

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26



LABURPENA

Espainia mailan 5.3 milioi pertsonak diabetesa jasaten dute, eritasun honen ondorioz gorputzak ezin ditu odol glukosa mailak modu egokian kudeatu. Hainbat diabetes mota dauden arren tratamenduan aurrerapen gehienak 1. motako diabetesarentzat garatzen dira. Tratamendu hauek gorputzak sortu ezin duen insulina ordezkatzearen inguruan sortzen dira. Insulina dosi hauekin laguntzeko hainbat gailu eta aplikazio garatu dira urteetan zehar. Hauetatik erabilera zabaldiena dutenak glukometro jarraiak dira, hauek egun osoan zehar neurketak egiten dituzte eta erabiltzailearentzat eskuragarri jartzen dituzte. Gradu amaierako lan honetan glukometro hauen neurketak erabiliz egun batetik besterako insulina dosi gomendatuak kalkulatu dituen algoritmo bat garatuko da lan honetan. Ondoren algoritmo hau mugikorreko aplikazio baten bidez inplementatu egin da.

Hitz Gakoak: Diabetesa, Glukometro jarraia, Mugikorrerako Aplikazioa

RESUMEN

En España 5,3 millones de personas sufren diabetes, a causa de esta enfermedad el cuerpo no puede gestionar los niveles de glucosa de forma correcta. Aunque haya varios tipos de diabetes la mayoría de los avances en el tratamiento se desarrollan para la diabetes de tipo 1. Estos tratamientos se centran en sustituir la insulina que no puede producir el cuerpo. A lo largo de los años se han desarrollado varios dispositivos y aplicaciones para ayudar con estas dosis de insulina. Los más usados son los glucómetros continuos, estos realizan mediciones a lo largo del día y las ponen a disposición del usuario. En este trabajo de fin de grado, se usan las mediciones de estos glucómetros para calcular las dosis de insulina recomendadas de un día para el siguiente mediante un algoritmo específico. A continuación, se implementará este algoritmo a través de una aplicación para móvil.

Palabras Clave: Diabetes, Glucómetro continuo, Aplicación móvil

ABSTRACT

5,3 million people suffer from diabetes in Spain, this disease causes the body not to be able to manage glucose levels correctly. Even if there are several types of diabetes most of the advancements in treatment are made for type 1 diabetes. These treatments are focused in substituting the insulin that the body cannot produce. Many devices and applications have been developed throughout many years to aid with this insulin doses. Continuous glucose meters are the most widely used ones, these devices make measurements all day long and they make them accessible for the user. This project will develop an algorithm to calculate insulin doses from one day to the next using said measurements. This algorithm will be implemented in a mobile phone application.

Key Words: Diabetes, Continuous glucose meter, Smartphone Application

Aurkibidea

Irudien Aurkibidea	iii
Taulen Aurkibidea	v
<u>1. DOKUMENTUA: MEMORIA</u>	
1. Sarrera	1
2. Testuingurua	5
2.1. Sarrera	5
2.2. Diabetes motak	7
2.2.1. 1 motako diabetesa	7
2.2.2. 2 motako diabetesa	8
2.2.3. Haurdunaldiko diabetesa	9
2.3. Pankrearen funtzionamendua	10
2.4. Aurrekariak Teknologikoak	11
3. Lanaren Helburuak eta irismena	19
4. Lanak dakartzan onurak	21
5. Aukeren analisisa	23
5.1. Sarrera	23
5.2. Sentsoreak	25
5.3. Intsulina ponpa eta Pankrea artifiziala	34
5.4. Beste algoritmoak edo aplikazioak	35
6. Arriskuen analisisa	37
7. Irtenbideen aukeraketa	41
7.1. Sarrera	41
7.2. Kasu azterketa	42
7.3. Aukeratutako sentsorea	42
7.4. Algoritmoaren garapena	43
7.5. Aplikazioaren garapena	46
<u>2. DOKUMENTUA: METODOLOGIA</u>	
8. Metodologia	57

8.1. Eginbeharren deskribapena.....	57
8.2. Gantt Diagrama	59
 <u>3. DOKUMENTUA: ALDERDI EKONOMIKOAK</u>	
9. Aurrekontua.....	65
 <u>4. DOKUMENTUA: ONDORIOAK</u>	
10. Ondorioak.....	69
 <u>5. DOKUMENTUA: BIBLIOGRAFIA</u>	
11. Bibliografia	73

Irudien Aurkibidea

Irudia 1 Diabetes-aren hedapena munduan (biztanleria milioietan) [5].....	1
Irudia 2 Diabetes-aren funtzionamendua. [8]	2
Irudia 3 Diabetes-aren eragina emakumezkoetan eta gizonezkoetan. [5]	5
Irudia 4 Diabetes moten tasa. [11, 12].....	6
Irudia 5 Diabetesaren prebalentzia adinaren arabera [5]	6
Irudia 6 Diabetes mota 1 [14].....	8
Irudia 7 Diabetes mota 2 [14].....	9
Irudia 8 Pankrearen kokapena giza gorputzean [22]	11
Irudia 9 Diabetes-aren ikerketaren historia [25]	13
Irudia 10 Glukometroen garapena [27]	15
Irudia 11 D-Pocket neurgailua [40].....	26
Irudia 12 Vis-NIR(Visible Near Infrared) neurgailua [42].....	26
Irudia 13 SugarBEAT neurgailua [43]	27
Irudia 14 Glucotrack neurgailua [45].....	28
Irudia 15 Neoespectra micro neurgailua [47].....	28
Irudia 16 FreeStyle Libre hasiera kita [49]	29
Irudia 17 Combo Non-Invasive Glucometer neurgailua [45]	30
Irudia 18 Glucowise neurgailua [52]	30
Irudia 19 Symphony neurgailua [53].....	31
Irudia 20 K'Watch neurgailua [55].....	32
Irudia 21 Tandem t:slim X2 intsulina ponpa [56]	34
Irudia 22 Medtronic MiniMed 512, orefo-rekin bateragarria den ponpetako bat [57] ...	35
Irudia 23 Hainbat neurgailuren datuak hodeira nola bidali.....	36
Irudia 24 CEG grafikoa.....	38
Irudia 25 Aplikazioaren funtzionamenduaren eskema	41
Irudia 26 egun osoko neurketen grafikoa 1	43
Irudia 27 egun osoko neurketen grafikoa 2.....	43
Irudia 28 Algoritmoaren fluxu diagrama	45
Irudia 29 Dosien eta jatorduen hasieraketa	47
Irudia 30 Dosien kalkulua	48
Irudia 31 Glukosa mailen limiteen ezarpena.....	48
Irudia 32 Aldagaien hasieraketa	49
Irudia 33 Dosi eta ordutegiak hasieratzea	50
Irudia 34 Glukosa mailen limiteen ezarpena.....	50
Irudia 35 Dosien kalkulua 1	52
Irudia 36 Dosien kalkulua 2.....	53
Irudia 37 Gantt diagrama	61

Taulen Aurkibidea

Taula 1 Sentsoreen Jarraitasuna eta Inbaditzailetasuna	32
Taula 2 Proiektuaren denbora taula	60
Taula 3 Proiektuaren aurrekontua	65
Taula 4 Sistemaren aurrekontua	65

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

1. DOKUMENTUA- MEMORIA

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

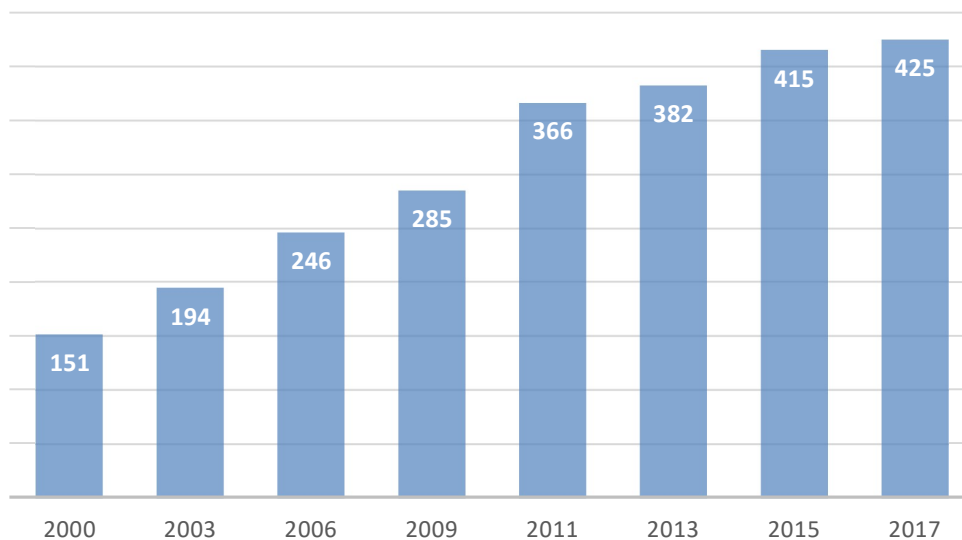
Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26

1. Sarrera

Diabetes-a gaur egungo gizartean dagoen osasun arazorik nagusien artean dago, azken urteetan bere prebalentziaren igoera nabarmena dela eta. OME (Osasunaren Mundu Erakundea)-ren informazioaren arabera, azken urteetan diabetesa duen mundu biztanleria 420 milioitik gora dago, gertuago, Espainian, 5 milioi pertsona baino gehiagok jasaten duen gaitza da eta gora egiten jarraitzen du gaur egun [1, 2, 3]. Euskal Herrian, gaixotasun honek duen prebalentzia %10-etik gora dago, 200.000 pertsona baino gehiagok jasaten dutelarik [4]

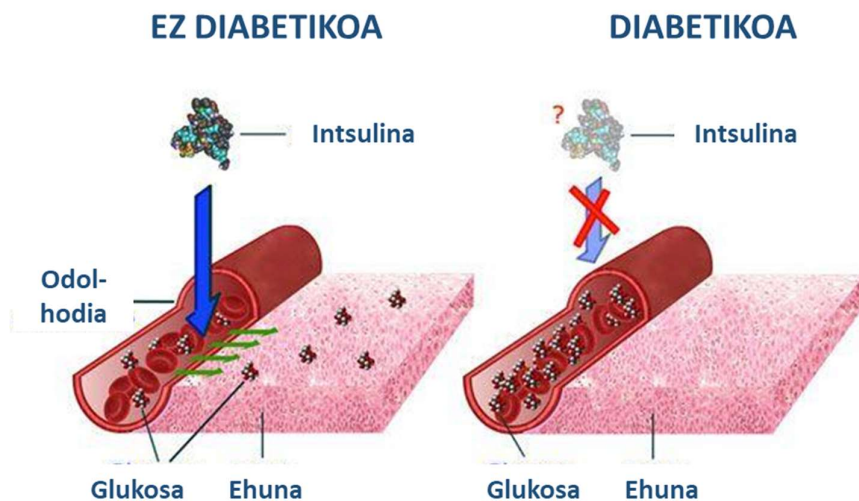


Irudia 1 Diabetes-aren hedapena munduan (biztanleria milioietan) [5]

Diabetesa, edo *diabetes mellitus* deritzona, gaixotasun kronikoa eta sendaezina da. Gaixotasun honek, karbohidratoen, proteinen eta gantzen metabolismoari eragiten dioten alterazio metabolikoak biltzen ditu. Pankreak behar beste insulina produzitu ezin duenean edo gorputzak insulina ondo erabili ezin duenean gertatzen da. Honen ondorioz odoleko glukosa mailak igotzen dira, 2.irudian ikusi ahal den modura. Honek denborarekin bihotzari, odol hodie, begiei, giltzurrunei eta nerbioei kalte garrantzitsua eragin diezaike [6, 7]. Insulina pankreak sortutako hormona bat da, honek zelulei glukosa xurgatzeko gaitasuna ematen die, azken hau energia bezala erabili ahal izateko.

Diabetesari dagokionez, hiru gaitz mota nagusi desberdintzen direla aipatu beharra dago: 1. motakoa, 2. motakoa eta haurdunaldiko diabetesa. 1

motako diabetesaren kausa ez dago guztiz argi baina infekzio biriko, trastorno auto immune edo arrazoi genetikoaren ondorioz agertu daitekeela uste da. Honetan, intsulina sortzen duten zelulen, beta zelula deritzen, suntsipenaren ondorioz, pankreak ez du intsulina nahikoa sortzen glukosa metabolizatu ahal izateko. Ondorioz gorputzaren glukosa mailak gora egiten du glukemia balio altuak eraginez, arazo honi aurre egiteko, gorputzak produzitu ezin duen intsulina ordezkatzeko injekzioak erabili behar ditu gaixoak. 2. motako diabetesa, obesitatearen eta honek dakarren intsulinarekiko erresistentziaren ondorioz agertzen dela uste da eta honek glukosaren metabolismoa eta erabilera aldatzen ditu, glukemia eta intsulina sorrera igoz. 2. motako diabetesa jasaten dutenak diabetesa dutela jakin gabe bizi daitezke, ezjakite horren ondorioz epe luzeko kalteak ager daitezkeelarik. Azkenik, haurdunaldiko diabetesa dago, hau, haurdunaldian agertu daitekeen intsulinarekiko edozein erresistentziari deitzen zaio, honek amarentzat eta haurarentzat arrisku larriak dakartzalarik [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].



Irudia 2 Diabetes-aren funtzionamendua. [8]

Esan bezala, diabetesa mundu osoan zehar hedatuta dagoen gaixotasuna da. Hori dela eta, gaitz honi buruz hitz egiterakoan beste datu garrantzitsu bat hartu behar da kontuan, gaixotasuna arazo global gisa nabarmentzen duena, diabetikoen erdia diagnostikatu gabe dago eta ez dakite gaixotasuna dutela. [5] Gaixotasun honen garrantzia dela eta, bere inguruan etengabe aurrerapenak ematen ari dira, bai diagnostikoan, bai tratamenduari dagokionez. Diagnostiko irizpideen aldaketek, glukemia kontrolatzeko sendagai berriak merkaturatzeak eta arrisku faktoreen kontrolaren eraginkortasunari buruzko ikerketa berriak etengabe argitaratzeak, arriskuan dauden biztanleei zuzendutako prebentzio eta kontrol sistemak garatzea ahalbidetzen dute, erikortasuna eta hilkortasuna

murriztuz.

Diabetesa dirudien gaixotasun baten lehenengo erreferentziak 3000 urte baino gehiago dituzten arren, XIX. mendera arte ez zen aurrerapen nabarmenik egin diabetesaren tratamenduan. Benetako lehen aurrerapen nabarmena 1921-ean izan zen, Fredrick G. Banting eta Charles H. Best-ek tximu baten pankreatik lehenengo aldiz intsulina atera zutenean txakur diabetiko bati injektatzeko, intsulinarene funtzionamendua lehenbiziko aldiz frogatuz. Hortik aurrera diabetesaren tratamendua askoz gehiago aldatu zen, intsulina eta glukagoia ematen zituen lehenengo ponpa 1963-an agertu zelarik. Beste lorpen oso garrantzitsua 1978-an lehenengo aldiz gizakien intsulina sintetizatu zenean atzitu zen. Honi esker, 1986-an lehen intsulina lumak komertzializatzen hasi ziren, eta 1999-an lehen glukosa neurgailu jarraia salgai jarri zen. Hortik aurrera teknologia aldatuz joan da, baina oraindik asko aurreratu behar da diabetesa jasaten duen jendearen bizitza errazteko. Egunen batean diabetesarentzako sendabidea aurkitzea espero da baina hori lortu arte teknologiaz baliatzea oso erabilgarria izan daiteke diabetesaren tratamenduaren karga arintzeko. [9, 10]

Diabetesaren tratamenduan 1. motako diabetesa duten gaixoei intsulina sintetikoa ziztatu behar dute egunero. 2. motako diabetesaren tratamendurako, aldiz, orokorrean bizi ohituren aldaketa eta dieta erabiltzen dira hasieran, behar bezalako emaitzak lortzen ez badira, aho bidezko farmakoekin saiatzeko da, eta intsulina azken aukera bezala erabiltzen da soilik.

Etengabe egiten diren aurrerapenei begira, lan honen garapena 1 motako diabetesa jasaten duen jendeari bideratuta dago, hauek burutu behar dituzten neurketak eta hauen ondorioz injektatu beharreko intsulina dosien kalkuluan laguntzeko xedearekin. Helburu hau betetzeko erabiliko den algoritmoa 1. motako diabetesa jasaten duen norbanako batek erabiltzen duen sistema batean oinarritzen da.

Lan honetan erabiliko den algoritmoaren funtsa, jatordu bakoitzaren ostean edukitako odol glukosa mailetan oinarrituz hurrengo egunerako dosien kalkulua egitean datza. Esan beharra dago, erabiltzen diren beste sistemekin gertatzen den bezala, hemen proposatutako algoritmoak ez duela indibiduo bakoitzaren irizpidea eta dosien kontrola ordezkatuko, norberak ezagutzen baitu norbere burua hoberean, baina eguneroko bizitzarako laguntza eroso bat izan daiteke.

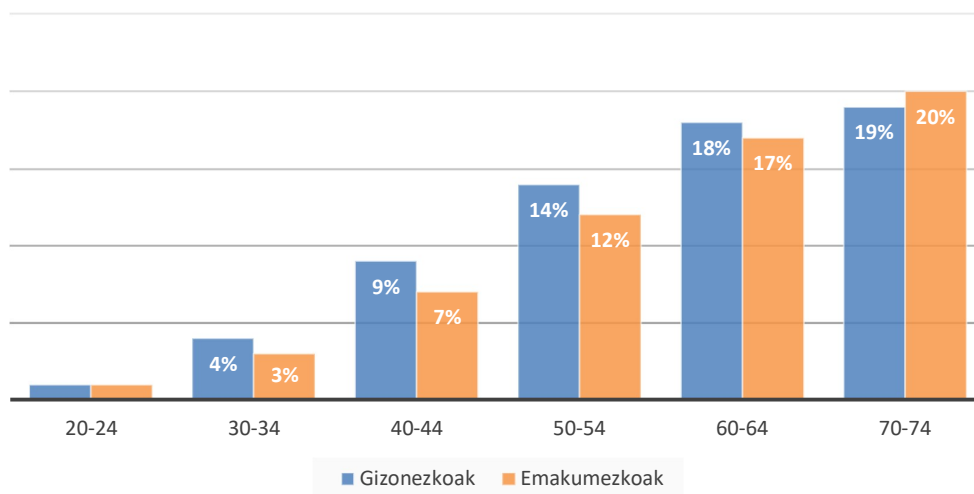
Proposatzen den erremintan, mugikorreko aplikazio baten bidez glukosa mailen eta jatorduen monitorizazio bat egingo da jatordu bakoitzaren aurretik hartu behar den dosia kalkulatzeko. Argi dago monitorizazio hau aurrera eramane ahal izateko, odol glukosa maila modu jarrai batean neurtzen duen

tresnaren bat eduki beharko duela erabiltzaileak. Osakidetzak eskaintzen duen aparailu bakarra Freestyle Libre delakoa denez, hau izan da lan honetan egindako analisirako erabili den eta landu ahal izan den neurketa tresna, baina hemen proposatutakoa beste neurketa tresnetara moldatzea posiblea izango litzateke.

