile care dovedesc rolul indiscutabil al acestor dispozitive emergente în practica dermatologică.

Cuvinte cheie: dispozitive inteligente portabile, senzori, dermatologie, monitorizare, diagnoză.

Intrat în redacție: 4.09.2018

Acceptat: 15.11.2018

effective support for diagnose and treatment decision making, and improved engagement of the patients are only some of the features that prove the undoubted role of these emerging devices in dermatology practice.

Key words: smart wearable devices, sensors, dermatology, monitoring, diagnosis

Received: 4.09.2018

Accepted: 15.11.2018

Introducere

În perioada curentă, afecțiunile cutanate sunt o sursă importantă pentru costurile mari resimțite de serviciile naționale de sănătate la nivel global, cu implicații și la nivel individual [1]. Majoritatea afecțiunilor cutanate au un impact negativ puternic asupra calității vieții pacienților, iar unele dintre acestea pot duce la dizabilități permanente sau chiar la deces. Creșterea numerică și îmbătrânirea continuă a populației globale, dinamica factorilor de mediu și a factorilor de risc pentru sănătate (cum ar fi schimbările climatice) impun o cerere sporită de resurse financiare, umane, științifice și tehnologice pentru susținerea și îmbunătățirea serviciilor dermatologice.

Prin urmare, este obligatoriu ca noile tehnologii și modele de afaceri, care au potențialul de a oferi un sprijin eficient și accesibil, să se integreze în practica dermatologică actuală și viitoare. Unele dintre provocările majore din domeniul asistenței medicale pot fi rezolvate prin utilizarea tehnologiilor Internet of Things – IoT (Internetul lucrurilor sau obiectelor), ce includ dispozitive medicale inteligente portabile care pot susține o monitorizare și diagnoză mai precise, în timp real, mai eficiente și mai cuprinzătoare.

Lucrarea de față urmărește să prezinte pe scurt principalele caracteristici ale dispozitivelor medicale inteligente portabile și să sublinieze capacitatea lor extinsă de a transforma practica dermatologică. Pentru a le demonstra oportunitățile, sunt prezentate câteva exemple din cele mai noi dispozitive medicale inteligente portabile.

Introduction

Nowadays, the skin disorders are among the major sources of the current burden of the worldwide national health services, also implying high expenditure at individual level [1]. Most of the skin diseases have a strong negative impact on the quality of patients' life, and some of them can lead to permanent disabilities or death. The continuous growth and ageing of the global population, the dynamics of environment and health risk factors (like climate changes) impose an increased demand of financial, human, scientific and technological resources for sustaining and improving dermatology practice.

Therefore, it is compulsory to integrate in current and future dermatology practice newer technologies and business models which have the potential to provide an efficient and affordable support. Some of the major challenges in healthcare can be handled by Internet of Things (IoT) technologies, including smart wearable medical devices able to sustain more accurate, real-time, cost-effective and comprehensive monitoring and diagnosis.

This paper aims to briefly present the main characteristics of smart wearable medical devices and to emphasise their extended capacity to transform the dermatology practice. In order to demonstrate their opportunities, some examples of the newest smart wearable medical devices are brought in.

Dispozitive medicale portabile: caracteristici și tendințe

IoT este rețeaua de obiecte fizice sau "lucruri" încorporate cu dispozitive electronice, tehnologii software, senzori și rețele, care facilitează achiziția și schimbul de date. IoT este definit ca "rețeaua obiectelor fizice care sunt susținute de tehnologii încorporate pentru comunicații de date și senzori ca să interacționeze atât la nivel intern cât și la nivel extern, dar și cu mediul" [2]. IoT oferă posibilitatea monitorizării asistenței medicale prin utilizarea dispozitivelor portabile.

Dispozitivele portabile aparțin unei categorii de dispozitive electronice care pot interacționa cu pielea umană (plasate pe epidermă, introduse pentru măsurare prin piele sau orificii [3]) sau pot fi purtate pe corp ca accesoriu sau incluse în materialul folosit pentru îmbrăcăminte. Exemple de dispozitive portabile sunt ceasurile inteligente (smartwatch-uri), brățări, dispozitive auditive, tatuaje electronice / optice, dispozitive de afișaj montate pe cap, senzori subcutanați, încălțăminte cu senzori sau țeșături inteligente (cu senzori încorporați). **Dispozitivele medicale portabile** monitorizează pacientul sau mediul ambiant, oferă alerte electronice, percep informații fizice și biochimice sau administrează medicamente [4].

Dispozitivele medicale portabile sunt utilizate pentru a permite achiziționarea în timp real de date de diverse categorii cum ar fi "semnale electrofiziologice, biochimice sau de mediu și de comunicare pentru monitorizarea continuă și strictă a pacientului, fără a întrerupe sau a limita mișcările utilizatorului" [6]. Senzorii integrați în dispozitivele portabile includ unități de măsură inerțiale, senzori optici, sonde chimice, electrozi, senzori de temperatură, microfoane, detectoare de șoc, senzori de tensiune și senzori de presiune [7]. Urmărirea mișcării și a parametrilor vitali reprezintă cele mai importante elemente ale monitorizării sănătății [8].