2. Testuingurua

2.1. Sarrera

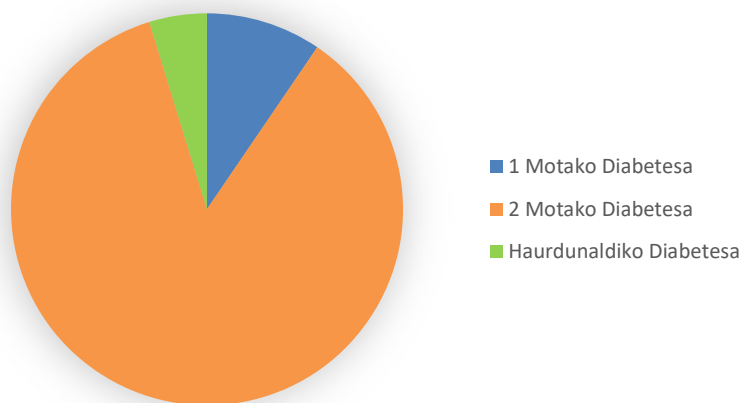
Atal honetan, garatutako Gradu Amaierako Lanaren motibazioa eta irismena hobeto ulertzeko diabetesarekin lotuta dagoen beharrezko testuingurua ematen da. Lehen aipatu bezala, diabetes gaixotasuna mundu osoan hedatuta dagoen gaitza da. Aipatu beharra dago, beste gaixotasunekin gertatzen den ez bezala, bere eragina gizonezko eta emakumezkoetan oso antzekoa dela 3. Irudian ikusi ahal den bezala. Esan bezala, diabetesa ez da modu bakar batean ematen, diabetes mota bat baino gehiago dago (4. Irudia) eta hauen ezaugarriak eta desberdintasunak ezagutzea garrantzitsua da diabetesa jasaten duen jendearen bizitzan izan dezakeen eragina ulertzeko. Horretaz aparte, gaixotasunaren funtzionamenduarekin lotutako oinarrizko medikuntza ezagutza sinpleak edukitzea oso lagungarria izan daiteke honen sorrera eta kalteak hobeto ulertzeko. Azkenik, kontutan izanda diabetesa arazo globala dela, ezinbestekoa da historian zehar gaixotasunarekin borrokatzeko egon diren aurrerapenak ezagutzea gaur egungo egoera ulertu ahal izateko.



Irudia 3 Diabetes-aren eragina emakumezkoetan eta gizonezkoetan. [5]

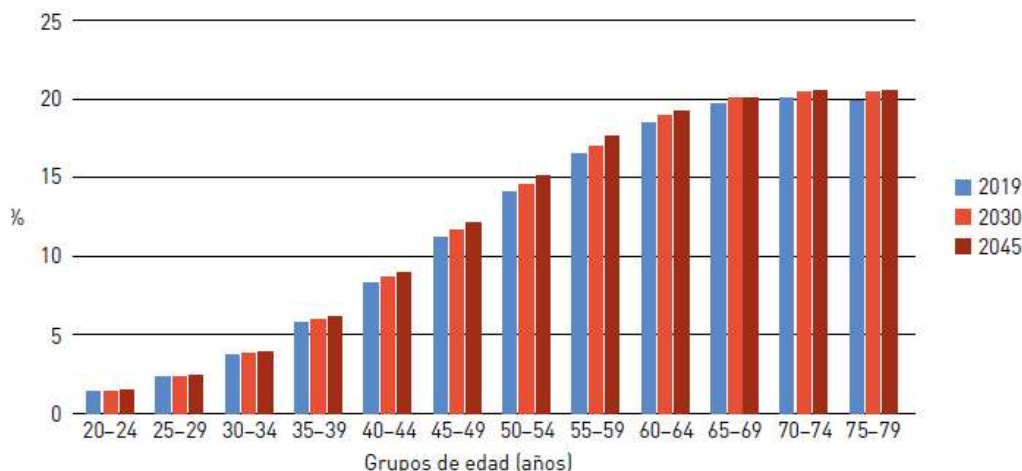
Diabetesa mundu-mailan eragin nabaria duen eritasuna da, Nazioarteko Diabetesaren Federazioaren arabera 2019-an 463 milioi pertsona helduk diabetesa pairatzen zuten eta 700 milioi pertsonak pairatzea espero da 2045-erako. Hauetako %50.1 diagnostikatu gabe egongo da, eta aipatzekoa da, herrialdearen txirotasunaren

arabera ehuneko handiagoa izan daitekeelarik. Hau da, herrialde batek duen aberastasunaren eta diabetesaren diagnosiaren artean erlazio zuzena dagoela aurki daiteke erakundearen ikerlanetan, orokorrean herrialde aberatsagoek arreta mediko hobea eta jarraituagoa eskaintzen baitute. Prebalentziari dagokionez, adinarekin batera gora egiten duela ondoriozta daiteke, 5. irudian ikus daitekeen bezala, etorkizunean joera hau mantentzea esperoz.



Irudia 4 Diabetes moten tasa. [11, 12]

Bestalde, diabetesaren intzidentzia neurtzea oso zaila da, ikerlan askoz zabalagoen beharra baitu datu nahikoa lortzeko, ondorioz intzidentzia datu gehienak herrialde aberatsetan eginiko ikerketetakoak dira, hauek baitira azpiegitura nahikoa izaten dutenak.



Irudia 5 Diabetesaren prebalentzia adinaren arabera [5]

2006 eta 2014 artean egindako ikerketen arabera, populazioen %27-ak intzidentzia egonkorra azaldu zuen, %36-ak joera gorakorra eta gainerakoek joera

beherakorra. Hau aurreko urteetako intzidentzien joerekin konparatuz ikus daiteke joera gorakorrak lehen askoz ohikoagoak zirela, baina hau datuak herrialde aberatsetatik lortu direlako izan daiteke. Hala ere, diabetesaren epidemiaren eragina gutxitzen dagoela adierazi dezakete datu hauek.

Diabetesarekin erlazionatutako gaitzen ondorioz 2019-an 4.2 milioi pertsona heldu(20-79 urte) hil zirela kalkulatzen da, hau da, pertsona helduen heriotzen %11.3-ak diabetesarekin erlazioa eduki zutela. Tratamenduaren kostua eta behar den azpiegitura dela eta herrialde txiroek diabetesarekin erlazionatuta dauden heriotzen ehuneko handiagoa dute herrialde aberatsekin alderatuz. Adibidez, Mozambiken 20-60 urte arteko helduen heriotzen %91.1 diabetesarekin erlazionatuta daude, Japonian aldiz, %15.8koa da soilik.

Diabetesaren inpakturik nabarmenena bere ondorio diren osasun arazoak eta heriotza diren arren, inpaktu ekonomikoa ere nabarmena da herrialde askotan. Are gehiago, kostu hauek gobernuak ordaintzen ez dituzten herrialdeetan, gaixotasun hau jasaten duten banako eta beraien familientzat duen eragin ekonomikoa nabaria dela antzematen da. Gaitz honen ondorioz sortutako gastua urtez urte igotzen ari da, 2007-an 232 mila milioi USD izanik, 2017-an 727 mila milioi USD izanik eta 2019-an 760 mila milioi USD-ra igotzera iritsi arte. Horretaz gain, etorkizunean igotzen jarraitzea espero da 2045 urtean 845 mila milioi USD-ko gastua izatera arte. Gastu hauek handiagoak dira herrialde garatuenetan, gastu ekonomiko handiena duen herrialdea Estatu batuak izanik 294.6 mila milioi USD-rekin. [5]

2.2. Diabetes motak

2.2.1. 1 motako diabetesa

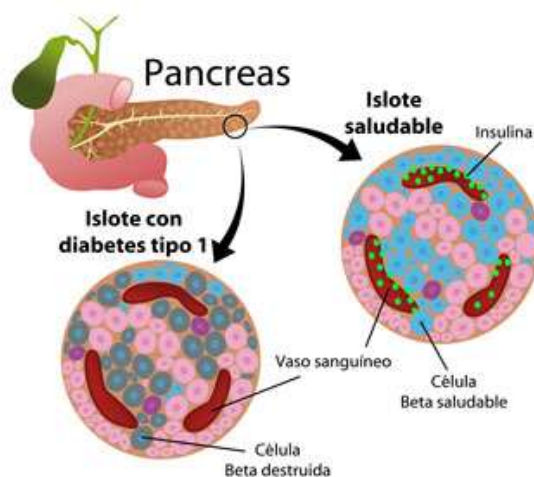
Diabetes mota hau gaixo guztien %5-10-a bakarrik jasaten du. Jende argalean agertu ohia da eta edozein adineko pertsonari gertatu ahal bazaio ere gehiago agertzen da pertsona gazteetan.

Diabetes mota honen kausa intsulina sortzen duen pankrearen atalaren suntsipena da, zehazki Langerhans irlatxoetako beta zelulena. Suntsiketa hau nagusiki prozesu auto immune baten ondorioz agertzen dela uste da. Beta zelulen funtzioa %90 arte jaitsi daiteke eraginak nabarmenak izan baino lehen [11].

Gaixotasun honen sintomak intsulina faltaren ondorioz sortutakoak dira. Intsulina falta horregatik glukosa ezin da zeluletan sartu eta odolean pilatzen da hipergluzemia gauzaturaz. Odolean glukosa maila handitu arren, zelulek ez dute behar duten glukosa kantitatea bereganatzen. Gorputzak, zelulen glukosa gabezia horri

aurre egiteko, energia gantzak eta proteinak degradatuz eta zetosia eraginez lortzen saiatzen da. Zetosia gantzen degradazioaren bidez gorputz zetoizinoak sortzean datza, gorputz zetonikoak gantzetatik energia ateratzeko erabil daitezkeen molekulak dira. Ikuspuntu kliniko batetik ematen diren sintoma horietaz aparte, diabetes hau jasaten duten gaixoeak nabari ahal dituzten sintomen artean, 3 dira nabarmen, pixa maiz egitea, egarri asko eta gose asko sentitzea pisua galtzarekin batera. [13]

1 motako diabetesaren tratamendu bakarra intsulina injekzioak dira.



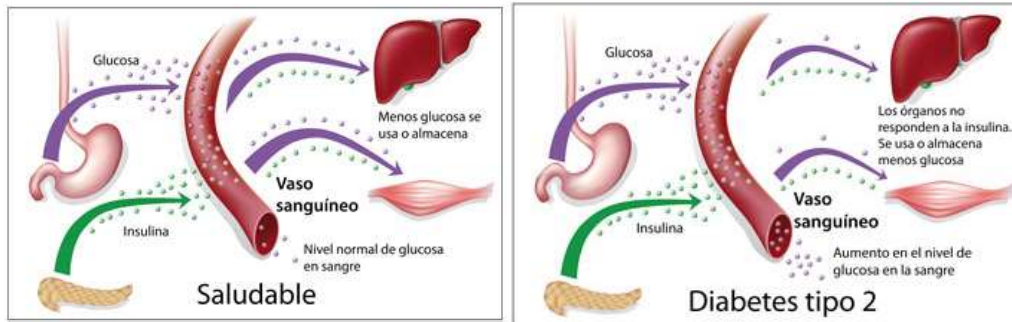
Irudia 6 Diabetes mota 1 [14]

2.2.2. 2 motako diabetesa

Diabetes mota ohikoena da, kasu guztien %90-a 2 motakoak dira. Edozein adineko jendeak jasan ahal badu ere, aipatzekoa da gaixotasun hau pertsona nagusiagoen artean agertu ohi dela eta jasaten duen jendearen gehiengoak gainpisua edukitzen duela. 2 motako diabetesa edukitzeko kasu askotan predisposizio genetikoa garrantzitsua existitzen dela ere esan beharra dago [12].

1 motako diabetesa intsulina produzitzeko gaitasunaren galeraren ondorioz sortzen zen, 2. motako diabetesean aldiz, gaitasun hori mantentzen da eta gaixotasuna intsulinarekiko garatzen den erresistentziaren ondorioz sortuta dator. Intsulinarekiko erresistentzia hori dela eta, gihar eskeletikoko, gantzetako eta zelula hepatikoetako intsulina errezeptoreek ez dute intsulinarekiko erreakzionatzen. Ondorioz, pankreak intsulina gehiago produzitzen du eta honek zetosia saihesten badu ere, ez ditu gluzemia mailak jaisten. Denboran zehar pankreak egiten duen gehiegizko lan horrek, urteekin honen nekea sortzen du eta azkenean pankreak

intsulina produzitzeko gaitasuna galduko du, horrela, gluzemia are gehiago igotzen delarik eta 1 motakoaren antzeko egoera garatzen delarik. Gaur egungo teoriak faktore genetiko, gaixotasun eta adinarekin erlazionatzen dute 2 motako diabetesa baina gainpisua, sedentarismoa eta estresak ere eragina dutela uste dute adituek [7].



Irudia 7 Diabetes mota 2 [14]

Gaitzaren eraginak pixkanaka agertu ohi dira. Ikuspuntu kliniko batetik eman ahal den hipergluzemia denbora luzean jasan daiteke ezer jakin gabe eta ondorioz arnasketa, gernu eta azaleko infekzioak, ikusmenean arazoak eta parestesiak (azalean inurridura edo erretze sentrazioak) eragin ditzake gaixoak nabaritu ahal dituen sintomak agertu baino lehen. Diagnostiko egoki bat egin ahal izateko pertsona batek sumatu ahal dituen sintomen artean, 3 oso nabariak dira: pixa maiz egitea, egarri asko eta gose asko edukitzea pisua galtzarekin batera.

Kasu honetan, gaixotasunaren aurreratzearen arabera tratamendua aldatu egiten da, orokorrean dieta aldatuz eta kirola eginez egoera hobetu egin daiteke, baina batzuetan antidiabetiko oralak ere erabili behar dira eta kasu oso aurreratuetan intsulina injekzioak beharrezkoak izan daitezke. Batetik, gaixoak egiten duen kirola neurritzkoa izan behar da hipogluzemiak saihesteko. Eta bestetik, bere dietak azukre gutxi eta kate luzedun karbohidratoak eduki behar ditu, proteinak eta gantzak diabetikoaren osasun kardiobaskularra kontuan edukita kalkulatur [15, 16].

2.2.3. Haurdunaldiko diabetesa

Diabetes deitzen zaion arren haurdunaldian agertzen den edonolako intsulina erresistentziari egiten dio erreferentzia. Diabetes kasuen %5-a inguru bakarrik errepresentatzen du [17]. Arreta jartzen ez bazaio, arazo honek kalteak eta arriskuak ekarri ditzake bai amarentzat bai umekiarentzat. Orokorrean, haurdunaldiaren ostean desagertu egiten da baina kasu batzuetan mantendu egin daiteke 2 motako diabetesa bezala. Gainera nahiz eta hasiera batean

sendatu, haurdunaldiko diabetesa izan duten emakumeek etorkizunean 2 motako diabetesa izateko arrisku handiagoa dute.

Diabetes mota honen agertzea haurdunaldiko aldaketa fisiologikoen ondorioa da, hormona plazentarioren kontzentrazio altua eta ehun adiposoaren peptido produkzioaren igoera direla eta. Honek, irlatxo pankreatikoak hondatu ditzake eta haurdunaldia bezalako egoera metaboliko bati aurre egitea eragotzi [18].

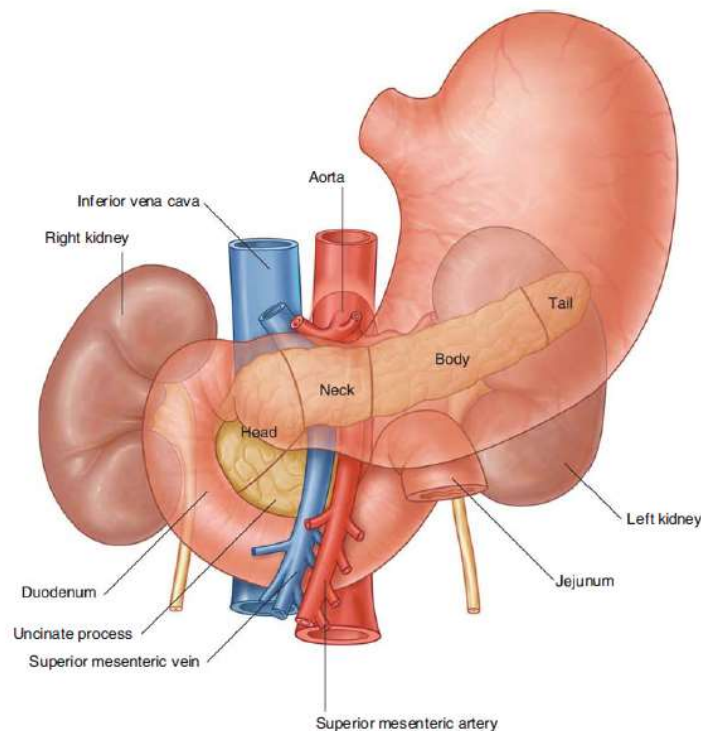
Sintomatologiaren ikuspuntutik, fetuan agertu daitezkeen arazoan artean jaiotzako pisu handia, arazo metabolikoak, makrosomia, ikterizia, malformazioak eta arnasteko zailtasunak aurkitzen dira, kasu oso larrietan heriotza ere gauzatu dezake. Haurdunaldiko arazo batzuk umea nagusia denean ere ager daitezke [19, 20].

Orokorrean, diabetes mota honi aurre egiteko tratamenduak dietaren kontrola du oinarri, kirola egin, glukosa mailak kontrolatu eta gernuko zetonen probak egin. Hori nahikoa izango ez balitz gaitza kontrolatzeko, intsulina injektatzea beharrezkoa litzakete. Aipatu beharra dago, haurdunaldian, 2 motako diabetikoek erabiltzen dituzten antidiabetikoak ezin izango lireratekeela erabili. Farmako hauek ehun plazentarioa gurutzatzen dutenean erikortasun eta hilkortasun altuak eragin ahal dituztelako fetuetan [21].

2.3. Pankrearen funtzionamendua

Lehen esan bezala, diabetesa pankrearen funtzionamenduarekin estu lotuta dagoen gaixotasuna da. Gizakietan, pankrea abdomenean aurkitzen da, urdailaren atzean kokatzen da eta duodenotik barerarte luzatzen den organoa da.

Pankrea bi ehunez osatuta dago. Batetik azinoak aurkitzen dira, duodenoko urin digestiboak jariatzen dituztenak. Eta bestetik, Langerhans isloreak deritzenak aurkitzen dira, hauek, intsulina eta glukagoia odolera jariatzen dutenak dira. Isloreek hiru zelula mota fundamental dituzte, alfa, beta eta delta zelulak deritzenak. Ugarienak beta zelulak dira eta intsulina zein amilina jariatzen dute, bestalde alfa zelulek glukagoia jariatzen dute eta delta zelulek, aldiz, somatosina. Hauen arteko erlazioari esker jariatzen diren hormonen kontrola egiten da, adibidez, intsulina eta glukagoia aldi berean ez jariatzeko. [13]



Irudia 8 Pankrearen kokapena giza gorputzean [22]

Diabetesa gizakien odoleko glukosa mailekin lotuta dagoen gaitza da, hauek intsulina hormonaren bidez moldatu ahal direlarik. Zehazki, intsulina elikagaiak energian bihurtzen laguntzen duen hormona da eta pankrea da honen produkzioa kudeatzen duena [23]. Digestioa egitean elikagaiak deskonposatu egiten dira glukosa sortzeko, glukosa hau odolera jariatzen da eta hemendik intsulinaren laguntzarekin zeluletara sartu daiteke. Diabetesa jasaten duen jendearen gorputzak ez duenez nahikoa intsulina produzitzen edo ez duenez intsulina hau ondo erabiltzen glukosa ezin da behar bezala zeluletara sartu eta odol jarioan mantentzen da odol kontzentrazioa igoz eta hipergluzemia eraginez.

Gorputzak erabiltzen ez duen glukosa, intsulinaren bidez, glukogeno bezala gordetzen da gibelean, giharretan eta gantzetan. Bertan mantentzen da gorputzak glukosa horren beharra duenerako. Diabetesa jasaten duen jendearen kasuan zeluletara ez da glukosarik sartzen, hortaz, gorputzak glukosa falta dela uste du eta glukogenoa glukosan bihurtzen du odolera jariatuz eta gluzemia are gehiago igoz.

2.4. Aurrekariak Teknologikoak

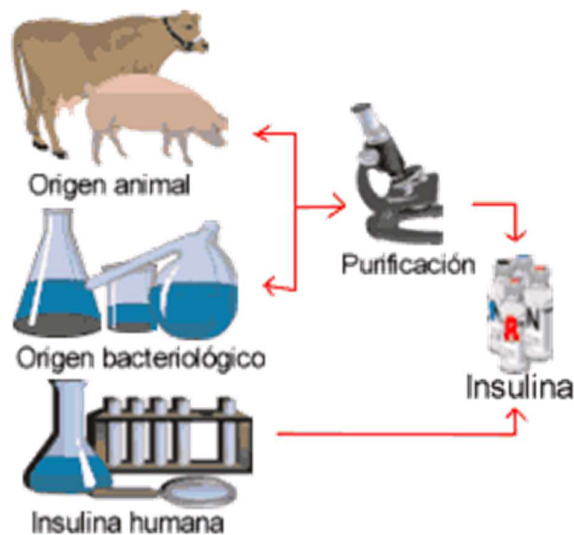
Diabetesa arazo globala da, eta berari aurre egiteko metodoak eta tratamenduak aldatuz joan dira denboran zehar. Hala ere, aipatzekoa da,

aspalditik ezagutzen den gaixotasuna bada ere, azken mendeetara arte medikuntza arloan egon ziren aurrerapenek ez zutela modu nabarmenean lagundu gaitz hau jasaten duen jendearen bizimodua hobetzeko tratamenduak diseinatzen.