Senzorii medicali colectează valori brute ale datelor care sunt transmise fără fir către o unitate centrală de transmitere. Această unitate de transmitere procesează datele brute și le transformă în metadata semnificative [9]. Se facilitează stocarea unei cantități uriașe de date medicale în bazele de date și schimbul de informații cu alte dispozitive. Datele obținute de

Wearable Medical Devices: Features and Trends

The *Internet of Things (IoT)* is the network of physical objects or "things" embedded with electronic devices, software technologies, sensors and connecting networks, which facilitates data acquisition and exchange. The IoT is defined as "the network of physical objects which are supported by embedded technology for data communication and sensors to interact with both internal and external objects states and the environment" [2]. IoT provides the possibility of healthcare monitoring using wearable devices.

Wearable devices belong to a category of electronic devices that can be mated with human skin (placed on the epidermis, inserted through the skin or body orifices for measuring [3]) or worn on the body, either as an accessory or included in the material used for clothing. Examples of wearable devices are smartwatches, wristbands, hearing aids, electronic/optical tattoos, head-mounted displays, subcutaneous sensors, electronic footwear, or smart cloths (with electronic textiles). **Wearable medical devices** are wearables incorporated in clothing, accessories, skin surface or close environment that monitorize, provide electronic alerts, perceive physical and biochemical information, or deliver drugs [4].

Wearable medical devices are used for enabling real-time data acquisition of "electrophysiological, biochemical or environmental signals and communication for continuously and closely patient monitoring, without interrupting or limiting the user's motions" [6]. Sensors integrated in wearable devices include inertial measurement units, optical sensors, chemical probes, electrodes, temperature sensors, microphones, shock detectors, strain gauges, and pressure sensors [7]. Motion trackers, and vital parameters are the most important elements in health monitoring [8].

Medical sensors produce gross values of data that are transmitted wirelessly to a transmitter-centered central unit. This transmitter unit processes raw data and converts them into significant metadata [9]. The storing of a huge amount of medical data in data bases and the

la mai multe dispozitive portabile sunt direcționate către o rețea wireless care poate transmite date medicale către Internet prin conexiuni Bluetooth, Wi-Fi LTE, 3G, 4G sau 5G pentru obținerea de analize suplimentare sau a unui răspuns de la un furnizor de asistență medicală [5].

Dispozitivele medicale portabile care au un contact direct cu pielea pentru a furniza o serie de funcționalități ale acestora trebuie să fie flexibile, elastice și să asigure într-un mod non-invaziv o detectare precisă și o biometrică corectă, elemente necesare monitorizării stării de sănătate.

Dispozitivele portabile flexibile „pot fi configurate pentru a face un contact adaptat cu suprafața epidermei, suprafața oculară și dentară, pentru colectarea semnalelor biochimice sau electrofiziologice” [5].

Restricțiile privind dispozitivele portabile se referă la dimensiune, durata de viață a bateriei și greutate. Dispozitivele medicale portabile trebuie să asambleze senzori și o putere mare de calcul într-un format mic [10].

„Dispozitivele inteligente portabile (o îmbinare între un senzor și un micro controler) măresc potențialul IoT în domeniul sănătății prin stimularea unei îngrijiri preventive proactive, a unui diagnostic mai precis și a unei evaluări mai adecvate a rezultatelor tratamentului” [11]. Aceste dispozitive medicale portabile cu rol în monitorizare și diagnosticare pot fi purtate pe diverse părți ale corpului uman și includ senzori pentru electroencefalogramă, electrocardiogramă, electromiografie sau dispozitive pentru măsurarea diversilor parametri fiziologici (tensiune arterială, oxigenare sanguină, temperatură corporală, glicemie, nivelul plasmatic al lactatului, sodiului sau potasiului, gradul de hidratare al pielii) sau pentru monitorizarea proceselor de cicatrizare cutanată. [12]

Tendențe noi privind evoluția dispozitivelor medicale portabile

„Dispozitivele inteligente portabile au o utilizare din ce în ce mai largă datorită miniaturizării continue în domeniul electronicii, a avansurilor în tehnologia senzorilor, a puterii de calcul și a conectivității; ele demonstrează o capacitate și mai puternică de a încorpora

exchanging of information with other devices are facilitated. Data obtained from multiple wearable devices are routing to a body area network that can transmit the medical data to the Internet through Bluetooth, Wi-Fi LTE, 3G, 4G, or 5G connection for further analyses or feedback from a healthcare provider [5].