Diabetesaren berri ematen duen lehenengo dokumentua Kristo aurretik 1553. urtekoa da, antzinako Egiptokoa hain zuzen ere. Ondoren, hamar mende inguru geroago, ekialdeko kulturetan, Europakoak baino askoz aurreratuagoak zeudenak, ere aurkitzen dira diabetesaren sintomatologia duen gaitzari buruzko erreferentziak. Indian adibidez, “aberatsen gaixotasuna” deitzen zen gaixotasun bitxi bat deskribatzen da, pertsona aberats eta gizenen tipikoa, gozo eta arroz asko jaten duena eta ezaugarri berezi bezala gernu itsaskorra duena, eztiaren zaporekoa eta inurriak biziki erakartzen dituena. Erromatar Inperioaren garaian, Celso sendagilearen eskutik berriro gaixotasunaren deskribapen zehatza aurkitzen da, hau izan zen, hain zuzen ere ariketa fisikoa egitea aholkatu zuen lehena.

Erdi Aroan, Europan gainbehera eta utzikeria intelektual eta zientifikoa zirela eta, aurrerapen txiki bakarrak mundu arabiarrean egin ziren. XVI eta XVII. mendeetan Europan, Suitza edo Ingalaterra bezalako herrialdeetan, ahaleginak berriro bideratu ziren ikerketa zientifikoetara eta medikuntza bezalako hainbat arlotara eta, bereziki, diabetesa bezalako gaixotasun kronikoen azterketara. XIX. mendearen bigarren erdialdean diabetesarekin lotutako bestelako aurkikuntzak egin ziren, hala nola gaitz honek gauzatu ahal zuen koma edota ikusmenarekin erlazionatutako arazoak. Mende amaieran egiten hasi ziren animalien disezioak eta bestelako ikerketak aurrerapen handiak ahalbidetu zituzten medikuntza arloan, eta diabetesaren funtzionamenduaren ezagutzan. Garai hartan, Jean de Meyer-ek, zenbait urte lehenago aurkitu ziren “Langerhans isloteak” sortzen zuten sustantziari “intsulina” izena ezarri zion eta honek eragin hipogluzemikoa izan behar zuela suposatzen [24, 9].

Diabetesaren arazoa teorikoki konpontzetik gertu zegoen arren, egia esan, 1920ko hamarkadara arte diabetikoen bizirauteko aukera gutxi zuten erabiltzen ziren tratamenduen eraginkortasuna antzinatek ezarritakoen oso antzekoak zirelako. 1921. urtean, Sir Frederick Grant Banting eta beste zientzialari eta fisiologo batzuek elkarlanean burututako esperimendu batzuei esker intsulina propioki esanda aurkitu zuten. Laster, hauek animalietan egindako esperimenduak intsulinak duen glukosa mailak murrizteko gaitasuna erakutsi zuten [24]. Urteetan zehar intsulinarengatik inguruko ikerketak aurrera zuten, zaila baitzen honen egitura zehatza eta fabrikazioa lortzea. XX. mendearen azken hamarkadetara arte ez zen intsulinarengatik sintetizazio prozesuan aurrerapenik egin. Giza intsulina, hain zuzen ere, gene klonazioaren lehen produktu komertziala izan zen.



Irudia 9 Diabetes-aren ikerketaren historia [25]

Intsulinen inguruko ikerketaz gain, gaixoek euren glukosa mailen neurketaren inguruan egindako aurrerapenak ere garrantzi handikoak dira. Izan ere, diabetesaren kontrolaren bilakaera teknologikoari dagokionez, 1985ean agertu ziren merkatuko lehen intsulina-boligrafoak. 1980. urtetik aurrera, gizakiaren intsulina birkonbinatzailearen fabrikazioak eragin handia izan zuen diabetesaren tratamenduan. Richard K. Bernsteinek lehenengo glukometro eramangarria (ARM, Ames Reflectance Meter) garatu zuen [9]. Hori baino lehen, diagnostikatutako diabetikoek gaixotasunaren bilakaera eta balio glukemiakoen berri jakiteko erizainarekin zituzten lehen mailako arretan egindako kontsultetan egin behar zituzten neurketak.

Neurgailu hauen garapenak aurrera egiten jarraitu zuen urteetan zehar 10. Irudian ikus daitezkeen bezala. Horrela, hirurogeita hamarrek hamarkadan, gaur egungo glukometroen antzekoa zen gailu txikiago eta merkeagoa sortu zen, Eyestone. Glukometroek urteek aurrera egin ahala eboluzionatzen jarraitu dute, haien prezioa jaitsiz eta neurketan zehaztasun handituz. Glukosa kontrolatzeko teknologia berriak ere agertuz joan dira, Free Style Libre adibidez, glukemia kontrolatzeko sistema bat, glukosa mailak fluido interstizialean neurtzen dituen [26, 27].

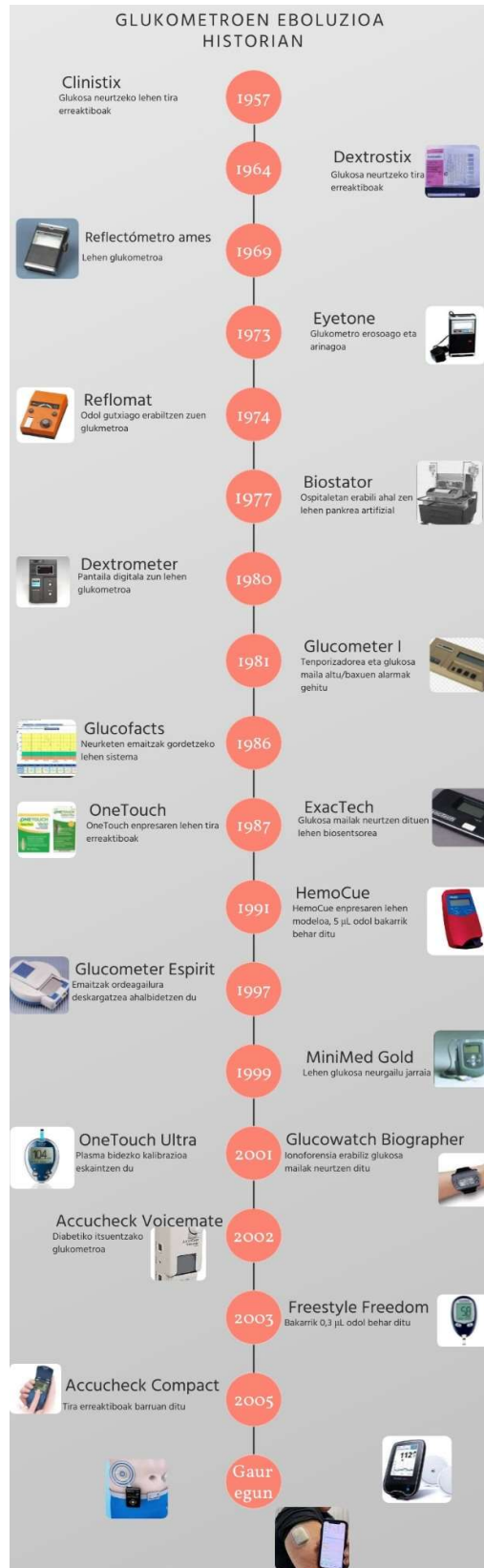
Glukosaren neurketarako hainbat teknologia ezberdin erabil daitezke. Oraingoz erabiliena eta zehatzena atzamarreko odola erabiltzen duen glukometroa den arren beste teknologia batzuk erosoagoak dira eta gero eta gehiago erabiltzen dira. Gaur egun, ohiko glukometrotik aparte, neurketa metodo erabiliena fluido interstizialeko neurketan oinarritutakoa da, baina honek azal azpian egiten ditu neurketak eta hau deserosoa izan daitekeenez

ultrasoinuak edota infragorri gertuko argia erabiltzen duten metodoak ikertzen ari dira.

Esan bezala, diabetesaren tratamendua ez da sinplea, gaixotasunaren funtzionamendua ulertzeaz gain eta neurgailu egokiak edukitzeaz gain, intsulina injekzioak kudeatzeko elementuak ere aztertu behar dira. Hori dela eta, neurgailu hauetaz gain intsulina ponpak ere garatzen hasi ziren. Hauek glukosa neurketetatik eta jatorduen informaziotik abiatuta, intsulina dosiak modu automatikoan kalkulatu eta ematen dituzte, diabetesak dakartzan zailtasun asko konpentsatuz. Dispositibo berri hauek dituzten arazoan artean, tamaina eta deserosotasuna nabarmentzea komeni da, izan ere, aurrerapenak egon arren gaur egun existitzen direnak oraindik handiak eta deserosoak izan daitezkeelako, gainera, oso dispositibo garestiak izan daitezke. [28]

Erabiltzaileak beti kontutan izan behar du erabiltzen ari den gailuaren funtzionamendua, neurketen arabera behar bezala jokatu ahal izateko. Gaur egungo neurgailu jarraiekin kontuan hartu behar da neurketa fluido interstizialean egiten dela eta ez odolean, hortaz, odoleko glukosa mailaren aldaketaren eta neurgailuaren neurketaren aldaketaren artean 10 bat minutuko atzerapena egongo da. Hau, gehienetan, ez da arazo handia izango baina karbohidrato edo azukre asko dituen zerbait jan ondoren glukosa maila oso azkar igotzen denez egindako neurketak eta benetako odol glukosa mailak ez dira bat etorriko eta glukometro arrunt bat erabiltzea komenigarria izan daiteke bat-bateko aldaketa hauek ematen direnean.

Diabetesari aurre egiteko teknologien azken helburua pankrea artifizial bat egitea izango litzateke. Hau intsulina eta glukosaren kontrol guztiaz arduratuko litzateke modu automatiko batean. Hasiera batean pankrea artifizialaren funtzionamendua, ideian, nahiko sinplea bada ere, gaur egungo teknologiak hainbat erronka gainditu behar ditu hau modu erosoan lortu ahal izateko. Gaur egun badaude pankrea artifizial baten lana egiten saiatzen diren intsulina ponpak, baina, lehen aipatu den bezala, oraingoz nahiko handiak dira eta erregularki errekaratu behar zaie intsulina.



Irudia 10 Glukometroen garapena [27]

Intsulina ponpen funtzionamendua ez da automatikoa, zenbait datu diabetikoak eman behar dizkio, adibidez jandako karbohidratoak jakin behar ditu, beharrezko insulina kantitate egokiak kalkulatu ahal izateko. Honetaz gain, oraindik gauza ugari hobetu daitezke hauen erosotasuna handitzeko, tamaina txikitzea, kargatzeko modu erosoagoak etab. Guzti hori kontutan izanda ere, insulina ponpak dira oraingoz diabetikoek daukaten aukerarik onena gaixotasun honek euren bizitzetan duen inpaktua gutxitu ahal izateko.

Osasunarekin lotutako dispositiboak direnez, hauen garapenak ez du bakarrik garapen zientifikotik erroka bat suposatzen baizik eta bete behar dituen arau zorrotzen aldetik ere, segurtasuna garrantzi handiko kontua baita arlo honetan eta are gehiago gailu berriak merkatura bideratzeko. Horren ondorioz, batzuetan salmentara bideratuta ez dauden garapenak egiten dituzten erakundeak ere sortu dira azken urteetan.

Diabetesaren tratamendurako teknologia garatzen duten enpresa handienak Dexcom, Roche, Medtronic eta Abbott izango lirateke. Hauek guztiak neurketa gailu ezberdinak eskaintzen dituzte, bakoitzak bere neurketa modua eta irakurketak egiteko metodoa erabiltzen duelarik. Enpresen gailu desberdinen artean desberdintasunak badaude ere, orokorrean hauetako edozein izango da aukera ona. Roche eta Medtronic-ek euren insulina ponpa propioa dute, Abbott eta Dexcom-ek aldiz, Tandem enpresarekin lankidetzan egin dute euren neurgailua Tandem-en ponparekin bateragarria izateko eta honela insulina ponparen sistema osoa eskaini ahal izateko. [29, 30, 31, 32]

Enpresa ugari hainbat gailu ezberdin eskaintzen dituzten arren jende askorentzat aukera hauek ez dituzte euren nahiak betetzen edo garestiegiak dira. Hori dela eta, hainbat erakunde sortu dira gailu hauentzako moldaketak eta sistema eta gailu osagarriak diseinatu dituztenak. Salgai dauden gailuak moldatzen dituen talde nagusia OpenAPS da, talde honetako kideek salgai dauden Medtronic-en ponpentzako software alternatibo bat diseinatu dute ponpak modu automatikoan funtzionatu dezan [33, 34]. Sistema osagarriak egiten dituen talde handiena aldiz, NightScout da, talde honetako boluntarioek neurgailu jarrai gehienekin funtzionatzen duen sistema bat garatu dute, honen bidez neurgailuko datuak hodeira bidali ahal dira eta hortik mugikorra, smartwatch-a edo ordenagailua erabiliz glukosa mailak denbora errealean ikus daitezke. Hau oso erabilgarria da gurasoek seme/alaben glukosa mailak kontrolatu ahal izateko hauek eskolan edo kalean daudenean. [35] Talde hauek egindako lana ez da ofiziala eta ez ditu medikuntza arloan ezartzen diren arauak betetzen, hortaz, hauek erabakitzen dituen edonork bere arriskupean egiten duela esan beharra dago eta bere kabuz egin behar ditu sistemaren martxan jartzea eta mantentzea.

OpenAPS taldeak eskaintzen duen softwarea oref0 deitzen da, honen bidez Medtronic-en intsulina ponpa zaharrak automatizatu daitezke. Inplementazio basikoenean jatorduen osteko intsulina dosiak mantendu egin behar dira baina sistema hobeto ulertu ahala ezaugarri aurreratuagoak gaitu daitezke, intsulina dosiak ez hartzeko edota jatorduak ez adieraztekoak adibidez. Honela, erabiltzaile bakoitzak bere beharretara moldatzen den modura erabil dezake oref0 softwarea. Hau bezalako sistemekin dagoen ardurarik handiena segurtasunari lotuta dago, OpenAPS taldeak hau oso serio hartzen du, horregatik, oref0 programatzean segurtasuna ziurtatuko luketen hainbat muga ezarri zion. Intsulina dosi handiegiak saihesteko dosien maiztasuna mugatua du softwareak, horretaz gain, intsulina eman ahal duen abiadura ere mugatuta dago, honela errore katastrofiko bat ematen bada ere karbohidratoak jaten intsulina kantitatea konpentsatu daiteke hipogluzemia bat edukitzea saihesteko. Gainera, erabiltzaileari dosiak noiz hartzen dituen aukeratzea ahalbidetzen dio eta modu autonomoan lan egiten du bakarrik erabiltzaileak zuzenketak egitea saihesteko. Softwarean aldaketa eta funtzio gehiago inplementatzen joango dira aurrerantzean baina muga hauek mantendu egingo dira segurtasun minimo bat bermatu ahal izateko. [36]

NightScout-ek merkatuan dauden hainbat glukometro jarrairen datuak mugikorrean edo SmartWatch-ean edukitzeko sistemak lantzen ditu. Hauetako bakoitzak komunikazio protokolo ezberdinak ditu eta neurketak egiteko modu ezberdinak erabiltzen dituztenez gailu bakoitzarentzat egin behar den softwarea ezberdina da eta guztia martxan eta eguneratuta mantentzea lan astuna da. Hau edonork erabili dezakeen arren, gehienbat diabetesa duten umeen gurasoentzat bideratuta dagoen laguntza handia da, umeak eskolan dauden bitartean Internet bidez hauen glukosa mailak jakin dezaketelako. [35]

Osasunarekin lotutako beste arloekin gertatzen den antzera, teknologia berrien erabilera zabaltzearen arazoan artean, gailu hauen erabilera baimentzeko pasa behar dituzten test medikoak oso zorrotzak direla aipatu beharra dago. Hauen ondorioz teknologiak garatzen hasten direnetik hauek jendearen eskuetara iristen diren arte denbora asko pasatzen baita. Izan ere, dispositibo hauen neurketen fidagarritasuna ziurtatzea ezinbestekoa da, bestela gailuak dena ondo dagoela esan ahalko ziolako erabiltzaileari, eta hau ez da konturatuko hipo/hipergluzemiak gertatzeko arriskua duela. Honegatik, oraingoan edozein neurgailu erabiltzen denean ohiko glukometroa ere maiz erabili behar da beste neurgailuaren neurketak doitzeko, orain arte ez delako fidagarritasun nahikoa duen bestelako neurgailurik garatu.

NightScout eta OpenAPS-k eskaintzen dutena oso ezberdina bada ere bi taldeek dute helburu berdina, diabetesa jasaten duen jendeak euren kabuz eta

teknologiaren bidez honek dakarren karga gutxitzea. Enpresa handien gailuek biztanleria guztiarentzat funtzionatu behar dutenez test medikoak gainditzea garrantzitsua da, baina test mediko hauek gainditzeko denbora asko behar da eta hau lortzen duen lehenengo enpresak nahi duen prezioan jarriko du gailua jende askorentzat garestiegia egiten. Horregatik talde hauen lana epe laburreko konponbide on bat izan daiteke erabiltzaile bakoitzak bere kontrola egin ahal duelako nahiz eta ezagutza oso handiak ez izan guzti honek dakarren arrisku asko saihestuz.

3. Lanaren Helburuak eta irismena

Lan honen helburua diabetesa jasaten duen jendearen egoera ikusita, hauei, laguntza gisa, glukosaren kontrola egiteko aukera berriak irekitzea da. Helburu hori kontutan izanda, glukosaren aurreko eguneko balioetatik abiatuz, erabiltzaileak egunean behar izango duen intsulina exogenoaren dosi gomendatua kalkulatzeko algoritmo bat diseinatu da eta honen erabilerarako mugikorreko aplikazio bat garatuko da.

Gaur egun, diabetesarekin laguntzen duten hainbat gailu eta aplikazio existitzen dira, enpresa eta diabetiko talde handi ugari daude gailuen ezaugarriak eta erosotasuna hobetzeko lanean, eta diabetesarekin eta aplikazioekin esperientzia gehiago duen jendeak egindako aplikazioak jada eskuragarri daude. Hauek, orokorrean jatorduetako informazioa erabiliz intsulina dosia kalkulatzeko dute, eta oinarri horretatik abiatuz aplikazio bakoitzak gauza ezberdinak eskaintzen ditu, batzuek salgai dauden produktuen kaloria kopuruen zerrenda bat dute kaloria kopurua jakin ahal izateko, beste batzuk eguneroko dosien eta glukosa mailen erregistroa edukitzeko aukera ematen dute, baina guztiek dute euren interes taldea. Hortaz, hauek hobetzen saiatu ordez, lan honek gailuekin eskuratu ahal den informazioa aztertzen duen erreminta garatzea izan du helburu, jada eskuragarri dauden aplikazioek egiten duten berdina ez egiteko. Aplikazio honek glukosa neurgailu jarrai batetik, eta honekin batera funtzionatzen duen aplikaziotik, egun osoko neurketen taula bat hartu eta bertako datuak erabiliz hurrengo eguneko intsulina dosiak kalkulatu ditu. [37]

Proiektu honen garapenerako gaixo bat hartu da azterketa kasu bezala. Hau, dieta oso erregularra duten 1 motako diabetikoen multzoan sartuko litzateke. Odol glukosa mailen neurketaren bidez, hauen joerak aztertuz etorkizuneko jatorduetako intsulina dosi gomendatuak kalkulatu eta honen bidez glukosa mailen kontrola modu errazagoan eramaten ditu, kalkulu honetan lagunduko duen mugikor aplikazio bat diseinatzea da helburua.