The medical wearable devices that have a robust and soft contact with the skin to deliver a range of functionalities have to be flexible, stretchable, and to provide accurate sensing and biometrics required for health monitoring in a noninvasively way. Flexible smart wearable devices “can be configured to make conformal contact with epidermal, ocular, and dental interfaces to collect biochemical or electrophysiological signals” [5].

The restrictions on wearable devices refer to the size, battery life, and weight. Medical wearables devices must provide on board sensors and a large amount of computing power into a small package [10].

“*Smart wearable devices* (a merge between a sensor and a microcontroller) leverage the IoT potential in the healthcare area by stimulating a proactive preventive care, a more accurate diagnostic and a more appropriate evaluation of the treatment results” [11]. These wearable medical devices are developed for both monitoring and diagnostic functions and can be placed at various locations on the human body (ex. electrodes for electrocardiography, electromyography, devices for monitoring of blood pressure, temperature, glucose, lactate, pH, Na, K, blood oxygenation, skin hydration or evolution of wounds) [12].

Emerging trends concerning the evolution of wearable medical devices

“Smart wearables are becoming increasingly pervasive driven by the continuous miniaturization of electronics; advances in sensor technology, computing power and connectivity; they demonstrate an even stronger capability to embed intelligence in electronic (and photonic) components and systems, ultimately coupled by a reduction in the price of components. From phase 1 when they were accessory type devices,

elementele inteligente în componentele și sistemele electronice (și fotonice), asociată cu o reducere a prețului componentelor". Aceste dispozitive au evoluat în timp, de la faza 1 sau 2 în care se prezentau sub forma unor dispozitive externe, unele textile, ce aveau integrate diverse sisteme electronice, urmate de faza 3 și 4, în care s-au miniaturizat sub forma unor dispozitive tip patch-uri cutanate sau chiar implanturi adaptate diverselor organe și țesuturi, sigure și ușor de manevrat. [13].

Gartner estimează că numărul de dispozitive portabile pe plan mondial va crește de la 275 milioane de unități în 2016 la 477 milioane de unități în 2020, generând un venit de 61,7 miliarde USD [14]. Previziunile globale privind traficul de date mobile de la Cisco estimează că până în 2020 numărul acestora va crește la 601 milioane la nivel global [15]. Conform unui sondaj realizat de Ericsson Consumer Lab, 60% dintre participanți consideră că în următorii cinci ani senzorii biomedicali vor fi utilizați în mod curent [16].

Dispozitivele medicale portabile tind către o miniaturizare sporită, o facilitare crescută de măsurare a semnelor vitale și o transmitere mai sigură și fiabilă a datelor [5].

Implicațiile utilizării în dermatologie a dispozitivelor medicale inteligente portabile

În dermatologie, observarea directă a stării curente a pielii este un avantaj care se adaugă la faptul că, mai mult decât celelalte organe, aceasta se pretează la monitorizare directă. În plus, pielea este un mediu pentru monitorizarea altor organe cu ajutorul dispozitivelor medicale portabile.

Unele dintre principalele beneficii ale utilizării pe scară largă în practica dermatologică a dispozitivelor medicale inteligente portabile sunt:

- Monitorizarea continuă și accesul în timp real la date actualizate îi susține pe dermatologi în luarea unor decizii mai bune și în diagnosticare;
- Evitarea unor multiple spitalizări și consultații obișnuite;
- Accesul la anumiți parametri de sănătate colectați prin intermediul dispozitivelor inteligente portabile permite dermato-

through phase 2, textile-integrated, with integration of various electronics, they evolved to phase 3 as skin patchable devices and finally to phase 4, as body implantable, conformal to organs and safe for the human body. [13].

Gartner estimates that the number of wearable devices generated worldwide is expected to grow from 275 million units in 2016 to 477 million units in 2020, generating a revenue of \$61.7 billion [14]. The Global Mobile Data Traffic Forecast by Cisco predicts that, by 2020, their number will increase to 601 million globally [15]. According to a survey conducted by Ericsson Consumer Lab, 60% of the participants consider that, in next five years, biomedical sensors would be commonly used [16].

Medical wearable devices are moving towards the miniaturization of their size, the increased facility of measuring of more vital signs, secure and reliable data transmission. [5].

Implications of using smart wearable medical devices in dermatology

Dermatology has a strong visual feature that stands primarily upon the visual observation of the current state of the skin which, more than the other organs, is appropriate both for being monitored, and to be a medium towards other organs that can be monitored with smart wearable medical devices.