Proposatzen den erreminta honek, merkatuan eskuragarri dauden besteren antzera, ez du inondik inora glukosa neurketa eta kontrola ordezkatu nahi. Pertsona bakoitzak beste inork baino hobeto ezagutzen du bere gorputzaren funtzionamendua, horregatik, erremintak kalkulatuako intsulina dosiak beti gomendioak izango dira eta norberaren irizpideen menpe dago dosi hauek edo beste batzuk hartzea. Lehen esan den bezala ere, kontutan izan behar da teknologiak aurrera egiten badu ere, oraindik neurgailuen fidagarritasunari

arreta handia jarri behar zaiola eta, batzuetan, neurketak konprobatu behar direla arazorik ez edukitzeko.

Teknologien konplexutasunak direla eta glukosa mailaren neurketa dagoeneko existitzen den dispositiboetatik eskuratuko da. Diseinatutako algoritmoak, zehazki, egunero aurreko eguneko datuak dituen taula bat erabiliko du. Taula horren informazioa mugikorrerako aplikazioak jasoko du eta algoritmoarekin datuak prozesatu ondoren hurrengo eguneko jatorduetarako dosi gomendatuak itzuliko ditu.

Lan honetan burututako algoritmoa eta aplikazioa azterketa kasu baten informazioa erabiliz garatu da. 1 motako diabetesa eta dieta oso erregularra duen pertsona batena hain zuzen ere. Are gehiago, gaixo honen kontrol pertsonalean oinarritzen da, bere dieta erregularrari esker metodo hau erabiliz dosien eskuzko kontrola burutzeko gai izan baita. Bere kasu zehatzerako sortu duen algoritmo bat bada ere dieta erregularreko edozein diabetikorentzat funtzionatu ahal izango lukeela dirudi, glukosaren erabilera asko aldatzen duen kanpo faktore nabarmenik ez badago. Esan beharra dago, glukosa mailan eragin handia izan dezaketen faktore batzuk, hala nola estresa, oso zailak direla edozein algoritmo automatikotan txertatzea. Izan ere, gorputzaren metabolismoaren hainbat ataletan eragina dute eta hauen eragina aztertzeak zailtasun handiak suposatzen ditu.

Gradu amaierako lan honetan diseinatutako algoritmoa mugikorreko aplikazio baten bidez implementatuko da edozeinek erabili ahal izateko. Eguneko glukosa mailen taula bat aplikazioan sartuz hurrengo eguneko dosien gomendioa emango du. Hau gurasoentzat lagungarria izan daiteke seme-alaben dosiak aurreko egunetik kalkulatuta edukitzeko eta honela diabetesak dakarren karga pixka bat gutxitzeko.

4. Lanak dakartzan onurak

Diabetesa jasaten duen jende kopurua inoiz baino handiagoa da gaur egun baina biztanleriaren parte handi batek oraindik ezagutza nahiko txikia du arazo honen inguruan. Horregatik, lan honek dakartzan onuren artean, onura zuzenak, diabetikoen bizimodua hobetzea, eta zeharkakoa, diabetesaren eta honekin bizitzeko dauden aukeren ezagutzaren bidezkoak, aipatzekoak dira.

Lan honek eskaintzen duena gehienbat algoritmoa eta hau erabiliz funtzionatzen duen aplikazioa diren arren, guztiaren atzean egon den diabetesaren eta merkatuko erreminten ikerlana ere azpimarragarriak dira, gaitz hau barneratzen duen mundua eta diabetesak dakartzan ondorioak hobeto ulertzeko. Biztanleriak duen diabetesaren ezagutza ezinbestekoa baita gaixotasun hau behar duen seriotasunarekin tratatzeko.

Hainbat gailu, sistema eta aplikaziori esker inoiz baino erosoagoa da diabetesarekin bizitzea. Gailuek glukosa mailen jarraipena asko errazten dute, aplikazioek bestetik, jatorduen eta intsulina dosien kudeaketa errazten dute. Baina oraindik deserosoa da jende askorentzat eta karga hori gutxitzen lagunduko duten erremintak etengabe sortzen edota hobetzen ari dira. Hemen garatutako algoritmoa eta aplikazioa, laguntzeko xedearekin jaiotako ideia bat dira. Ez du diabetiko guztientzat balioko baina batzuentzat diabetesaren karga gutxituko du.

Osasunarekin lotutako garapenek dituzten erronkak eta arazoak kontutan izanda, proiektu honen helburua ez da merkatuan existitzen diren erremintekin lehiatzea, baizik eta kasu azterketa bezala lagundu duen diabetiko baten bizimodua hobetzea. Hori dela eta, pertsona honen antzeko egoeran dagoen edozeini existitzen diren aukerez gain, algoritmo berri batean oinarritutako aplikazioa eskaini nahi izan zaio, diabetesa jasaten duen edozeinentzat aukera gehiago eskainiz.

Horretaz gain, lanean aztertzen diren gailu eta neurketa sistema ezberdinen ezagutza eskaintzen da. Euskal herrian erabiliena FreeStyle Libre den arren beste hainbat neurgailu ere salgai daudela erakutsi nahi da, pertsona bakoitzak erabakiak hartzean ahal duen beste informazio edukitzea ezinbestekoa delako bakoitzaren beharrak ahalik eta hoberen asetzeko. Izan ere, neurgailu bakoitzak bere funtzionamendu modua du eta pertsona bakoitzak behar ezberdinak ditu, guztiek diabetesa jasaten duten arren bakoitzak bere erara bizitzen du eta gauza ezberdinak nahi dio eskatu neurgailuari.

Diseinatutako aplikazioaren erabiltzaileek, dosien kalkuluak egiteko behar duten denbora aurreztuko dute. Normalean jatordu bakoitzaren aurretik egin behar dituzten kalkuluak murriztuko dituzte dieta erregular batekin eta aplikazioaren laguntzarekin, aurreko eguneko informazioa erabiliz beharko duten intsulina dosi gomendatu bat jakin ahal izango dutelako. Honek erosotasuna eskaintzen dio erabiltzaileari, ez du kalkulurik egin beharko jatorduen aurretik denbora aurreztuz eta dosiak aurretik prestatuta edukitzeko aukera ere edukiko du dosien kudeaketa asko sinplifikatuz. Azkenengo hau gurasoentzat oso erabilgarria izan daiteke seme/alabek eskolan hartu beharko dituzten dosiak aurretik prestatuta eduki ahal izateko.

Sistema honek funtzionatu ahal izateko behar dituen erremintak edonoren eskura daude, batetik FreeStyle Libre glukosa neurgailua behar da, horretaz gain MiaoMiao edo horren antzeko gailu bat ere erabili beharko da, honek FreeStyle Libre-tik datuak eskuratzen ditu mugikorrera bluetooth bitartez bidali ahal izateko. Azkenik, garatutako aplikazioa instalatu behar da, MiaoMiao gailuaren aplikaziotik eguneko neurketen taula esportatu eta lan honetako aplikazioan sartu beharko da dosi berriak kalkulatzeko taula honi bg izena jarritz eta aurrekoak ezabatuz egun egokiko neurketak aztertzeko. Kalkulu honek ez duenez eskaera teknologiko handirik ia edozein mugikorretan funtzionatzeko gai izango da. [34]

Diabetesa duten guztiei dieta erregular bat edukitzea eskatzea gehiegizkoa litzateke, jende askorentzat eragozpen gehiago dakar dieta erregular bat mantentzeak jatordu bakoitzaren aurretik intsulina dosiak kalkulatzek baino, hala ere, dieta erregular bat mantentzeak glukosa mailak mantentzen laguntzen duenez gomendagarria da diabetesa eduki ezkeroko egunero jango dena aurretiaz planeatuta edukitzea eta karbohidrato eta grasa kopuru txikia izatea.

Diabetikoen komunitatearentzat onurak ez dira hain zuzenak, baina nabariak izan daitezke. Zenbat eta jende gehiagok eduki interesa honelako sistemak lantzean eta diabetikoentzako teknologia berriak ikertzean orduan eta azkarrago lortuko dira neurketa sistema hobeak eta diabetiko guztien bizitza errazagoa izango da, bai enpresen ikerketaren aldetik zein diabetiko elkarte independenteen aldetik, biek egiten baitituzte diabetikoentzako lagungarriak diren ikerketak.

5. Aukeren analisia

5.1. Sarrera

Hasieran adierazi den bezala, aipatu beharra dago hiru diabetes mota nagusi daudela, hala ere, intsulina injekzioekin gehienetan 1 motakoa tratatzen da. 2 motakoaren oso kasu txarretan ere intsulina tratamendua erabili ahal da baina hau aparteko kasuren batean baino ez zenez izango eta ez denez 1 motakoa bezala tratatzen, ez da lan honetan aztertuko

Orokorrean 1 motako edozein diabetikok jatordu bakoitzaren aurretik hartuko duen intsulina dosia kalkulatu du. Jatorduaren karbohidrato kopurua kalkulatu, kirola egingo den ala ez eta eguneko ordua ere kontuan hartu eta informazio horrekin intsulina dosia kalkulatu egiten du. Horretaz gain, hainbat faktorek eragiten diotenez gorputzaren glukosa erabilerari kalkulaturako kantitate hauek batzuetan ez dira egokiak izango eta pertsona bakoitzak molda dezake pixka bat dosia glukosa maila egonkorak edukitzeko. [38]

Baina proiektu honetan beste modu batera planteatuko da intsulina dosien kalkulua. Lanarekin lagundu duen diabetiko baten ohiturak aintzat hartuz intsulina dosiak jatordu bakoitzean kalkulatu ordez, aurreko eguneko dositik abiatuz eta egunean zehar edukitako glukosa mailak kontuan hartuz kalkulatu dira hartu beharreko intsulina dosiak. Esan beharra dago, erabilitako algoritmoaren funtzionamendu egokiaren oinarria diabetikoak eraman behar duen dieta oso erregular eta zorrotzean dagoela. Honen ondorioz, proposaturako algoritmoaren funtzionamendurako oso garrantzitsua da jango dena asko ez aldatzea, bestela, gaixoak egun batean jaten duena aldatzen badu ezin izango da dosia aurreko egunean oinarritu.

Atal honetan, proposaturako algoritmoa eta erremintaren diseinua burutzeko aztertu behar izan diren atal desberdinak aurkitzen dira. Lehendabizi glukosa mailak neurtzeko erabili ahal diren sentsoareak aztertzen dira hauen ezaugarriak zehaztuz. Ondoren aukeran dauden beste sistemak ere aztertuko dira, batetik intsulina ponpak eta bestetik aplikazioak pixka bat azalduz. Azken hauek aplikazioaren diseinurako erabilgarriak izango ez diren arren oso erabilgarriak dira diabetikoek dituzten aukerak hobeto ulertzeko

Sentsore ezberdinak aztertzean ardura gehien duen elementua neurgailu jarrai bezala erabiltzeko aukera izango da, hau da, 5 minuturo neurketa bat

egitea, datu hauek izango baitira aplikazioak erabiliko dituenak. Horretaz gain, neurgailuaren komunikazioa ere garrantzitsua izango da, datuak mugikorrean edukitzeak asko errazten duelako datu hauek aplikazioan sartzea, ordenagailurik erabili behar gabe. Sentsore bat aukeratzean eskuragarritasuna oso garrantzitsua den arren azterketa honetan oraindik eskuraezinak diren sentsore batzuk ere aurki daitezke, hauek ezingo dira erabili baina etorkizunean salgai egongo diren sentsoreak dira eta glukosa neurgailuen errealitatea ulertzeko eta eskuragarri dauden sentsoreekin konparatzeko proposak dira.

Sentsoreen inbaditzailetasunak erosotasunean eragin handia du. Esate baterako, azal azpiko fluido interstiziala neurtzeko orratz bat erabiltzea baino askoz erosoagoa da argi bidez funtzionatzen duen sentsore bat erabiltzea. Erabiltzen diren sentsoreen mantentzeak ere eguneroko bizitzan eragin handia eduki dezake, adibidez egun bakarrerako balio duten sentsoreen kasuan. Zehaztasuna eta neurketa tartea oso garrantzitsuak diren arren aztertutako sentsore guztiek test medikoak gaintitu behar dituztenez guztiak onargarriak diren tarreak izango dituzte eta hauekin arduratzeko beharrik ez da egongo. Azkenik, teknologia ezberdinak erabiltzen dituzten hainbat sentsore aurkeztu dira, honek aplikazioaren funtzionamenduari eragingo ez dion arren aukera ezberdinak existitzen direla erakusten du, askotan diabetikoek ere ez dutelako ezagutzen dituzten aukera ezberdinak.

Azken urteetan diabetesarekin zerikusia duen teknologia inguruko DIY (do it yourself/zuk zeuk egin) mugimendua asko zabaldu da. Mugimendu honetako taldeek enpresa askok eskaini ezin duten funtzioak eskuragarri jartzen dituzte erabiltzaileentzat. Gainera, egiten duten lan guztirako kode irekia erabiltzen denez edozeinek erabil dezake kosturik gabe, honek jende asko erakartzen du, batez ere Estatu Batuetan diabetesa edukitzearen kostuak izugarriak direlako [39].

Komunitate batzuk zuzenean enpresek eskaintzen dutenarekin lehiatzen dute, pankrea artifizialen kasuan adibidez, Medtronic, Dexcom eta Tandem-ek FDA-k (Food and Drug Administration) onetsitako sistemak eskaintzen dituzte, aldiz OpenAPS-k Medtronic-en ponpa zaharrak pankrea artifizial bezala erabiltzeko software irekia eskaintzen dute. Printzipioz enpresek eskaintutakoak dira aukerarik egokienak eta seguruenak, hauek denbora asko egon baitira diabetesaren inguruko teknologia ikertzen eta lantzen. Baina sistema hauek oso garestiak izan daitezke eta jende guztiarentzat prestatuta egon behar direnez ez dira oso pertsonalizagarriak. Software irekia eskaintzen duten taldeak gabezia hauek konpentsatzen dituzte, batetik askoz merkeagoak direlako, erosi behar den parte bakarra Medtronic-en ponpa zahar bat da, eta bestetik pertsonalizatzeko aukera asko eskaintzen dituztelako, erabiltzaile bakoitzak bere sistemaren kontrola eta mantentzea egin behar duenez oinarritzko segurtasun

funtzio batzuk ezik beste guztia aukerazkoa da eta zenbat eta hobeto ulertu softwarea orduan eta gehiago pertsonaliza daiteke.

5.2. Sentsoreak

1. motako diabetesa jasaten duen jendeak gluzemia mailak kontrolatzeko modu bat behar du, batez ere gluzemia maila hobeto kontrolatzeko eta jatorduen ostean maila egokia dela ziurtatzeko hurrengo jatorduetan dosia doitu ahal izateko. Honetarako edozein diabetikok behar duen oinarrizko gailua glukometro bat da. Glukometro arrunta, atzamarreko odol tanta batekin gluzemia mailak neurtzen dituen aparailu sinpleena eta gaur egun oraindik zehatzena da.

Baina glukometro arruntez gain gailu ugari agertuz joan dira eta eskuragarri daude merkatuan glukosa mailen kontrola errazteko. Glukometro hauek, mota desberdinetakoak izan daitezke, baina interes handiena dutenak honako ezaugarriak dituzte:

- **Ez inbaditzaileak.** Sentsore ez-inbaditzaileek ez dute azala zulatzeko beharrik glukosa mailak neurtzeko, argi infragorria edo irrati uhinak bezalako teknologiak erabiltzen dituzte hau lortzeko horregatik erosotasun maila handiagoa eskaintzen diote erabiltzaileari.
- **Neurketa jarraitukoak.** Eskaeraren menpekoak diren neurgailuak ez bezala, hauek egun osoan zehar egiten dituzte neurketak erabiltzailearen akzioen beharrik gabe..
- **Tamaina txikikoak.** Kontutan izanda egunero aldean eraman behar direla, gailu hauen tamainaren murrizteak eragin handia izan dezake erabiltzailearen erosotasunean eta horregatik oso ezaugarri erakargarria da glukosa neurgailuetan.

Ondoren, merkatuan salgai aurkitu ahal diren zenbait sentsore sakonago aztertuko dira normalean erabiltzaileek hauen artean aukeratzeko kontutan hartzen dituzten ezaugarriak kontutan hartuz.

D-Pocket

D_Pocket-a tamaina txikiko gailua da, 10cm x 5cm ingurukoa. Bere funtzionamendua, argi infragorria erabiliz atzamarrean egiten dituen neurketetan oinarritzen da. Horretarako, Kuantu-jauziko laser (quantum cascade laser) baten bidez argi infragorria bidaltzen da azalera, orduan, glukosa molekulek uhin luzera zehatz batzuetako izpiak xurgatuko dituzte beroa sortuz. Bero aldaketa

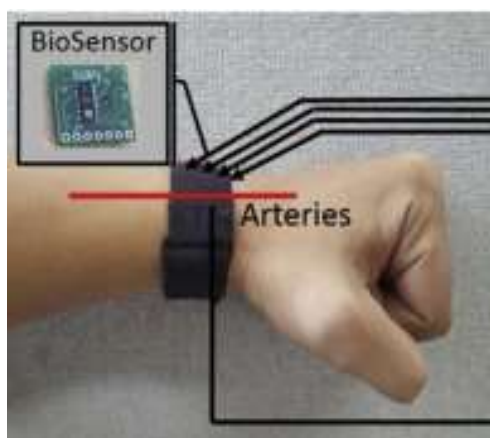
horiek sentsoare fototermal bat erabiliz neurtzen ditu (IRE-PTD, Internal Reflection Element with Photo Thermal Diode) eta gailuan programatutako algoritmo baten bidez glukosa maila kalkulatzen du.



Irudia 11 D-Pocket neurgailua [40]

Esan beharra dago, dispositibo honek orain arteko test preklinikoetan erabili oi den glukometroaren zehaztasun berdina lortzen duela, baina oraindik ez dagoela salgai. Hala ere, fabrikatzaileek aitortu dute etorkizunean teknologia berdina erabiltzen duen gailu txikiago bat inplementatzeko eta salgai jartzeko intentzua dutela. [40, 41]

Vis-NIR(Visible Near Infrared) sentsoarea



Irudia 12 Vis-NIR(Visible Near Infrared) neurgailua [42]

Esan bezala, metodo desberdinak erabiltzen dituzten sentsoareak daude, ikerketa gehienak sentsoare ez inbaditzaileen garapenari bideratuta daude, hauen

neurketen fidagarritasuna hobetzeko eta gailuak aldatu gabe irauten duen denbora luzatzeko xedearekin. Sentsore honek argi ikusgai eta infragorri gertukoaren arteko konbinazio bat erabiltzen du, 535 nm, 660 nm, 850 nm eta 950 nm-ko uhin luzerakoak hain zuzen ere. Fotodiodo eta trans-impedantzia amplifikadore baten bidez islatutako argia boltaian bihurtzen da. Gero, seinale hau digitalizatu egiten da eta informazio horretatik abiatuz odoleko glukosa kontzentrazioa kalkulatu da. Froga desberdinak burutuz, ikerlan honen helburua neurketa metodo honen erabilgarritasuna aztertzea izan zen, klinikoki onargarria zen edo ez jakiteko. Horrela, lortutako emaitzen arabera 7.70mg/dL-ko predikzio errorea eduki zuten, neurketa metodoa klinikoki onargarria zela ondorioztatu zuten. [42]

SugarBEAT



Irudia 13 SugarBEAT neurgailua [43]

Neurgailu honen tamaina txikiak, 2cm x 3cm inguru, aukera erakargarria bihurtzen du. Bere funtzionamendua korrante elektriko txiki batzuen erabilera oinarritzen da. Korrante hauen bidez molekula gutxi batzuk azal gainean jarritako “patch” edo partxe baterantz eramaten ditu, fluido interstizialetik ateratzen ditu daraman sentsore baten bidez glukosa molekula kopurua neurtu ahal izateko. Normalean, gailu hau besoa jartzen da eta 5 minuturo neurketa bat jasotzen du, beraz neurketa jarraia egiten, eta mugikorreko aplikazio batera bidaltzen du bluetooth bidez.