Some of the main benefits of using the smart wearable medical devices on large-scale in dermatology practice are:

- the continuous monitoring and access to real-time updated data support dermatologists in a better decision making and diagnosis;
- many hospitalizations and regular examinations can be avoided;
- the access to particular health parameters collected through smart wearable devices allow the dermatologists to evaluate continuously skin properties (like hydration, temperature, blood oxygen level, wound-healing, skin mechanics) or various disease biomarkers measured in sweat and to provide a timely personalized treatment;

logilor să evalueze continuu proprietățile pielii (cum ar fi hidratarea, temperatura, nivelul oxigenului din sângele capilar, vindecarea rănilor, mecanica pielii) sau biomarkerii mășurați în transpirație și să ofere un tratament personalizat cât mai rapid;

- Specialiștii din domeniul sănătății pot fi anunțați aproape instantaneu de fiecare dată când apare un eveniment anormal, primind date actualizate pe telefonul mobil;
- Populația defavorizată (cum ar fi persoanele care trăiesc în zone izolate sau cele netransportabile) poate fi monitorizată și tratată de la distanță;
- Fiind non-invasive, dispozitivele medicale inteligente portabile au un impact pozitiv asupra atitudinii și comportamentului pacienților în ceea ce privește tratamentul afecțiunilor cutanate;
- Rezultatele obținute după o anumită utilizare a unui dispozitiv medical inteligent portabil într-un tratament pentru o afecțiune cutanată sau pentru favorizarea cicatrizării plăgilor pot susține dezvoltarea unor noi medicamente, pansamente, plasturi sau dispozitive îmbunătățite.

Exemple de dispozitive medicale portabile din practica dermatologică curentă și viitoare

- a) *Bandajul inteligent care contribuie la vindecarea rănilor și care administrează singur antibiotice* [17]

Cercetătorii de la Universitatea Tufts din Massachusetts au inventat un bandaj inteligent, cu senzori și procesor, care verifică permanent modul în care evoluează rana și administrează automat doza necesară de medicamente. Bandajul inteligent are integrat un procesor și senzori speciali, care monitorizează constant modul în care se vindecă rana. Cu ajutorul unor senzori speciali, care analizează temperatura și pH-ul rănilor, bandajul inteligent poate depista la timp semnele de infecție sau inflamație. Astfel, va administra direct pe piele antibioticele de care este nevoie.

- the health specialists can be notified almost instantly whenever an abnormal event occurs by receiving current data on their smartphones;
- the underserved population (like people living in isolated areas or untransportable ones) can be monitored and treated remotely;
- being non-invasive, smart wearable medical devices have a positive impact on patients' attitude and behaviour regarding the treatment of the skin disorder;
- the outcomes obtained after a specific use of a smart wearable medical device in a skin disease treatment or a wound or post surgery healing might support the deployment of improved medicines, dressings, patches or devices.

Examples of smart wearable medical devices in current and future dermatology practice

- a) *The smart bandage that helps heal wounds and administers antibiotics on its own* [17]

The researchers from Tufts University in Massachusetts have invented a smart bandage with sensors and processor that constantly checks how the wound progresses and automatically administers the required dose of drugs. The smart bandage has a special processor and sensors integrated that constantly monitor how the wound heals. With the help of special sensors that analyze the temperature and pH of the wound, smart bandage can detect signs of infection or inflammation in time. Thus, it will administer directly to the skin the antibiotics that are needed. [17]

The new generation of bandages will be used especially to treat persistent wounds that heal very hard. It is the case of burns, but also of the injuries suffered by diabetics. Of course, there are other situations where chronic wounds can not be cured, because the skin does not have the normal regenerative capacity.

Noua generație de bandaje va fi folosită mai ales pentru tratarea rănilor persistente, care se vindecă foarte greu. Este cazul arsurilor, dar și al rănilor de care suferă diabeticii, sau a ulcerelor de gambă. Desigur, există și alte situații în care apar răni cronice, greu de vindecat, cazuri care pot beneficia de aceste bandaje inteligente.

Un alt avantaj al noului tip de platură este faptul că administrează singur medicamentele necesare, fără să fie nevoie de o intervenție frecventă din partea medicilor sau a îngrijitorilor. În plus, stimulează procesul natural de vindecare.

Un bandaj inteligent are mai multe componente, printre care: (i) senzori pentru măsurare pH și temperatură; (ii) microîncălzitor flexibil; (iii) dozatoare de medicamente care răspund termic, încorporate într-un platură de tip hidrogel; (iv) dispozitive electronice fără fir pentru citirea datelor de la senzori, pentru declanșarea și controlul sistemului de acționare termică, dacă este necesar. [18]

b) *Plasturele cu nanocip care ajută la vindecarea rănilor prin reprogramare genetică [19]*

Cercetătorii de la Universitatea de Stat Ohio, Statele Unite au proiectat un nanocip care reprogramează celulele pentru a ajuta vindecarea. Noua tehnologie se numește Tissue Nanotransfection (TNT) și presupune atingerea țesutului afectat cu un platură special, în care a fost introdus un nanocip de dimensiunea unei monede. **Plasturele este ținut pe piele doar o secundă, apoi este înlăturat (în acel moment începe programarea celulelor.), iar pielea se va vindeca singură, în timp record.** În secunda în care este lipit pe piele, un câmp electric focalizat puternic este aplicat de-a lungul dispozitivului care permite nanocipului să injecteze în celulele pielii un cod genetic, astfel încât acestea se pot transforma în orice tip de celule, stimulând astfel refacerea vaselor de sânge distruse.

c) *Senzorul de precizie pentru măsurarea expunerii la radiații UV [20]*

Radiația UV este esențială pentru producerea de vitamina D și benefică pentru sănătatea umană, dar expunerea excesivă la UV are mulți factori de risc asociați, inclusiv cancerul de piele

Another advantage of the new type of patch is that it administers the necessary drugs alone, without the need for frequent care from doctors or caregivers. In addition, it stimulates the natural healing process.

An intelligent bandage has several components, including: (i) sensors for pH and temperature measurement; (ii) flexible micro-heater, (iii) carriers of thermally responsive drugs incorporated into a hydrogel patch; (iv) wireless electronics for reading data from sensors and for triggering and controlling the thermal actuation system, if necessary. [18]

b) *A patch with nanocip helps heal wounds through genetic reprogramming [19]*

The researchers from Ohio State University, United States designed a nanocip reprogramming cells to help the body heal. The new technology is called Tissue Nanotransfection and involves touching the affected tissue with a special patch with an inserted a nanocip of a coin size. The patch is held on the skin for only one second, then it is removed (at that point, cell reprogramming begins), and the skin will heal itself in record time.

The moment it is glued to the skin, a strong and focused electric field is applied along the device that allows the nanocip to inject into the skin cells a genetic code so that they can turn into any type of cell, stimulating the restoration of the destroyed blood vessels.

c) *Sensitive sensor for measuring exposure to UV radiation [20]*

UV radiation is essential for the production of D vitamin and beneficial to human health, but excessive UV exposure has many associated risk factors, including skin cancer and photo-sensitisation. The acute effects of excessive UVA and UVB exposure are usually short-lived and reversible. Such effects include erythema, darkening of the pigment and sunburn. Prolonged exposure even at sub-eritemal UV doses causes thickening and epidermal degradation of keratinocytes, elastin, collagen and blood vessels, leading to premature aging of the skin.

și fotosensibilizarea. Efectele expunerii excesive la UVA și UVB sunt, de obicei, de scurtă durată și reversibile. Astfel de efecte includ eritemul, pigmentarea și arsurile solare. Expunerea prelungită chiar și la dozele suberitemice de UV determină îngroșarea și degradarea epidermică a keratinocitelor, elastinei, colagenului și vaselor de sânge, ceea ce duce la îmbătrânirea prematură a pielii.

Recent, a fost dezvoltat un *senzor portabil (UV-senzor)*, ultra-subțire, expandabil și care lasă aerul să circule pentru a cuantifica cu exactitate expunerile personale la UV și protecția solară. Plasturele UV este proiectat pentru a se potrivi cu suprafața pielii și pentru a oferi o interfață extensibilă moale. Acest senzor conține coloranți care își modifică culoarea la expunerea la radiațiile UV. Această schimbare de culoare este apoi evaluată utilizând un algoritm de smartphone și de cuantificare.

Funcționalitatea dispozitivului a fost demonstrată în diverse activități din viața reală, incluzând înotul în mare, activitățile de pe plajă, la duș și compatibilitatea cu produsele de protecție solară și de îngrijire a pielii.

d) *sKan – Dispozitiv portabil pentru diagnosticarea cancerului de piele [21]*

Diagnosticarea cancerului de piele va putea fi realizată în curând cu dispozitivul portabil **sKan**. Aparatul a fost inventat de patru tineri ingineri de la Universitatea McMaster din Ontario, Canada. **Aparatul este mic, portabil, putând fi manevrat foarte ușor cu o singură mână.** În plus, este realizat din materiale ieftine și ușor de procurat, astfel încât dispozitivul va fi accesibil ca preț atunci când va fi lansat pe piață. Dispozitivul are **senzori de temperatură**, care analizează temperatura de la nivelul pielii și astfel pot detecta din timp apariția melanomului. Pielea afectată de melanom se va încălzi mult mai rapid decât restul tegumentului, când este expusă la o sursă rece. Exact acesta este principiul prin care funcționează sKan.

SKan are termostate pentru a monitoriza emisiile de căldură ale celulelor canceroase în timp real. Harta de căldură pe care o creează arată că celulele se recuperează mai repede de la șocul termic, indicând prezența melanomului.

Recently, an ultra-thin, expandable and breathable *wearable UV sensor* has been developed to accurately quantify UV exposure and quantify solar protection. The UV sensor is designed to match the surface of the skin and to provide a soft expandable interface. This sensor contains dyes that change color when exposed to UV radiation. This color change is then quantified using a smartphone and quantisation algorithm.