Oraingoz duen desabantailen artean, partxeen iraupena dago, “Patch” bakoitzak egun bakarrerako balio duelako. Esan beharra dago, oraindik garapenean dagoen teknologia dela, beraz, hau ideala ez bada ere funtzionamendu ona bermatzen badu, gehiago irauten duten elementuak diseina daitezke. [44]

Glucotrack



Irudia 14 Glucotrack neurgailua [45]

Gailu honek ohiko glukometroaren erabilera ordezkatu luke. Kable baten bidez konektatuta dauden 5cm x 10cm inguruko neurgailu bat eta sentsore batez osatuta dago. Teknologia ultrasoniko, elektromagnetiko eta termala aldi berean erabiltzen ditu neurketa zehatzagoak egin ahal izateko. Neuritutako hiru datuak algoritmo bat erabiliz konbinatzen ditu neurketa fidagarriagoak lortzeko. Neurketa egiteko sentsorea barnean duen pintza belarrian jartzen da eta neurketak egin ondoren neurgailua ordenagailura konektatu daiteke USB bidez. 70-500mg/dL artean neurtu dezake %97.3-ko zehaztasunarekin eta behar duen mantentze bakarra pintza 6 hilabetero aldatzea da. [46]

Neospectra micro



Irudia 15 Neospectra micro neurgailua [47]

Sentsore txiki hau, 32.56mm x 32.56mm x 22.07mm ingurukoa, infragorri gertuko espektroskopiak egiteko erabili daiteke, honen bidez material desberdinak ezberdindu daitezke argiarekiko duten erreakzioaren arabera. Mota honetako

neurgailuak nekazaritza, medikuntza, industria edo jakiekin erabili daitezke kimiko ezberdinen espektrogramak egin ahal izateko, honegatik, ikerketak garatzen hari dira teknologia honen bidez odoleko glukosa kontzentrazioa neurtzeko. [48]

FreeStyle Libre

Erabiltzen diren gailu gehienetan gertatzen den bezala, tamaina txikia edukitzea garrantzi handiko ezaugarria da. Kasu honetan, 95 mm x 60 mm x 16 mm inguruko gailu zirkular bat da. Honek orratz txiki bat dauka fluido interstizialean glukosaren oxidazioa neurtzeko, baina honen funtzionamendu zehatza ez da inon deskribatzen. Elementu hau, normalean, besoaren atzealdean jartzen da eta NFC (Near Field Communication) teknologia erabiliz bestelako neurgailu batekin edo mugikorrarekin konektatu daiteke egindako neurketen informazioa eskuratzeko.



Irudia 16 FreeStyle Libre hasiera kita [49]

Sistema honen funtzionalitatea hobetzeko, adibidez, automatizazioa areagotzeko beste gailu edo aplikazioekin konektatu daiteke, adibidez MiaoMiao deritzon gailuarekin, honi esker, neurketak mugikorrera bluetooth bidez bidali ahal dira neurgailu jarrai baten funtzio berdina eginez. 40 a 500 mg/dL-ko neurketa tartea dauka eta mantentze lan bakarra 14 egunean behin partxea aldatzea da. Osakidetzak eskaintzen duen sentsorea denez Euskal Herrian hau da ohikoena. [50, 51]

Combo Non-Invasive Glucometer



Irudia 17 Combo Non-Invasive Glucometer neurgailua [45]

Gailu honek (43.2mm x 47.65mm x 74mm) ohiko glukometroaren funtzioaz gain Infragorri gertuko espektroskopia eginez ere neurtu dezake glukosa. Horretarako, 4 LED eta 4 sentore erabiltzen ditu (625 nm, 740 nm, 850 nm, 940 nm uhin luzeratan) absortzio eta sakabanatze patroiak aztertzeko. Normalean, atzamarrean kokatzen da eta eskuz neurtzen da modu ez-inbaditzailean Hala ere, barnean duen ohiko glukometroa erabiltzea gomendatzen da neurketak doitzeko. Neurketa tarte 70-440 mg/dL da eta probetan neurketa guztiak CEG (Clarke Error Grid) A eta B zonetan egon dira. [45]

GlucoWISE



Irudia 18 GlucoWISE neurgailua [52]

Neurgailu honek (7cm x 2cm x 2cm inguru) potentzia baxuko irrati uhinak erabiltzen ditu hatz lodiaren eta erakuslearen artean neurketak egiteko. 40GHz inguruko irrati uhinak erabiltzen ditu. Aipatzekoa da, argi izpiak erabiltzen dituzten sentoreak daukaten azal mota desberdinak aurkezten dituzten ezaugarri desberdinekin lotuta daudela, batzuetan azal mota batekin ondo funtzionatzen

duenak ez du ondo funtzionatzen beste azal mota batean aplikatuz, horregatik dira hain garrantzitsuak egiten diren froga desberdinak. Dispositibo honetan, arazo honi aurre egiteko material bereziak erabiltzen dira, enpresak dioenez mikro konpositeak erabiltzen dituzte, eta hauei esker edozein azal motarekin berdin funtzionatzen du. Oraindik garapenean dago eta haririk gabe komunikatu ahal den arren USB bidez ere konektatu al da ordenagailu batera. [52]

Symphony



Irudia 19 Symphony neurgailua [53]

Sonophorensiaren bidez azal azpiko molekulak gidatzen dira, hau da, ultrasoinuak erabiliz azalaren azpiko molekulak sentsorerantz mugitzen ditu. [54] Gailu honen erabilerak dakarren desabantailarik handiena azaleko goreneko kapa erre egin behar dela da, eta hau oso deserosoa izan daiteke. Oraingoz eginiko esperimentuetan neurketen %99.6 CEG A eta B zonen barruan zeuden. 24 orduan behin aldatu beharko zen sentsorea eta haririk gabe komunikatzen da metodoa zehazten ez badute ere. [53]

K' Watch

Smartwatch bat eta honen azpian jartzen den partxe batez osatuta dagoen gailua da. Kápsul izeneko partxeak patentatutako SkinTaste teknologia erabiltzen du, biosentsore edo mikro-orratzak erabiliz fluido interstizialeko glukosa kontzentrazioa neurtzen du. Beste neurgailu jarraiak bezala 5 minuturo egiten ditu neurketak eta informazioa hodeira bidaltzen du bakoitzak nahi duen moduan erabili dezan. Partxea astero aldatu behar da baina oraindik test medikoak gainditu behar ditu. [55]



Irudia 20 K'Watch neurgailua [55]

Sentsoreen konparaketa

Diabetesaren kontrolerako aurreko aukera guztiak interesgarriak diren arren lan honetan proposatutako erremintarako egokiena zein den aztertu behar da. Horretarako kontutan hartu behar diren ezaugarriak neurketa jarraia egiteko gaitasuna eta inbaditzailea ez izatea direlarik beti erabiltzailearen erosotasunari arreta jarritz. Sentsore ezberdinen jarraitasuna eta inbaditzailetasuna 1. Taulan ikus daiteke.

Sentsorea	Jarraitasuna	Inbaditzailea
D-Pocket	EZ	EZ
Sensor Vis-NIR	BAI	EZ
SugarBEAT	BAI	EZ
Gluckotrack	EZ	EZ
NeospectraMicro	BAI	EZ
FreeStyle Libre	BAI	BAI
Combo Non-Invasive Glucometer	EZ	EZ
GlucoWise	EZ	EZ
Symphony	BAI	BAI
K'Watch	BAI	EZ

Taula 1 Sentsoreen Jarraitasuna eta Inbaditzailetasuna

Diseinatutako aplikazioaren funtzionamendu egokia bermatzeko, sentsorearen neurketa jarraia ezinbestekoa da, horrek, Taula 1-en ikusten den moduan, zuzenean sentsore batzuk alde batera uztea gauzatzen du. Ondoren, sentsoreak neurketak burutzeko erabiltzen duten teknologiaren arabera inbaditzaile eta ez-inbaditzaileen artean aukeratu beharra dago, baina aztertutako aukerak ikusita, gailuen eskuragarritasuna ere aztertu beharra dagoela argi geratu zen. Horrela, Sensor Vis-NIR eta NeospectraMicro-k teknologia ez-inbaditzaile berdina erabiltzen badute ere, eta etorkizunari begira, oso aukera esperantzagarria badira ere, gaur egun oraindik ez daudenez erabiltzeko prest hauek alde batera utzi behar diren aukerak dira.

Symphony glukometro jarraia da eta honek erabiltzen duen teknologia oso inbaditzailea ez bada ere, ez da aukera ideala. Horretaz gain, Symphony -ren garapenaren egoera ez dago oso argi, prototiporen bat garatuta zegoen arren ez dirudi enpresak proiektu honekin jarraitzeko intenziorik duenik.

Ondoren, SugarBEAT eta K'Watch aurkitzen dira, hauek modu ez-inbaditzailean neurtzen dute glukemia eta garapenaren azken etapetan daude. Alde batetik, SugarBEAT-ek modu jarrai eta ez-inbaditzailean egiten ditu neurketak eta bluetooth bidez komunikatzeko gaitasuna du. Honen desabantaila partxeen iraupena da, partxe bakoitza bakarrik egun batez eraman ahal delako. Bestetik, K'Watch neurgailua, smartwatch baten antzekoa denez ez da beste sentsoreak bezain deigarria, hau da, gaixoarentzat errazagoa da dispositiboaren erabilera disimulatzea beste norbaitek hau nabaritzea zailduz. Gainera, beste neurgailuek eskaini ahal dituzten funtzionalitate guztiak eskaintzen ditu. Kasu honetan, informazioa hodeira bidaltzea oso erabilgarria da, batez ere eritasun hau jasaten duten umeen gurasoek glukemiaren kontrola modu erosoan egin ahal izateko. Bi dispositibo hauek, oraindik ez daude eskuragarri baina laster gotea espero da, eta horrek aukera berri asko emango ditu diabetesaren kontrolerako.

Gelditzen den sentsore bakarra FreeStyle Libre da. Esan beharra dago, hau dela Osakidetzak diabetiko askori eskaintzen diona, txikia denez eta sentsore bakoitzak 2 aste irauten dituen oso aukera eroso eta minimoki inbaditzailea da. Gailu honek neurketak egiteko oso orratz txiki bat erabiltzen du, honekin azala zulatzen du fluido interstizialera iritsi ahal izateko. Berez eskariaren menpeko sentsore bat bezala funtzionatzeko diseinatuta dago, neurketak NFC bidez eginez, baina MiaoMiao erremintarekin konbinatuz, neurketa hauek 5 minuturo egin ahal dira modu automatiko batean eta mugikorrera bidali ahal dira bluetooth bidez. Horrek guztiak lan honetarako sentsore aproposa egiten du, jada jende askok sistema hau erabiltzen duelako.

5.3. Intsulina ponpa eta Pankrea artifiziala

Diabetesaren tratamendurako sortu ahal den gailurik erabilgarriena pankrearen funtzio guztiak ordezkatu ahal dituen gailu bat izango litzateke, honela glukosa mailen kontrola automatikoki egingo zuelako gaixoen bizimodua hobetuz. Baina glukosaren metabolismoa oso konplexua denez oraindik ezin da sortu funtzio hau beteko lukeen gailurik. Horren ordez Intsulina ponpa edo pankrea artifizialak deituriko dispositiboen garapenean lan egiten ari dira enpresak zein diabetiko talde independenteak. Iturri ezberdinek pankrea artifiziala eta intsulina ponpa termino trukagarri bezala erabiltzen dute baina hemen bi gailu mota hauek ezberdindu egingo dira. Horregatik lehendabizi, atal honen ulermena errazteko bi hauen arteko desberdintasuna argi adierazi behar da. Batetik, pankrea artifizialak, intsulina dosien kalkulua eta injekzioa automatikoki egiten dituen gailuari erreferentzia egingo dio. Bestetik, intsulina ponpa, injekzioa automatikoki egiten duen gailuarentzat erabiliko da, kontutan izanda, azken honi, jatorduen informazioa eman beharko zaiola.



Irudia 21 Tandem t:slim X2 intsulina ponpa [56]

Intsulina ponpak nahiko arruntak dira, gaur egun enpresa gehienek eskaintzen dutelako intsulina ponpa edo ponparen batekin bateragarria den sensoreren bat. Pankrea artifizialak aldiz, salgai jartzeko zailagoak dira, algoritmoak konplexuagoak direlako eta sistema eramaten duen pertsonaren gainbegiraketa gabe funtzionatzea arriskutsua izan daitekeelako. Honegatik, pankrea artifizialek gaintitu behar dituzten test medikoak ugariagoak eta zorrotzagoak dira, hauen merkaturatzea atzeratuz. [29, 30]



Irudia 22 Medtronic MiniMed 512, orefo-rekin bateragarria den ponpetako bat [57]

Pankrea artifizial komertzialen falta honen ondorioz OpenAPS bezalako taldeek intsulina ponpetan orefo software irekia nola sartu eta hau nola erabili azaltzen dute norberak etxean egindako pankrea artifiziala eduki ahal izateko. Denboran zehar, talde hauetara jende asko batuz joan da eta ondorioz feedback asko daukate softwarea hobetu eta moldatu ahal izateko. Baina kontutan izan behar da, taldeko partaideek adierazten duten bezala, hauek proposatutako gailuak ez direla ofizialak eta, hortaz, ez dutela inolako analisi medikorik eduki. Hori dela eta, honelako sistema erabiltzen duen edonork euren arriskupean egiten du eta medikuak ez du onartuko, ofizialki, sistema honen erabilera. [33]

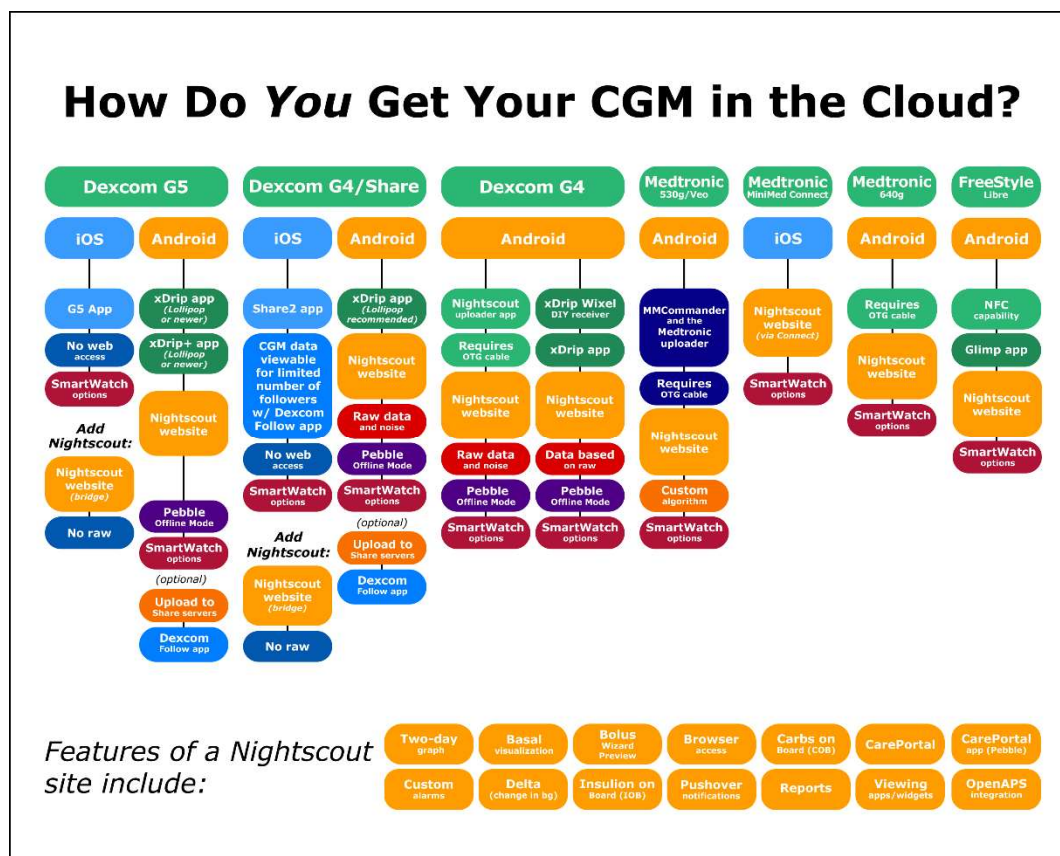
Hasiera batean, software irekiko pankrea artifizialen mugimendu honek bultzatu zuen proiektu honen sorrera, hau ofizialagoa egin nahian. Baina sistema hauetan sakontzean, dispositibo hauek duten konplexutasuna ikusita eta kontuan hartu behar diren aldagai mediko guztiak ezagutu ondoren, lanaren helburua moldatzea erabaki zen. Enpresa handiek hainbesteko zailtasunak badituzte hau aurrera eramateko ikasle batek are arazo gehiago edukiko dituelako.

5.4. Beste algoritmoak edo aplikazioak

Merkatuan aukeran dauden sentso-re eta intsulina ponpa desberdinez gain hainbat aplikazio ere eskuragarri daude diabetesaren alderdi desberdinekin laguntzeko. Aplikazio hauek bi taldetan banatzen dira, batetik sentso-re edo ponpekin batera funtzionatzen duten aplikazioak daude hauek glukosa mailen eta intsulina jarraipena egiteko erabiltzen dira gehienbat, horretaz gain, batzuek informazioa hodeira bidaltzeko aukera ematen dute. [58, 59] Bestetik, enpresekiko independenteak diren aplikazioak daude, hauek neurgailuekin konexiorik gabekoak izan daitezke, SocialDiabetes bezala, edo neurgailu zehatzen baten inguruan sortutakoak izan daitezke, NightScout-ek eskaintakoa edo MiaoMiao-rena bezala.

Neurgailuekin konexiorik ez duten aplikazio batzuek jatorduen eta insulina dosien jarraipena egiteko aukera eman ohi dute eta beste batzuk insulina dosiak kalkulatzen laguntzen dute [60]. Beste aplikazio batzuk jatorduetako karbohidrato kopurua kalkulatzen laguntzen dute, hauek diabetesarekin zuzenean erlazionatuta egon ez arren lagungarriak izan daitezke insulina dosien kalkulua egiteko [37, 61].

NightScout eta MiaoMiao-ren aplikazioek aldiz, neurgailuetatik informazioa atera eta erabiltzailearentzat eskuragarri egitea dute helburu. MiaoMiao-renak FreeStyle Librearekin jartzen den gailu batekin batera funtzionatzen du, honela mugikorrera datuak bidaltzen dira erabiltzaileak uneoro eskuragarri eduki ditzan [62]. NightScout-enak aldiz, Dexcom neurgailu jarraitik datuak hodeira bidaltzen laguntzen du, baina, 22. Irudian ikus daitekeen bezala, taldeak beste hainbat gailurekin datuak hodeira nola bidali ere azaltzen du, erabiltzaile guztiak eduki dezaten datuak hodeira eramateko aukera erabiltzen duten sentsorea edozein delarik. [35]



Irudia 23 Hainbat neurgailuren datuak hodeira nola bidali

6. Arriskuen analisia

Historiako parterik handiengan diabetesa gaixotasun hilgarria izan da, batez ere 1. motako diabetesaren kasuan. Eritasun hau jasaten duen jendeak ezin duenez intsulinarik sortu, tratamendurik jasotzen ez badute osasun arazo larriak edukitzeko arrisku handiagoa dute. Horregatik, XX. mendearen erdialdetik aurrera intsulina ziztaden bidez intsulina lortzeko metodoak asko aurrerratu ziren, eta hauekin batera glukosa mailen kontrola hobeto egiteko neurgailuak.

Diabetesak dakartzan arriskuak glukosa maila desegokien ondorioak izaten dira. Batetik intsulinaren faltaren ondoriozkoak, eta bestetik gehiegizko intsulinaren ondoriozkoak. Hauei hipergluzemia eta hipogluzemia deritze hurrenez hurren eta denbora luzez gertatuz gero oso arriskutsuak izan daitezke.