The functionality of the device has been demonstrated in various real-life activities, including swimming in the ocean, beach activities, showers and compatibility with sunscreen and skin care products.

d) *sKan - Wearable device for diagnosing skin cancer [21]*

Diagnosis of skin cancer will soon be possible with the sKan portable device. The device was invented by four young engineers at McMaster University in Ontario, Canada.

The device is small, portable, and can be handled very easily with one hand. In addition, it is made of cheap and easy-to-buy materials, so the device will be affordable as it comes out on the market. The device has temperature sensors that analyze skin temperature and thus can detect early melanoma. Skin affected by melanoma will heat up much faster than the rest of the skin when exposed to a cold source. This is exactly the principle that sKan works.

SKan has thermistors to monitor the heat emissions of cancer cells in real time. The heat map it creates shows that cells recover faster from heat shock, indicating the presence of melanoma.

e) *Sunee cap - the prototype of a smart cap [22]*

The Sunee cap prototype is one of the winning projects of the InnovationLabs 2017 edition, made by a group of Romanian students. The inventors have chosen to choose this outfit because its use is natural, people anyway use a cap to protect themselves from the sun.

The cap includes 3 sensors (one for ultraviolet rays, one for temperature and an accelerometer). The UV sensor is sensitive to UVA and UVB

e) *Șapca Sunee – prototipul unei șepci inteligente* [22]

Prototipul șepcii Sunee este unul dintre proiectele câștigătoare ale ediției InnovationLabs 2017, realizat de un grup de studenți români. Inventatorii au ales acest obiect vestimentar pentru că utilizarea lui este naturală, oamenii folosind oricum o șapcă pentru a se proteja de soare.

Șapca are incluși 3 senzori (unul pentru razele ultraviolete, unul pentru temperatură și un accelerometru). Sensorul UV este sensibil la radiațiile UVA și UVB, iar poziția normală a șepcii pe cap permite ca acest senzor să fie expus maxim la soare, măsurând astfel mai eficient nivelul de expunere la radiații, față de alte dispozitive, cum sunt brățările sau ceasurile, spre exemplu. Accelerometrul este util deoarece arată dacă șapca este purtată de un copil, dacă este în mișcare sau a fost pur și simplu uitată în soare.

Șapca Sunee este conectată la o aplicație mobilă, care momentan este compatibilă numai cu sistemul Android de la 4.4 în sus (sau Kitkat). Interfața aplicației este gândită să fie cât mai prietenoasă și ușor de folosit atât de către părinți, cât și de către copii. Ea conține o pagină cu **statistici pe ultimele zile sau săptămâni privind expunerea la soare**, dar și o pagină educativă. Aici, utilizatorii vor găsi informații despre riscul pe care îl presupun radiațiile solare, metodele eficiente de protecție și complicațiile pe care le pot provoca arsurile de piele, cum este cancerul de piele.

f) *Terapia transdermică* [23]

Tehnologia transdermică este o metodă de transportare a substanțelor active medicale prin epiderm permițând livrarea rapidă și nedure-roasă de agenți activi către organul sau țesutul afectat, fără a cauza efecte secundare și fără a supraîncărca alte organe: rinichi, stomac, ficat sau tractul gastro-intestinal.

În cadrul acestei terapii sunt utilizați așa-numiții **fitoplasturi**. În compoziția fitoplasturilor se găsesc substanțe active – un complex de plante medicinale și ingrediente naturale care pătrund în organism într-un mod natural și sigur – prin piele. De asemenea, există dispozitive medicale transdermice care permit eliberarea continuă și controlată de substanțe active medicamentoase care se absorb la nivel cutanat, având efecte sistemice.

radiation, and the natural head cap position allows the sensor to be exposed to the sun in the most effective way to measure radiation exposure to other devices such as bracelets or clocks for example. The accelerometer is useful because it shows whether the cap is carried by the child, whether it is moving or was simply forgotten in the sun.

The Sunee cap is connected to an app, which is currently only compatible with Android 4.4 and higher (or Kitkat). The interface of the application is designed to be as user-friendly and easy to use by both parents and children. It contains a page with statistics on the last days or weeks on sun exposure, but also an educational page. Here, users will find information on the risk of solar radiation, effective protection methods and complications that skin burns can cause, such as skin cancer.

f) *Transdermal therapy* [23]

Transdermal therapy is a method of transporting active medical substances through the dermis, allowing fast and painless delivery of active agents to the affected organ or tissue without causing side effects and without overloading other organs: kidney, stomach, liver, and gastrointestinal tract intestinal.

The phyto-patch is used in this therapy. Body phyto-patch are designed for recovery and preservation of health. First of all, in the composition of phyto-patch we find active substances – complex of valuable herbs and natural ingredients. Secondly, active drug substances penetrate the body in a natural and safe way - through the skin.

g) *Modernist masks for wrinkle removal*

MAPO Opera - Wired Beam Mask is the world's first smart beauty mask. Wired Beauty has worked with the prestigious French-Japanese design studio A + A Cooren to refine the minimalist prototype. This 3D mask is made of soft silicone and is provided with bio-moisture sensors that measure skin moisture levels in real time. Information is passed to an application that looks for the health of the wearer's skin and provides recommendations for skin care. [24]

g) *Măști pentru înlăturarea ridurilor*

MAPO Opera - masca cu fascicul cu fir este prima mască *inteligentă* de frumusețe din lume. Wired Beauty a lucrat cu prestigiosul studio de design franco-japonez A + A Cooren pentru a perfecționa prototipul minimalist. Această mască în 3D este confecționată din silicon moale și este prevăzută cu bio-senzori de umiditate care măsoară, în timp real, nivelurile de hidratare a pielii. Informațiile sunt transmise unei aplicații care urmărește sănătatea tenului purtătorului și oferă recomandări pentru îngrijirea pielii [24].

iDerma, promovată de Apira Science, este cel mai avansat dispozitiv de terapie locală disponibil care poate fi purtat acoperind complet fața. iDerma a fost dezvoltat pentru a îmbunătăți starea generală a pielii, pentru a face pielea să arate mai suplă și mai radiantă și pentru a diminua aspectul liniilor fine, ridurilor și încrețiturilor faciale. Are bio-senzori de umiditate care măsoară nivelurile hidratării pielii în timp real. Informațiile colectate sunt trimise către o aplicație care analizează și oferă recomandări pentru îngrijirea pielii. Masca se poate încălzi, de asemenea, pentru a permite o mai bună distribuire a substanțelor hidratante și a serurilor anti-îmbătrânire în epidermă. [24]

Concluzii

Chiar dacă unele afecțiuni ale pielii nu au efecte sau consecințe grave asupra sănătății, altele pot deveni amenințătoare pentru viață dacă nu sunt diagnosticate timpuriu, tratate și monitorizate adecvat.

Sunt necesare dispozitive de monitorizare medicală durabile, extrem de sensibile, pentru monitorizarea bio-semnalelor umane într-un mod neinvaziv și compatibil cu pielea. Senzorii flexibili portabili, bazați pe nano / micro-materiale cu capacități unice de detectare, sunt utilizați pentru detectarea parametrilor fizici și electrofiziologici vitali ai pacienților.

În mod practic, un dispozitiv medical inteligent portabil colectează într-un mod non-invaziv date de la pacient, le transmite fără fir într-un mediu de stocare unde sunt analizate și procesate, devenind astfel accesibile pentru evaluare și utilizare științifică.

iDerma promoted by Apira Science, is the most advanced available phototherapy device that can be worn covering the face completely. iDerma has been developed to improve the overall skin condition to make the skin look lighter and more radiant and to diminish the appearance of fine lines, facial wrinkles and wrinkles. It has moisture bio-sensors that measure skin hydration levels in real time. The collected information is sent to an app that analysis and provides skincare recommendations. The mask can also heat up to allow better delivery of moisturisers and anti-ageing serums into the epidermis. [24]

Conclusions

Even some skin disorders have no severe health deteriorations or consequences, others can become life-threatening if they are not early diagnosed and adequately treated and monitored.

Sustainable, highly sensitive, reliable medical monitoring devices are required for monitoring the human bio-signals in a non-invasive manner and skin-conforming. Flexible and wearable sensors based on nano/micro-materials with unique sensing capabilities are used for detection of physical and electrophysiological patients' vital signs.

Basically, a smart wearable medical device collects non-intrusively data from the patient, transmits it wirelessly to a storage environment where it is analysed and processed, becoming accessible for scientific assessment and use.

Continuously monitoring of the skin disorders, of their evolution, of the efficiency of the treatment, the provided support for decision-making regarding a personalized therapeutic protocol, opportunities for a better identifying of improved health technologies and medicines are only some benefits brought by the smart wearable devices.

The use of these emerging technologies in dermatology practice is undoubtedly a next step for acquiring increased outcomes from the point of view of dermatologists, health professionals, patients, and national healthcare systems.

Monitorizarea continuă a afecțiunilor cutanate, evoluția lor, eficiența tratamentului, sprijinul acordat pentru luarea deciziilor privind un protocol terapeutic personalizat, oportunitățile pentru o mai bună identificare a tehnologiilor de sănătate îmbunătățite și a medicamentelor sunt doar câteva beneficii aduse de dispozitivele inteligente portabile.

Utilizarea acestor tehnologii emergente în practica dermatologică este, fără îndoială, un pas pentru a obține rezultate sporite din punctul de vedere al dermatologilor, profesioniștilor din domeniul sănătății, pacienților și sistemelor naționale de sănătate.

Acknowledgment

Proiectul „Platformă inovativă pentru monitorizarea și asistarea personalizată în e-Sănătate (MONISAN)” este finanțat în cadrul Programului Nucleu al Ministerului Cercetării și (MCI). (martie – decembrie 2018).