Hipergluzemia

Odoleko glukosa kontzentrazioa oso altua bada eta gorputzak intsulinarik sortzen ez badu, osmosiaren bidez, zelulen deshidratazioa eragiten du eta ondorioz gorputzak likido asko galtzen ditu. Hipergluzemia hau denbora tarte luze batean gertatuz gero odol hodietan kalteak agertzen dira, gainera kalte hauek ehunetara iristen den odol emaria gutxitzea eragiten dute. Hipoperfusio horrek miokardio infartua, iktusa, giltzurrun gutxiegitasun terminala, erretinopatia eta itsutasuna eta gorputz adarretarako iskemia eta gangrena pairatzeko arriskua handitzen du. Arazo hauek direla eta diabetesa ikusmen ez gaitasunaren arrisku faktore nabarientakoa da, zahartzearekin batera. [63]

Hipogluzemia

Fisiologikoki odol glukosa mailak oso baxuak direnean pankreak glukagoia jariatzen du, glukagoia pankreak sortzen duen beste hormona bat da eta intsulinaren kontrako funtzioak dituela esan daiteke. Glukagoiak kate erreazio baten bidez giblean eta gantzetan gordetako glukogenoa glukosan metabolizatzen du gorputzak erabili ahal izateko.

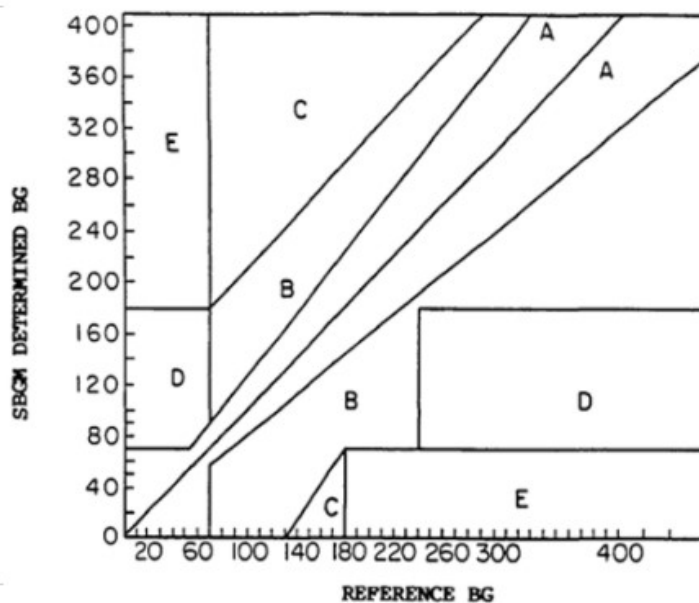
Diabetesa duten gaixoetan, bereziki intsulina ziztatzen dutenetan, pankreak sortutako glukagoia ez da nahikoa intsulina exogeno horri aurre egiteko eta ondorioz hipogluzemia bortitzak agertzen dira. Hipogluzemiaren lehenengo sintomak: zorabioa, buruko mina, ikusmen lausoa, nekea eta gose handia dira. Gaixoak lotan

daudela gertatzen badira, alarma sintoma hauek ez nabaritzea gerta daiteke eta hipogluzemia egoera larriagoak gertatzea, horregatik bereziki garrantzitsua da afarian, lo hartu baino lehen zizatutako intsulina dosia gehiegizkoa ez izatea.

Gorputzeko zenbait atalek glukosa soilik erabili dezakete energia iturri moduan: entzefaloak, erretinak eta gonadetako epitelio germinalak. Horregatik hipogluzemiaren eraginak nabariagoak dira organo hauetan, ezin dute ondo funtzionatu eta denbora luzez glukosa gabe egoten badira koma hipogluzemikoa eta heriotza eragin ditzake.

Clarke Error Grid

Diabetesa tratatzeko erabiltzen diren sistema edo gailuak hipergluzemia eta hipogluzemiak saihesten laguntzen dute, baina neurketen zehaztasuna ona ez bada glukosa mailak arriskutsuak direnean egoki bezala neurtu ditzakete, egoera arriskutsuak sortuz. Honek eragin ditzakeen okerretako erabakiak kuantifikatzeko Clarke Error Grid (CEG) erabiltzen da.



Irudia 24 CEG grafikoa

24. Irudian erreferentziako odol glukosa maila (ardatz horizontalean) eta neurtutako odol glukosa maila (ardatz bertikalean) konparatzen dira, honela neurketak zenbateko arriskuarekin lotu ahal diren aztertu daiteke. Horretarako 5 zonaldetan banatzen da grafikoa:

- A. Erabaki egokiak**, glukosa baxuegia edo altuegia dagoenean.
- B. Erabaki oker ez kritikoak**, glukosa maila neurtutakoa baino altuagoa edo baxuagoa da baina erabakiak ez du arazorik eragingo.
- C. Gehiegizko zuzenketa**, maila egokiak ditugu baina neurketek maila oso altuak edo oso baxuak ditugula esaten du.
- D. Beharrezko zuzenketa bat ez egitea**, glukosa maila oso altua edo oso baxua da baina neurgailuak maila egokia dela dio.
- E. Zuzenketa okerra**, glukosa maila oso altua denean neurgailuak oso baxua dela esaten du eta alderantziz. [64]

Zonalde hauekin neurketa okarren arriskuak hobeto kuantifikatu daitezke neurgailuak nolako seguruak diren jakin ahal izateko. A eta B zonaldeak izango ziren seguruenak eta C zonaldea ez da arriskutsuegia baina D eta E zonaldeak oso arriskutsuak izan daitezke ere. Normalean hipergluzemiak eta hipogluzemiak nabari egiten dira baina neurgailuak esaten duena itsu-itsuan jarraituko duen jendea dago eta honelako kasuetan oso arriskutsuak izan daitezke. Ahal den heinean hau saihesteko neurgailuak periodikoki kalibratu behar dira ohiko glukometro baten neurketak erabiliz.

Bestalde, intsulina ponpa edo pankrea artifizialean sor daitezkeen arazoak dosien kalkuluan izango dira, intsulina dosia handiegia edo txikiegia bada glukosaren kontrola ez da ondo egingo hipergluzemiak edo hipogluzemiak sortuz. Gainera pankrea artifizialen kasuan, funtzionamendu automatikoa duenez, ez dago kanpoko kontrol gehiegirik denbora gehienez, eta hau arazo bat izan daiteke neurketa okerrak edo kalkulu okerrak egiten hasten bada, izan ere, ez du bere burua zuzenduko eta arazoa bakarrik okerrera joango da, horregatik guztiagatik segurtasun neurri oso zorrotzak eduki behar dituzte honelako gailuek. Pankrea artifizialen funtzionamendua oso delikatua denez horren diseinua egitea alde batera utzi zen proiektu honen garapenean arrisku gutxiago dakartzan sistema bat garatzeko.

Hemen diseinatutako sisteman intsulina dosi okerrak kalkulatzeko izango litzateke arriskurik larriena, honen ondorioz erabiltzaileak glukosa mailen kontrol okerra egingo lukeelako. Honen eragina gutxitzeko erabiltzaileek aplikazioa zentzuz erabiltzea besterik ezin da gomendatu, erabiltzailearen egoerari buruzko aldagai gehiegi beharko baitziren intsulina dosi egokienak aukeratu ahal izateko uneoro. Horregatik garatutako aplikazioak intsulina dosien gomendioak besterik ez ditu ematen, erabiltzailearen erabakiak aplikazioaren gomendioen gainetik jarritz.

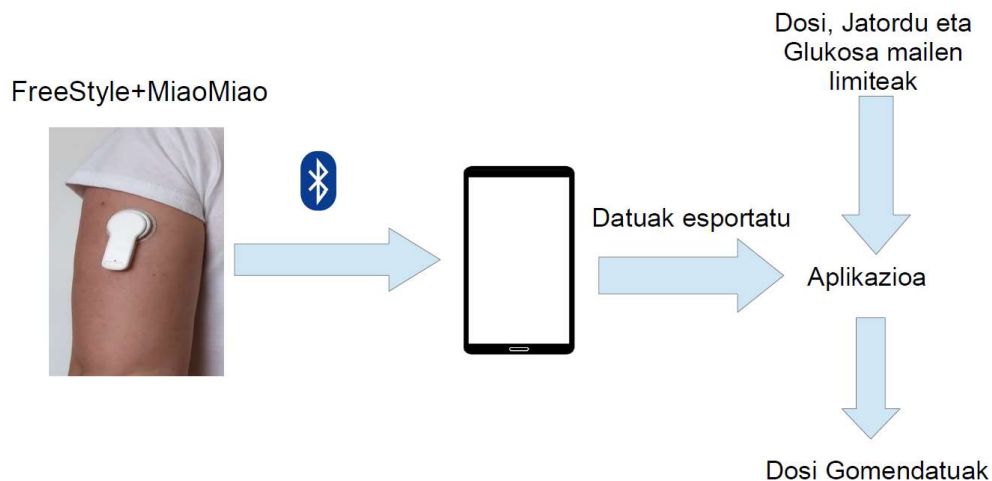
7. Irtenbideen aukeraketa

7.1. Sarrera

Lan hau aurrera eraman ahal izateko hainbat erabaki hartu behar izan dira aplikazioaren funtzionatzeko modutik erabiliko den sentzorera arte. Ondorengo atalean egin diren aukera hauek guztiak azalduko dira.

Hartu zen lehen erabakia eta lan honi forma gehien eman diona sistemak edukiko zuen funtzionamendu modua izan zen. Hasiera batean pankrea artifizial bat garatu nahi zen baina honen inguruko ikerketa egin ostean honelako sistema bat garatzeak zituen arazoak ikusita, lehen aipatu bezala, hau alde batera uztea erabaki zen. Horren orde, lanean kolaboratzen zegoen diabetikoak intsulina dosiak kalkulatzeko erabiltzen zuen metodoan oinarrituz hauen kalkulua burutzeko algoritmo bat diseinatzea eta algoritmo hau erabiltzen duen aplikazio bat garatzea erabaki zen.

25. irudian aplikazioaren funtzionamendua modu simple batean adierazten da. Lehendabizi, FreeStyle Libre+MiaoMiao sistemak bluetooth bidez datuak bidaltzen ditu mugikorrera. Ondoren, mugikorreko aplikaziotik eguneko datuak esportatzen dira .csv formatuan, aplikazioak dokumentu horretan dagoen informazioa eskuratzen du eta hauetan oinarrituta hurrengo dosi gomendatuak kalkulatzeko.



Irudia 25 Aplikazioaren funtzionamenduaren eskema

7.2. Kasu azterketa

Dosiak kalkulatu lagunduko duen sistema hau diseinatzen hasteko, lehendabizi lan honekin kolaboratzeko prest dagoen diabetikoaren egoera ulertu behar da. Diabetesa zuela jakin zuenean dietaren bidez intsulina dosien kontrola erraztu zuen, karbohidrato gutxiko dieta oso erregularra ezarri zion bere buruari eta honela dosiak aurreko egunetik kalkulatu hasi zen. Hain dieta erregularra izanez jatordu bakoitzeko karbohidrato kopurua ez zuen aldatzen egun batetik bestera, honela jatorduen ostean edukitako glukosa mailak begiratu hurrengo egunerako beharrezko aldaketak egin ditzake, glukosa oso altua eduki bada intsulina dosia pixka bat igo eta baxuegia izan bada dosia pixka bat jaitsi.

Metodo honek ez du jende guztiarentzako funtzionatuko, izan ere, diabetesa jasaten duen pertsona bakoitzak bere erara egiten dio aurre, batzuk dieta berdina mantentzen dute eta intsulina dosiekin konpentsatzen dute hau, beste batzuk aldiz karbohidrato kopurua asko gutxitzen dute honek intsulinarekin egindako kontrola errazten duelako, eta kolaboratu duen diabetiko honek, seguruena jende gehiagok bezala, dieta erregularra ezartzen dio bere buruari dosien kalkulua ahalik eta sinpleena izan dadin. Aplikazio honek ez du balioko diabetiko guztientzat baina batzuentzat balio bada, eta badakigu gutxienez batentzat balioko duela, norbaiti lagunduko dio eta hori izan da hasieratik lanaren helburua.

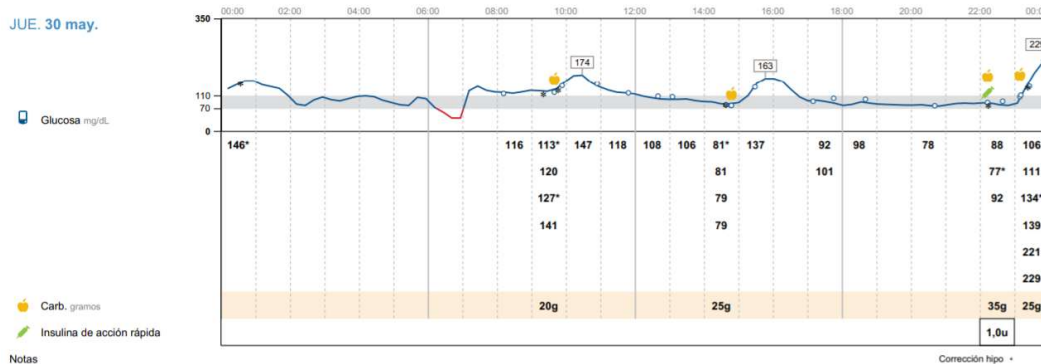
7.3. Aukeratutako sentsorea

Esan bezala, aplikazioarekin batera funtzionatuko duen neurgailu bat aukeratu behar zen aztertutako guztien artetik, behar bezala funtzionatzeko neurgailu jarrai bat izan behar da eta ahal den heinean komunikazioa haririk gabekoa eta erraza izatea komeni da.

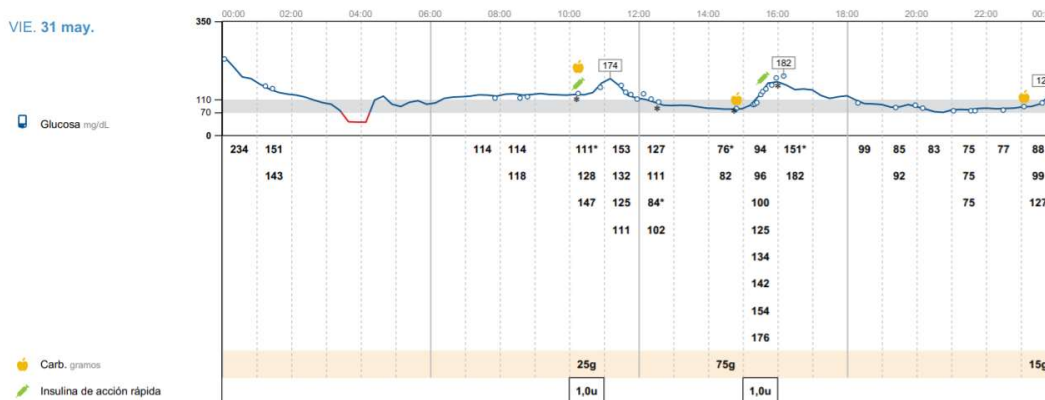
Aukeran zeuden sentsore guztien artean FreeStyle Libre erabiltzea erabaki da. Sentsore honek, MiaoMiao gailuari esker, neurgailu jarrai bat bezala funtzionatzen du, honela, egun osoko neurketak eskuragarri eduki ahal dira momentu oro. Bi erreminta hauen kontrola egiteko MiaoMiao-k duen mugikorrek aplikazioa erabiltzen da, honen bidez neurketak eskuragarri daude uneoro eta eguneko datuen taulak esportatzeko aukera ematen du. Gainera, sentsore honen erabilera oso zabalduta dago Euskal Herrian Osakidetzak eskaintzen duena delako, ondorioz, hemen garatutako aplikazioa erabiltzeko ez zen sentsore berririk erosi behar izango. Honek guztiak kasu honetarako sentsorerik aproposena egiten du.

7.4. Algoritmoaren garapena

Lan hau burutzeko ezinbestekoa izan zen kasu azterketa bezala erabiliko zen diabetikoaren ohiturak eta osasun egoera partikularra aztertzea. Hori egin ahal izateko, berarekin hainbat batzar egin ziren eta hainbat egunetako datuak eskuragarri jarri zituen hauek ikertu ahal izateko.



Irudia 26 egun osoko neurketen grafikoa 1



Irudia 27 egun osoko neurketen grafikoa 2

26. eta 27. Irudietako grafikoetan egunean dauden hiru glukosa gailurrak agertzen dira. Hauetan antzeman ahal den bezala, jatordu bakoitzaren ostean gailur bat dago. Horretaz gain, gauez lotan dagoen bitartean glukosa puntu baxuena gertatzen da, hipogluzemia hauek arriskutsuak izan daitezke eta arazoak saihesteko neurgailu askok hipogluzemia alarmak edukitzen dituzte.

Hiru zonalde ezberdin hauek modu independentean landuko dira algoritmoan, hau da, jatordu bateko dosiak ez dio eragingo beste jatorduetako dosiari

eta honela hiru jatorduetan gertatzen diren glukosa gailurrak nahi diren limiteen barruan egon arte moldatuko dira.

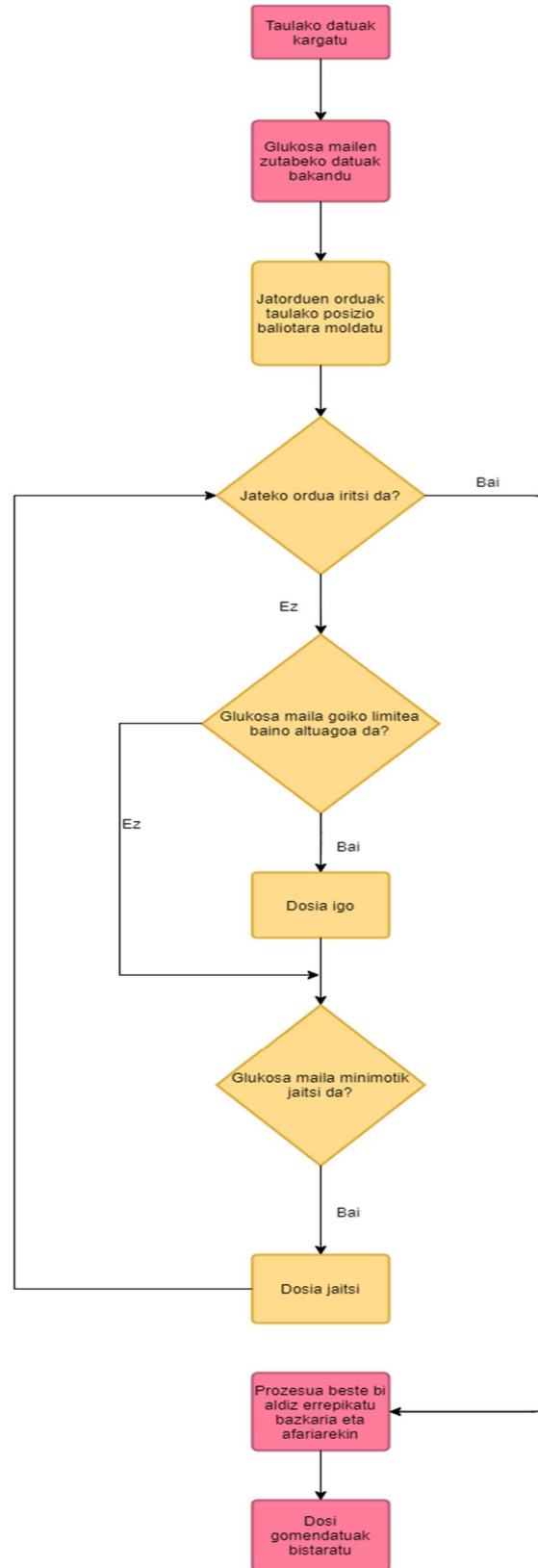
1. motako diabetesaren tratamenduan jatordu bakoitzean intsulina dosi bat kalkulatu behar da jaten diren karbohidratoak konpentsatzeko. Honen kalkulua nahiko erraza da, intsulina unitate bat jatorduak dituen 10 gramo karbohidratoko, adibidez, 50 gramo karbohidrato baditu jatorduak 5 intsulina unitate beharko dira. Hau moldatu egin behar izaten da eguneko orduaren arabera gorputzak intsulinarekiko duen sentikortasuna aldatu egiten delako. Honela, ordutegiaren arabera 10 gramo karbohidratoko 0,5 edo 1,2 intsulina unitate erabiltzea komenigarriagoa izango da. [65]

Lanerako kasu azterketa bezala lagundu zuen diabetikoak dosien kalkulua egiteko beste modu bat dauka eta honetan oinarritu da lan honetan proposatutako algoritmoa. Esan beharra dago algoritmo honek dieta oso erregular baten beharra duela modu egokian funtzionatu ahal izateko, izan ere, karbohidrato kopuru erregularrean oinarritzen da hauen kopuru zehatzean baino.