Acknowledgment

“Innovative platform for personalized monitoring and assisting in e-Health (MONISAN)” project is funded by the Romanian Core Program of the Ministry of Research and Innovation (MCI). (March – December 2018).

Bibliografie/Bibliography

1. Vos T., Flaxman A.D., Naghavi M. et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380:2163–96.
2. LeHong H, Velosa A. Hype cycle for the Internet of Things, Stamford (CT): Gartner Inc.; 2014.
3. Alford, K. & Johnston, R. Report of the Industry Uptake of Enabling Technologies Foresight Workshop: Enabling Assistive Technologies for Aged Care, 3-16, 2011.
4. W. Zeng, L. Shu, Q. Li, S. Chen, F. Wang, X. M. Tao, Adv. Mater. 2014, 26, 5310., A. K. Yetisen, H. Qu, A. Manbachi, H. Butt, M. R. Dokmeci, J. P. Hinstroza, M. Skorobogatiy, A. Khademhosseini, S. H. Yun. *ACS Nano* 10, 3042, 2016.
5. Ali K. Yetisen, Juan Leonardo Martinez-Hurtado, Barýns Ünal, Ali Khademhosseini, Haider Butt. *Wearables in Medicine. Advanced Materials*, 2018, 1706910.
6. Gao W, Emaminejad S, Nyein HY, Challa S, Chen K, Peck A, et al. Fully integrated wearable sensor arrays for multiplexed in situ perspiration analysis. *Nature* 2016; 529(7587):509-14.
7. S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, M. Rodgers, J. Neuroeng. Rehabil. 2012, 9, 21.
8. Haghi, Mostafa; Thurow, Kerstin; Stoll, Regina. Wearable devices in medical internet of things: scientific research and commercially available devices. *Healthcare informatics research*, 2017, 23.1: 4-15.
9. Alexandru Adriana, Coardos Dora, Using Big Data and IoT Technologies in Health, RRIA, No. 1, pp. 61-84, 2018.
10. Aghi, Mostafa; Thurow, Kerstin; Stoll, Regina. Wearable devices in medical internet of things: scientific research and commercially available devices. *Healthcare informatics research*, 2017, 23.1: 4-15.
11. Ianculescu Marilena, Bica Ovidiu, “Leveraging the IoT towards reshaping the elderly healthcare and ageing well”, Conference Proceedings of the 16th International Conference on INFORMATICS in ECONOMY (IE 2017), pg. 212-217, ISSN 2284-7472, ISSN-L 2247 – 1480, WOS: 000418463600035, 2017
12. Lab-on-skin: Nanotechnology electronics for wearable health monitoring, Sep 26, 2017, <https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=48153.php>.
13. European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. Smart Wearables: Reflection and Orientation Paper, 5, 2016.
14. Forecast for Wearable Devices Worldwide 2016–2018, <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>, 2018.

15. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021. <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>, 2017.
16. Ericsson ConsumerLab: Wearable Technology and the Internet of Things, <https://www.ericsson.com/thinkingahead/consumerlab/consumer-insights/wearable-technology-and-the-internet-of-things>, 2016.
17. Mostafalu P, Tamayol A, et al. *Smart Bandage for Monitoring and Treatment of Chronic Wounds*, in Small 2018, available at. <http://digitalcommons.unl.edu/mechengfacpub-/284>, 2018
18. <https://ehealthromania.com/wp-content/uploads/2018/07/grafica.png>, 2018.
19. Nanotechnology wonders: Organ healing with a single touch, <https://www.news-medical.net/news/20170807/Nanotechnology-wonders-Organ-healing-with-a-single-touch!.aspx>, 2017.
20. Shi Y et al., Soft, stretchable, epidermal sensor with integrated electronics and photochemistry for measuring personal UV exposures. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC-5749742/>, 2018.
21. Canadian skin cancer detector concept wins global design prize, <https://www.cbc.ca/news/technology/james-dyson-skan-1.4392993>, 2017.
22. Șapca inteligentă Sunee, <https://ehealthromania.com/tag/sapca-inteligenta-sunee/>, 2017.
23. Findling R L, Dinh S, Transdermal Therapy for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder with the Methylphenidate Patch (MTS), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3933749/>.
24. Coughlin D, Anti-ageing wearables: The future skincare devices to keep you looking young, available at.: <https://www.wearable.com/health-and-wellbeing/wearables-anti-ageing-youth-beauty>.

Conflict de interese
NEDECLARATE

Conflict of interest
NONE DECLARED

Adresa de corespondență:

Marilena Ianculescu
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică (ICI), București, România
e-mail: marilena.ianculescu@ici.ro

Correspondance address:

Marilena Ianculescu
National Institute for R&D in Informatics (ICI), Bucharest, Romania
e-mail: marilena.ianculescu@ici.ro