Diabetesa duten guztiei dieta erregular bat edukitzea eskatzea gehiegizkoa litzateke, jende askorentzat eragozpen gehiago dakar dieta erregular bat mantentzeak jatordu bakoitzaren aurretik intsulina dosiak kalkulatzeko baino, hala ere, dieta erregular bat mantentzeak glukosa mailak mantentzen laguntzen duenez gomendagarria da diabetesa eduki ezkeru egunero jango dena aurretiaz planeatuta edukitzea eta karbohidrato eta grasa kopuru txikia izatea.

Algoritmoak eguneko dosiak kalkulatzeko aurreko eguneko jatordu berdinean egon diren glukosa mailak aztertzen ditu, hauek nahi diren balioen artean egon badira dosi gomendatua ez da aldatzen, baina hipergluzemia edo hipogluzemiaren bat gertatu bada gomendatutako intsulina dosia igo edo jaitsi egiten dira hurrenez hurren. Honela, karbohidrato kopuru erregularra dela eta, egunez egun intsulina dosia pixka bat moldatzen da dosirik egokiena lortu ahal izateko.

28. irudiko fluxu diagraman jatordu bakoitzaren osteko algoritmoa ikus daiteke, hau 3 aldiz errepikatuko zen jatordu bakoitzaren dosia birkalkulatuz. Aplikazioak, horretaz gain, jatorduen orduak eta glukosa mailen goi eta behe limiteak aldatzeko aukera dauka, algoritmoak ordutegi egokietan aplikatzeko eta nahi diren balioen artean mantentzen saiatzeko.



Irudia 28 Algoritmoaren fluxu diagrama

7.5. Aplikazioaren garapena

Gradu amaierako lan honetan diseinatutako aplikazioaren garapena fase desberdinetan banatu zen. Hasiera batean programazioa MatLab erremintaren bidez egin zen, algoritmoaren funtzionamenduaren programazioa eta frogaketa errazagoa eta azkarragoa zelako. Programa hau gehienbat algoritmoa zein modutan programatu ahal den ikusteko eta funtzionatzen duela frogatzeko egin zen, ondo funtzionatzen duela ziurtatu ondoren aplikazioa garatu ahal izateko.

Aplikazioaren hasierako garapenean datuak denbora errealean kargatu nahi ziren baina FreeStyle Libre+MiaoMiao sistematik datuak denbora errealean lortzea ezinezkoa izan da eta ondorioz eguneko datuen taulak esportatzea eta aplikazioak hauek erabiltzea erabaki da. Matlab bidez egindako programak denbora errealeko datuak erabiliz funtzionalitate gehigarriak ditu, hala nola, kirola egitearen eragina dosian kontuan hartzea eta dosi bakoitza hartu ondoren jaten hasteko zain egotea kudeatzea. Funtzionalitate hauek ez dira aplikaziora eraman dosien kalkulua denbora errealean egitea ez baita lortu.

Aplikazioaren programazioa egiteko AppInventor erabili da. Hau, blokeen bidez programatzeko erabili ahal den online erreminta bat da. Erreminta honek bloke bidezko programazio eroso erabiltzea ahalbidetzen du, baina Matlab bezalako inguruneetan sortutako programak itzultzea ez da prozesu erraza, izan ere, moldaketa anitz egin behar dira programazio modu ezberdina dela eta. Ingurune grafikoak hasiera batean programazioa modu intuitibo batean burutzea ahalbidetzen badu ere, programazio egiturak, hala nola "if" edo "while" modukoak, erabiltzean guztia grafikoki egiten denez programazio ingurunea oso beteta geratu daiteke. Hala ere, mugikor aplikazioak egiten esperientziarik ez daukan edonorentzat erreminta hau oso aukera egokia da aplikazioaren garapena burutzeko, batez ere pantailako interfazearen diseinua dela eta programa sinpleak egitea errazten duelako. Matlab-eko programa itzultzeko hainbat zailtasun egon dira programazio ingurune ezberdinak direla eta, batetik, mugikorreko aplikazio bat denez, interfaze grafiko sinple eta ulergarri bat lortu nahi zen, hainbat pantaila ezberdinekin gauza ezberdinak egiteko. Bestetik, Matlaben funtzioak egin daitezke baina AppInventorrek ez du aukera hau eskaintzen programa luzeagoa bilakatuz eta honen parteak berrerailetzeko aukera kenduz. Horregatik, Matlaben egin den programa AppInventorren programatzeko moldatu egin behar izan da batzuetan programako zatiak pixka bat aldatuz eta beste batzuetan programako zati osoak birplanteatuz AppInventorrek eskaintzen dituen erremintekin programatu ahal izateko.

Aplikazioak eskainiko duen funtzionamendua honakoa izango da:

1. **Dosien balioak hasieratu.** Erabiltzaileak kalkulatu eta erabili dituen azken datuak sartzen dira aplikazioan hasierako erreferentzia batetik abiatzeko.

Goizeko dosia

Arratsaldeko dosia

Gaueko dosia

Jatorduen orduan 24 orduko formatuan jarri, orduak ez badira puntuan zenbako komadunekin adierazi.
Adibidez: arratsaldeko 3 terdiak 15.5 litzateke

Gosaltzeko ordua

Bazkaltzeko ordua

Afaltzeko ordua

Listo

Irudia 29 Dosien eta jatorduen hasieraketa

2. **Jatorduen orduak ezarri.** Aplikazioak gosari, bazkari eta afariaren orduak jakin behar ditu hipergluzemiak eta hipogluzemiak zein jatorduren ostean gertatzen diren jakin ahal izateko eta horren arabera intsulina dosien gomendio moldatzeko.
3. **Eguneko glukosa mailen taula aplikazioan kargatu.** Glukosa mailen datuak zuzenean aplikazioan kargatzea erabaki da lan honetan. Hau egiteko beste aukera bat, datuak bluetooth bidez aplikaziora bidaltzea izango litzateke.
4. **Tauletako datuak prozesatu hurrengo dosiak gomendatzeko.** Egun osoko datuak irakurri eta hipogluzemia edo hipergluzemiaren bat egon bada gomendatutako dosien balioak moldatuko ditu aplikazioak.



Irudia 30 Dosien kalkulua

5. **Nahi diren glukosa maila maximoa eta minimoak ezarri.** Glukosa maila desiratuak zein balioen artean dauden moldatzeko aukera ematen da hauen goi eta behe limiteak aldatuz.



Irudia 31 Glukosa mailen limiteen ezarpena

6. **Jatordu bakoitzaren aurretik dosia bistaratu eta 25 min pasatu edo glukosa maila 5 jaitsi arte zain egon jateko.** Aplikazioaren funtzionalitate hau ez da erabilgarria datuak denbora errealean lortzea lortu arte, hau da, oraingoz, taulak erabiliz, ez da erabilgarria, baina algoritmoaren parte denez eta aplikazioan aukera hau mantendu nahi da etorkizunean bluetooth bidezko komunikazioa lortzen denerako.

```
when Hasieratu .Click
do open another screen screenName "hasieraketa"
```

```
when Button1 .Click
do open another screen screenName "limiteak"
```

```
initialize global goizdosi to call TinyDB1 .GetValue
tag "goizdosi"
valueIfTagNotThere 0
```

```
initialize global arratsdosi to call TinyDB1 .GetValue
tag "arratsdosi"
valueIfTagNotThere 0
```

```
initialize global gaudosi to call TinyDB1 .GetValue
tag "gaudosi"
valueIfTagNotThere 0
```

```
initialize global gosaldupos to call TinyDB1 .GetValue
tag "gosaldupos"
valueIfTagNotThere 7
```

```
initialize global bazkaldupos to call TinyDB1 .GetValue
tag "bazkaldupos"
valueIfTagNotThere 13
```

```
initialize global afaldupos to call TinyDB1 .GetValue
tag "afaldupos"
valueIfTagNotThere 21
```

```
initialize global BGmax to call TinyDB1 .GetValue
tag "BGmax"
valueIfTagNotThere 120
```

```
initialize global BGmin to call TinyDB1 .GetValue
tag "BGmin"
valueIfTagNotThere 70
```

```
initialize global table to create empty list
```

```
initialize global BGtaula to create empty list
```

```
initialize global posizio to 1
```

```
initialize global BG to 1
```

```
initialize global BG2taula to create empty list
```

```
initialize global a to "a"
```

```
initialize global goizdosiigo to 0
```

```
initialize global arratsdosiigo to 0
```

```
initialize global gaudosiigo to 0
```

```
initialize global goizdosijaitsi to 0
```

```
initialize global arratsdosijaitsi to 0
```

```
initialize global gaudosijaitsi to 0
```

Irudia 32 Aldagaien hasieraketa

32. Irudian erabiltzen diren aldagai guztiak hasieratu edota memoriatik kargatzen dira aplikazioan. Honela, aurretik erabilitako intsulina dosiak, jatorduen ordutegiak eta glukosa mailen limiteak kargatzen dira aplikazioa erabiltzen den bakoitzean berrezartzea saihesteko.

```

when Button1 .Click
do
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "goizdosi"
    valueToStore TextBox1 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "arratsdosi"
    valueToStore TextBox2 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "gaudosi"
    valueToStore TextBox3 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "gosaldupos"
    valueToStore TextBox4 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "bazkaldupos"
    valueToStore TextBox5 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "afaldupos"
    valueToStore TextBox6 .Text
  close screen
  
```

Irudia 33 Dosi eta ordutegiak hasieratzea

Dosi eta jatorduen balioak edozein momentutan aldatzeko aukera eskaintzen da, TinyDB deritzon datu base batean gordetzen ditu aplikazioak beste pantailetatik kargatu ahal izateko kalkuluak egitean.

```

when Button1 .Click
do
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "BGmax"
    valueToStore TextBox1 .Text
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "BGmin"
    valueToStore TextBox2 .Text
  close screen
  
```

Irudia 34 Glukosa mailen limiteen ezarpena



Dosi eta jatorduekin bezala edozein momentutan aldatu daitezke glukosa mailen limiteak eta datu base berebean gordetzen dira erabilera errazerako.

Dosiak kalkulatzeko botoiari ematean mugikorreko memoria "bg.csv" dokumentua bilatzen du aplikazioak. Esportatutako dokumentu honi eskuz aldatu beharko zaio izena esportatzen den bakoitzean aplikazioak dagokion eguneko datuak erabil ditzan. Dokumentu honetako datuekin lista bat egiten du eta lista honetatik interesatzen diren datuak bakantzen ditu. Ondoren, dosi jatordu eta limiteen balioak kargatzen ditu taulako balioak konprobatu aurretik.

Taulako balioak banan-banan limiteen artean daudela konprobatzen du eta balioen bat limiteetatik kanpo badago dagokion intsulina dosia moldatzen du. Hau gosaltzeko ordura arte egiten du eta ondoren beste bi aldiz egiten da, gosari, bazkari eta afariari dagokien dosiak moldatzeko.

Hiru dosiei behar ahalko luketen moldaketak egin ostean dosien balioak pantailaratzen dira eta balio guztiak berriz datu basean gordetzen dira aplikazioa hurrengo aldiz irekitzean datu egokiak gordeta egon daitezten.

```

when read Click
do
  call File1 ReadFrom
  fileName //bg.csv

  when File1 GotText
  text
  do
    set global a to 1
    set global BGtaula to create empty list
    set global BG2taula to create empty list
    set global table to list from csv table text get text
    for each item in list get global table
    do
      set item to split text get item
      at 3
      insert list item list get global BGtaula
      index get global a
      item select list item list get item
      index 3
      set global a to get global a + 1

    for each number from 2
      to length of list list get global BGtaula
      by 1
      do
        insert list item list get global BG2taula
        index get number - 1
        item select list item list get global BGtaula
        index get number

    set global goizdosi to call TinyDB1 GetValue
    tag goizdosi
    valueIfTagNotThere 0
    set global arratsdosi to call TinyDB1 GetValue
    tag arratsdosi
    valueIfTagNotThere 0
    set global gaudosi to call TinyDB1 GetValue
    tag gaudosi
    valueIfTagNotThere 0
    set global gosaldupos to call TinyDB1 GetValue
    tag gosaldupos
    valueIfTagNotThere 7
    set global bazkaldupos to call TinyDB1 GetValue
    tag bazkaldupos
    valueIfTagNotThere 13
    set global afaldupos to call TinyDB1 GetValue
    tag afaldupos
    valueIfTagNotThere 21
    set global BGmax to call TinyDB1 GetValue
    tag BGmax
    valueIfTagNotThere 120
    set global BGmin to call TinyDB1 GetValue
    tag BGmin
    valueIfTagNotThere 70
    set global gosaldupos to get global gosaldupos x 12
    set global bazkaldupos to get global bazkaldupos x 12
    set global afaldupos to get global afaldupos x 12
    set global posizio to 1
    set global gaudosigo to 0
    set global gaudosjaiti to 0
    set global goizdosigo to 0
    set global goizdosjaiti to 0
    set global arratsdosigo to 0
    set global arratsdosjaiti to 0

    while test
      get global posizio <= get global gosaldupos and - get global posizio <= length of list list get global BG2taula
    do
      set global BG to select list item list get global BG2taula
      index get global posizio
      set global posizio to get global posizio + 1
      if
        get global BG >= get global BGmax and - get global gaudosigo = 0
      then
        set global gaudosi to get global gaudosi + 0.5
        set global gaudosigo to 1
      if
        get global BG <= get global BGmin and - get global gaudosjaiti = 0
      then
        set global gaudosi to get global gaudosi - 0.5
        set global gaudosjaiti to 1
  
```

Irudia 35 Dosien kalkulua 1


```

do
  set global BG to select list item list get global BG2taula
  index get global posizio
  set global posizio to get global posizio + 1
  if
    get global BG > get global BGmax and get global gaudosigo = 0
  then
    set global gaudosi to get global gaudosi + 0.5
    set global gaudosigo to 1
  if
    get global BG < get global BGmin and get global gaudosijatsi = 0
  then
    set global gaudosi to get global gaudosi - 0.5
    set global gaudosijatsi to 1
  set global posizio to get global gosaldupos
  while test
    get global posizio < get global bazkaldupos and get global posizio < length of list list get global BG2taula
  do
    set global BG to select list item list get global BG2taula
    index get global posizio
    set global posizio to get global posizio + 1
    if
      get global BG > get global BGmax and get global goizdosigo = 0
    then
      set global goizdosigi to get global goizdosigi + 0.5
      set global goizdosigo to 1
    if
      get global BG < get global BGmin and get global goizdosijatsi = 0
    then
      set global goizdosigi to get global goizdosigi - 0.5
      set global goizdosijatsi to 1
  set global posizio to get global bazkaldupos
  while test
    get global posizio < get global afaldupos and get global posizio < length of list list get global BG2taula
  do
    set global BG to select list item list get global BG2taula
    index get global posizio
    set global posizio to get global posizio + 1
    if
      get global BG > get global BGmax and get global arratsdosigo = 0
    then
      set global arratsdosigi to get global arratsdosigi + 0.5
      set global arratsdosigo to 1
    if
      get global BG < get global BGmin and get global arratsdosijatsi = 0
    then
      set global arratsdosigi to get global arratsdosigi - 0.5
      set global arratsdosijatsi to 1
  set Label2 text to join
    "Goizeko dosia:"
    get global goizdosigi
    "Arratsaldeko dosia:"
    get global arratsdosigi
    "Gaueko dosia:"
    get global gaudosi
  set global gosaldupos to get global gosaldupos / 12
  set global bazkaldupos to get global bazkaldupos / 12
  set global afaldupos to get global afaldupos / 12
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "goizdosigi"
  valueToStore get global goizdosigi
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "arratsdosigi"
  valueToStore get global arratsdosigi
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "gaudosi"
  valueToStore get global gaudosi
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "gosaldupos"
  valueToStore get global gosaldupos
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "bazkaldupos"
  valueToStore get global bazkaldupos
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "afaldupos"
  valueToStore get global afaldupos
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "BGmax"
  valueToStore get global BGmax
  call TinyDB1 StoreValue
  tag "BGmin"
  valueToStore get global BGmin

```

Irudia 36 Dosien kalkulua 2

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

2. DOKUMENTUA- METODOLOGIA

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26

8. Metodologia

Atal honetan proiektua aurrera eramateko burutu behar izan diren etapak zehazten dira. Proiektuaren fase desberdinetan burutu beharreko eginbeharrak deskribatzen dira hauen iraupena zehaztuz. Ondoren, informazio guztia Gantt diagrama batean batu da proiektuaren planifikazioa modu argi batean adierazteko xedearekin.

8.1. Eginbeharren deskribapena

1. Etapa. Hasierako ikerketa eta ideiarekin zehaztapena.

1.1. Ideia zehaztea

Hasieratik diabetesaren inguruko lan bat garatu nahi zela argi bazegoen ere, zehazki zer motatako lana garatuko zen zehaztu behar izan zen. Osasunarekin lotutako gai bat izanda, zeregin hau ez zen erraza izan, esparru desberdineko jendearekin harremanetan jarri behar izan baitziren bai ikaslea baita lanaren zuzendaria ere.

Hortaz, kontutan izanda zeregin honen garapenaren kontrola ez zegoela guztiz egilearen menpe, honekin batera informazio bilaketarekin lotutako zereginak ere burutu ziren. Zehazki, hau diabetesaren eta diabetesa tratatzeko erabiltzen diren gailuen ikerketarekin batera egin zen, merkatuak eskaintzen dituen aukera desberdinak ezagutu ahal izateko eta diabetesaren tratamendua zein den kontuan hartzeko lanaren helburua zehazterakoan.

Diabetesaren eta honekin laguntzen duten gailuen inguruko ezagutza falta dela eta zeregin hau bi hilabetetan zehar burutu zen sentsoreen eta diabetesaren inguruko ikerketarekin batera.

1.2. Diabetesaren ikerketa

Lan honen helburua definitu ahal izateko, ezinbestekoa zen diabetesa hobeto ezagutzea eta honekin lagundu ahal duten gailuen funtzionamendua ahalik eta hoberen ulertzea. Horrela, sentsoreen ikerketarekin batera burutu zen zeregin hau, osagarriak diren bi ikerketa baitira.

Zeregin hau, hasiera batean, lanaren lehen bi hilabeteetan egingo da aurrera egiteko oinarri sendo bat sortzeko. Hala ere, esan beharra dago, lanaren garapenean zehar ikerketa honen berrikusketak burutzea beharrezkoa izan zela diabetesaren aspektu guztiak lanarekin nola erlazionatzen ziren argi edukitzeko.

1.3. Glukosa neurgailuen ikerketa

1 motako diabetesaren tratamendu guztiak glukosa mailen neurketetan oinarritzen dira, gaixoak ziztatu behar duen insulina dosiak kalkulatu ahal izateko. Hemen diseinatutako aplikazioak ere neurketa horien beharra izango duenez, aplikazioan datuak kargatzeko sentsore egokiena zein den aukeratu behar zen eta honetarako sentsoreen azterketa zehatz bat egin behar izan zen.

Ikerketa hau hasierako bi hilabeteetan egingo da lanean zehar erabili ahal diren sentsoreen informazioa eskuragarri edukitzeko. Hala ere, esan beharra dago, lanaren garapenean zehar ikerketa honen berrikusketak burutzea beharrezkoa izan zela merkatuaren eta dispositiboaren garapenaren monitorizazioa egin ahal izateko.

2. Etapa. Algoritmoaren zehaztapena eta programaren lehen iterazioa

2.1. Algoritmoaren zehaztapena

Lan honen garapenerako kontutan hartu den kasu azterketa adibidetik abiatuz aplikazioan inplementatuko den algoritmoa garatu da eginbehar honetan. Horrela, pertsona horrek bere diabetesaren kontrola egiteko erabiltzen duen metodoa algoritmo bat bezala adierazi behar izan zen.

Algoritmoaren diseinua egin ahal izateko kide honekin hainbat batzar egin ziren hilabete batean zehar algoritmoaren funtzionamendua ondo ulertu eta bere baliotasuna aztertu ahal izateko.

2.2. Hasierako programa bat garatu

Algoritmoaren diseinua lortu ondoren, hau erreminta desberdinetan inplementatu zen. Lehendabizi, Matlab bidez programatuko zen algoritmoaren funtzionamendua aztertzeko eta beharrezko egokipenak egin ahal izateko.

Zeregin honen lehen zatia algoritmoaren zehaztapenaren osteko 3 hilabeteetan zehar luzatu zen. Horren ondoren Covid 19-aren pandemia dela eta geldialdi bat egin zen, lanera bueltatzean beste 3 hilabetez lan egin zen programaren bertsio honekin.

Covid- aren ondoriozko geldialdia

Esan beharra dago, Gradu Amaierako Lan honen garapenean atzerapen handia eragin duela, arrazoi ezberdinengatik, jasan behar izan den pandemia egoerak. Honen ondorioz, 8 hilabete inguruko geldialdi bat egon da lanaren garapenean.

3. Etapa. Memoria dokumentuaren sorrera eta aplikazioaren garapena

3.1. Memoria dokumentua

Aurreko etapetan egindako ikerketaren ostean memoria dokumentuaren garapenari ekin zitzaion. Honetan aurretik egindako ikerketan lortutako informazioa behar bezala antolatuz, falta zen informazioa antzemanaz eta lanean garatutako erreminten deskribapena zehaztuz.

Hau egiteko sei hilabete erabili ziren paraleloan algoritmoaren implementazioa egin zelako eta aplikazioa garapenean ere landu zelako. Garapen honek pandemia dela eta geldialdi bat eduki zuen tartean, memoria lantzeko erabilitako denbora bi zatitan banatuz.

3.2. Aplikazioaren garapena

Proposatutako algoritmoaren funtzionamendua Matlab-en egindako implementazioaren bidez egiaztatu ondoren, hau App Inventor erreminta erabiliz programatu zen mugikorreko aplikazio bat garatuz.

Aplikazio honen garapena eta doiketa bi hilabetetan zehar egin da memoria dokumentuaren garapenarekin batera.

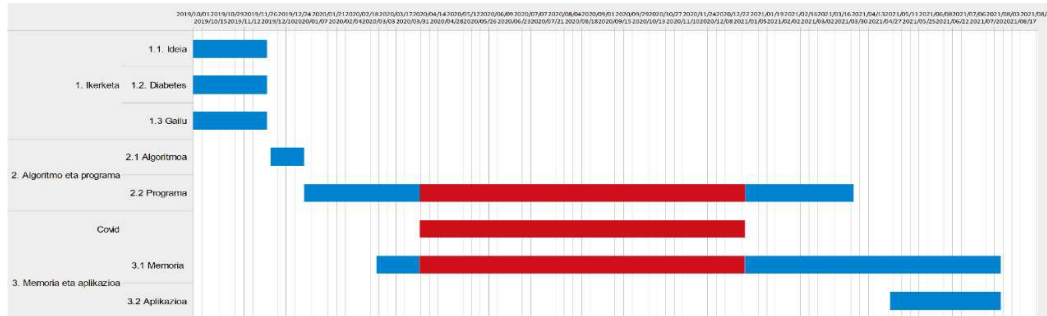
8.2. Gantt Diagrama

Aurretik esan bezala, lanean burututako zereginak Gantt diagrama bidez aurkeztuko dira. Horrela, proiektuaren hasiera eta amaiera datak azter daitezke betebeharrak bakoitzaren iraupenarekin batera. 2. Taulan adierazten den bezala, kontutan izan behar da zereginak batera exekutatzeko aukera eta hauen artean egon ahal den menpekotasuna.

Zeregina	Hasiera	Iraupena	Bukaera	Paraleloan landutako zereginak	Zereginen menpekotasuna
1. Etapa. Hasierako ikerketa ideiarene zehaztapena	2019/10	61 egun	2019/12		
1.1. Ideia zehaztea	2019/10	61 egun	2019/12		-
1.2. Diabetesaren ikerketa	2019/10	61 egun	2019/12		-
1.3. Glukosa neurgailuen ikerketa	2019/10	61 egun	2019/12		-
2. Etapa. Algoritmoaren zehaztapena eta programaren lehen iterazioa	2019/12	61 egun (aldi berean lan egindako denbora 4. Etapan kontatuta)	2020/03		
2.1. Algoritmoaren zehaztapena	2019/12	31 egun	2020/01		1. Etaparen menpe
2.2. Hasierako programa	2020/01	181 egun	2021/04		2.1 zereginaren menpe
Covid-aren ondorioz geldialdia.	2020/04	275 egun	2021/01		
3. Etapa. Memoria dokumentuaren sorrera eta aplikazioaren garapena.	2020/03	243 egun	2021/08		
3.1. Memoria dokumentua	2020/03	243 egun	2021/08		1. Etaparen menpe
3.2. Aplikazioa	2021/05	92 egun	2021/08		2.2 zereginaren menpe
Totala	2019/10	365 egun	2021/08		

Taula 2 Proiektuaren denbora taula

2. taulan adierazitako informazioan oinarrituz 37. Irudian ematen den Gantt diagrama sortu da. Laburbilduz, ikusi daiteke, Gradu Amaierako Lan hau 2019ko urrian hasi zela eta 2021eko abuztuan bukatu dela, guztira 365 eguneko iraupena izan du, Covid-aren pandemia izan dela eta 2020an geldialdi luze bat egon zelarik.



Irudia 37 Gantt diagrama

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

3. DOKUMENTUA- ALDERDI EKONOMIKOAK

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26

9. Aurrekontua

Gradu Amaierako Lan honetan ezarritako zereginak burutzeko erabili den materiala ez denez erosi izan behar, atal honetan bakarrik ikaslearen eskulanari eta erabilitako softwareari dagokion aurrekontua kontutan hartuko da. Nabarmentzekoa da Covid-aren ondorioz jasandako geldialdia dela eta denbora asko eman dela lana berriz martxan jartzen guztira 365 eguneko lana egin delarik. Denbora guzti hau ez denez izan bakarrik lana aurrera eramateko, denbora gehienez ikasleak klaseak eduki baititu lana aurrera eraman bitartean, eguneko 3 ordu lan egin direla kontuan hartuko da

Elementua	Kopurua	Kostua unitateko	Kostua
Eskulana	365×3 ordu	20€/ordu	21.900 €
Baliabide teknologikoak			
App Inventor	1	Dohakoa	0 €
Matlab	1	800€	800 €
Totala			22.700 €

Taula 3 Proiektuaren aurrekontua

Lana aurrera eramateak duen kostuaz gain erabiltzaileek aplikazioa erabili ahal izateko egin beharko luketen gastua ere kalkulatu da atal honetan. Euskal Herrian diabetiko askok jada FreeStyle Libre erabiltzen dute eta Osakidetzari esker ez dute ezer ordaindu behar. Gainera, MiaoMiao gailua ere erabiltzen duen jendea ere badago, hala ere, hemen guztia erosteko beharko zen gastua kalkulatu da. 4. Taulan urte bateko kalkulua adierazten da sentsoreak bi astero aldatu behar baitira.

Elementua	Kopurua	Kostua unitateko	Kostua
FreeStyle Libre	26	54,45€	1415,7 €
MiaoMiao	1	89€	89 €
Aplikazioa	1	dohakoa	0 €
Totala			1.504,70 €

Taula 4 Sistemaren aurrekontua

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

4. DOKUMENTUA- ONDORIOAK

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26

10. Ondorioak

Lan honetan eguneroko insulina dosi gomendagarriak kalkulatzeko dituen mugikorrek aplikazio bat garatu da. Honen bidez diabetesa jasaten duen edozein norbanakok dituen aukera teknologikoak zabaldu dira, aukera gehiagoren bidez diabetiko bakoitzak bere bizimodura hoberen moldatzen den sistema aukeratu ahalko baitu.

Hemen garatutako aplikazioak ez ditu beste aplikazio edo gailuak ordezkatzeko kasu gehienetan eta ez du balioko edozein pertsonarentzat. Baina bere insulina dosiak modu honetan kalkulatzeko dituen diabetiko batek lanean lagundu duenez, kasu erreal batean oinarrituta dago, eta ondorioz berak bezalako dieta erregularra duen edozein diabetikok erabili ahalko du.

Horretaz gain lana burutu ahal izateko, diabetesaren inguruko ikerketa sakon bat egin behar izan da hau hobeto ulertzeko behar diren oinarriko ezagutzetan sakonduz, batez ere, glukosa mailen kontrolaren inguruko ikerketaren egoera aztertuz. Honen bidez, diabetikoek eskura dituzten neurgailu aukera desberdinen hainbat ezaugarriren konparaketa bat egin da eta aplikazioarekin batera lan egiteko egokiena aukeratu da. Aplikazioaren garapena programazio ingurune desberdinetan ezagutzak eskuratzea ere bultzatu du, graduan zehar algoritmoen diseinuarekin lotutako ezagutzetan sakonduz.

Lan honen bidez diabetesak mundu guztian duen eragina zenbaterainokoa den ikusi da. Gaur egun tratamenduak oso aurreratu dauden arren gaixoen erdiek ez dakite diabetesa jasaten dutela eta honek osasun arazoak dakartza epe luzean. Honen ezagutza zabaldu egin beharko zen, tratamenduak asko hobetzen badira ere jendeak ez badaki diabetesa duela ez duelako ezertarako balio tratamenduak.

Laburbilduz, lan honen bidez diabetesaren eta diabetikoen inguruko ezagutza zabaldu da, orain hobeto ulertzen da epidemia honen larritasuna eta teknologia berrien beharra tratamendua errazteko. Horregatik hainbeste diabetikok ofizialak ez diren erremintak erabiltzen dituzte, hauek baitira erabiltzaile bakoitzera hobeto moldatu daitezkeen erremintak, eta horretaz gain kode irekikoak direnez ez dira ordaindu behar, sistema ofizialak baino askoz erakargarriagoak izanez.

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

**< GLUKOSA MONITORIZAZIOA ETA
INTSULINAREN DOSIA KALKULATU ETA
KUDEATZEKO APLIKAZIOA >**

5. DOKUMENTUA- BIBLIOGRAFIA

Ikaslea: Peña Fernandez Urko

Zuzendaria (1): Sevillano Berasategui, M^a Goretti

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko Uztailak 26

11. Bibliografía

- [1] «Atlas de la Diabetes de la FID. Federación Internacional de la Diabetes. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la diabetes,» Ginebra, 2016.
- [2] «Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la diabetes,» 2016.
- [3] «freestylelibre,» 2018. [Online]. Available: <https://www.freestylelibre.es/libre/diabetes-blog/la-diabetes-a-traves-de-las-estadisticas.html>. [Atzitze-data: 15 06 2021].
- [4] «Osakidetza,» 28 01 2021. [Online]. Available: <https://www.osakidetza.euskadi.eus/endocrinas/-/diabetes/>. [Atzitze-data: 16 06 2021].
- [5] «IDF diabetes atlas, Ninth edition,» 2019.
- [6] «Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus,» *Diabetes Care*, %1. bol.37, 2014.
- [7] L. H. Dirksen, Enfermería medicoquirúrgica. Valoración y cuidados de problemas clínicos. Volumen II. 6ªed, España: Elsevier, 2004.
- [8] «Que Dieta,» [Online]. Available: <http://www.quedieta.com/dieta-medica/diabetes-y-dieta-para-diabeticos>.
- [9] «Asociación Diabetes Madrid,» 12 Marzo 2015. [Online]. Available: <https://diabetesmadrid.org/conoces-la-historia-de-la-diabetes>.
- [10] C. Kalberg, «Beyond Type 1,» 08 09 18. [Online]. Available: <https://beyonddiabetes.org/next-stop-cure-a-quick-history-of-diabetes-research/>.
- [11] K. B. priscilla LeMone, Enfermería Medicoquirúrgica, Pensamiento crítico en la asistencia del paciente, Volumen I 4ªEdición, Madrid: pearson Educación, 2009.
- [12] C. P. Grosso, *Diabetes tipo 2. FEPREVA, Fundación para el Estudio, la Prevención y el tratamiento de la Enfermedad Vasculor Aterosclerótica*, 2013.
- [13] A. C. G. John E. Hall, Tratado de Fisiología Médica 12ª Edición, Elsevier Saunders.
- [14] «SPDiabetes,» [Online]. Available: <http://spdiabetes.es/la-diabetes.php>. [Atzitze-data: 08 07 2021].
- [15] a. M. Á.-m. J. C. M.-P. Roberto Cano-De La Cuerda, «Efectividad de los programas de ejercicio físico en los pacientes con diabetes mellitus,» *Medicina Clínica*, %1. bol.132, %1 zk.5, 2009.
- [16] I. R. Andreu Nubiola, «Dieta hipoglucídica en el tratamiento de la diabetes tipo 2,» *Avances en Diabetología*, %1. bol.28, %1 zk.6, 2012.
- [17] I. C. D. M. A. N. A. G.-B. Sharona Azriela, «Un caso especial de diabetes mellitus gestacional,» *Endocrinología y Nutrición*, %1. bol.55, %1 zk.9, 2008.
- [18] A. Z. Marcelino Hernández Valencia, «Conceptos recientes en la etiopatogenia de

- la diabetes gestacional,» *Ginecología y Obstetricia de México*, %1. bol.73, %1 zk.7, 2005.
- [19] Y. Z. X. Z. B. L. Enfa Zhao, «Association between maternal diabetes mellitus and the risk of congenital malformations: A meta-analysis of cohort studies,» *Drug Discoveries & Therapeutics*, %1. bol.9, %1 zk.4, 2015.
- [20] J. M. Basain Valdés, M. d. C. Valdés Alonso eta E. Miyar Pieiga, «Proceso de programación fetal como mecanismo de producción de la obesidad en la vida extrauterina,» *MEdisan*, %1. bol.18, %1 zk.10, 2014.
- [21] L. G. Carter, S. Y Ngo Tenlep, L. Woollett eta K. Pearson, «Exercise Improves Glucose Disposal and Insulin Signaling in Pregnant Mice Fed a High Fat Diet,» *Journal of diabetes & metabolism*, 2015.
- [22] R. L. Drake, A. W. Vogl eta A. W. M. Mitchell, *Gray's Anatomy for Students*, Churchill Livingstone.
- [23] «Stanford Children's Health,» [Online]. Available: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyandfunctionoftheliver-90-P06162>.
- [24] «IQB,» [Online]. Available: https://www.iqb.es/d_mellitus/historia/historia01.htm.
- [25] A. S. Ojeda, «Monografías,» [Online]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos14/insulina/insulina.shtml>.
- [26] R. K. Bernstein, *Diabetes Solution*, 1997.
- [27] Jarroyave, «Timetoast,» [Online]. Available: <https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-del-glucometro>.
- [28] J. R. B. Ramírez, J. Espinoza Jr eta M. d. R. Maciel Arellano, «Tecnología para la prevención y cuidado,» *Avances: Investigación en Ingeniería*, %1. bol.15, %1 zk.1, 2018.
- [29] J. Azucarado, «Jedi Azucarado,» 09 Septiembre 2019. [Online]. Available: <https://www.jediazucarado.com/el-sistema-hibrido-de-tandem-presentado-a-la-fda/>.
- [30] J. Azucarado, «Jedi Azucarado,» 10 Julio 2020. [Online]. Available: <https://www.jediazucarado.com/alianza-entre-freestyle-libre-2-y-tandem-tslim-x2/>.
- [31] «Accu-Chek,» [Online]. Available: <https://www.accu-chek.co.uk/insulin-pumps>.
- [32] «Medtronic Diabetes,» [Online]. Available: <https://www.medtronicdiabetes.com/products/minimed-770g-insulin-pump-system>.
- [33] «OpenAPS,» [Online]. Available: <https://openaps.org/>.
- [34] «OpenAPS,» [Online]. Available: <https://openaps.readthedocs.io/en/master/docs/Gear%20Up/pump.html>.
- [35] «NightScout,» [Online]. Available: <http://www.nightscout.info/>.
- [36] «OpenAPS,» [Online]. Available: <https://openaps.org/reference-design/>.
- [37] «Carb Manager,» [Online]. Available: <https://www.carbmanager.com/feature-summary>.

- [38] «University of California,» [Online]. Available: <https://dtc.ucsf.edu/es/tipos-de-diabetes/diabetes-tipo-2/tratamiento-de-la-diabetes-tipo-2/medicamentos-y-terapias-2/prescripcion-de-insulina-para-diabetes-tipo-2/calculo-de-la-dosis-de-insulina/>.
- [39] «American Diabetes Association,» [Online]. Available: <https://www.diabetes.org/resources/statistics/cost-diabetes>.
- [40] «Diamontech,» [Online]. Available: <https://www.diamontech.de/home#technology>.
- [41] «Diamontech,» [Online]. Available: <https://www.diamontech.de/home#faqs>.
- [42] V. Pradana Rachim eta W. Young Chung, «Wearable-band type visible-near infrared optical biosensor for non-invasive blood glucose monitoring,» *Sensors and Actuators B: Chemical*, %1. bol.286, 2019.
- [43] «SugarBEAT,» [Online]. Available: <https://sugarbeat.com/>.
- [44] «Nemauro Medical,» [Online]. Available: <https://nemauromedical.com/technology/>. [Atzitze-data: 20 12 2019].
- [45] «Cnoga Care,» [Online]. Available: <https://www.cnogacare.co/cog-hybrid-glucometer>.
- [46] «Glucotrack,» [Online]. Available: <http://www.glucotrack.com/about-glucotrack/>.
- [47] «Si-Ware Systems,» [Online]. Available: <https://www.si-ware.com/our-offerings/neospectra-micro/>.
- [48] *NeoSpectra SWS62231 Datasheet*.
- [49] «FreeStyle Libre,» [Online]. Available: <https://freestylelibre.com.sg/freestyle-libre-starter-pack-bundle.html>.
- [50] «FreeStyle Libre,» [Online]. Available: <https://www.freestylelibre.es/libre>.
- [51] *FreeStyle LibreLink manual de Usuario*.
- [52] «Gluco-Wise,» [Online]. Available: <https://gluco-wise.com>.
- [53] «A Sweet Life,» 5 September 2013. [Online]. Available: <https://asweetlife.org/a-non-invasive-cgm-explained-echo-therapeutics-symphony>.
- [54] «Science Direct,» [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/sonophoresis>.
- [55] «PK Vitality,» [Online]. Available: <https://www.pkvitality.com/ktrack-glucose>.
- [56] «Canal Diabetes,» [Online]. Available: <https://canaldiabetes.com/bomba-de-insulina-slim-x2-con-control-iq/>.
- [57] «Medtronic Diabetes Latino,» [Online]. Available: <https://www.medtronicdiabeteslatino.com/productos/bombas-de-insulina/bombas-de-insulina-anteriores>.
- [58] «Medtronic Diabetes,» [Online]. Available: <https://www.medtronicdiabetes.com/customer-support/minimed-770g-system-support/setting-up-minimed-mobile-app>.
- [59] «Dexcom,» [Online]. Available: <https://www.dexcom.com/apps>.
- [60] «GlucosApp,» [Online]. Available: <https://www.glucosapp.com/index.html>.



- [61] «Socialdiabetes,» [Online]. Available: <https://www.socialdiabetes.com/es/app>.
- [62] «MiaoMiao,» [Online]. Available: <https://miaomiao.cool/>.
- [63] F. Gómez-Ulía de Irazazábal eta S. Ondategui-Parra, «Informe sobre la Ceguera en España,» Ernst & Young, 2012 .
- [64] C. Benesch, «Profil,» 27 07 2017. [Online]. Available: <http://blog.profil.com/blog/error-grid-analysis>.
- [65] P. E. Romero, *Toma el control de la diabetes, Modulo 6, Cálculo de insulina para las comidas*, Dialibre Joven, 2016.
- [66] «Diabetika,» [Online]. Available: <https://diabetika.es/es/monitorizacion-glucosa/507-miao-miao-transmisor-para-freestyle-libre-8009990880.html>.
- [67] «Eitb,» [Online]. Available: <https://www.eitb.eus/es/noticias/sociedad/detalle/6814910/osakidetza-extendera-todos-diabeticos-parche-medidor-glucosa/>.