

NANOSENSORS I LA SEVA APLICACIÓ A L'ESPORT

CONTROL DE LA DESHIDRATACIÓ EN TEMPS REAL



Luis Sanz Figueras

Tutora: Pilar Sanz Loriente

Tarragona, Gener 2016

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. OBJECTIUS.....	6
1.2. HIPÒTESI DE TREBALL	6
1.3. PLANIFICACIÓ DE LA RECERCA	7
2. MARC PREVI	8
2.1. LA HIDRATACIÓ: CLAU DE LA SUPERVIVÈNCIA	8
2.2. LA DESHIDRATACIÓ	11
2.3. EL MECANISME DE LA SUOR I LA SEVA RELACIÓ AMB LA DESHIDRATACIÓ	14
2.3.1. LA SUOR: DEFINICIÓ I FUNCIONS.....	14
2.3.2. COMPONENTS DE LA SUOR	16
2.3.3. QUAN I COM ES PRODUEIX LA SUOR?	16
2.3.4. LA SUOR I LA SEVA RELACIÓ AMB L'ENERGIA I L'ESFORÇ FÍSIC.....	19
2.4. ELS SISTÈMES TRADICIONALS DE MESURA DE LA DESHIDRATACIÓ	25
2.5. ÚLTIMS AVENÇOS TECNOLÒGICS PER LA MESURA DE LA DESHIDRATACIÓ: ELS SENSORS QUÍMICS.....	30
2.5.1. ELS SENSORS QUÍMICS.....	30
2.5.2. EL CONCEPTE WEARABLE	32
2.5.3. LA NANOCIENCIA I ELS WEARABLES	34
3. MARC EMPÍRIC	36
3.1. DISSENY DE LA RECERCA	36
3.2. INSTRUMENTS UTILITZATS PER LA RECERCA.....	37
3.2.1. CONSTRUCCIÓ DEL NANOSENSOR QUÍMIC.....	37
3.2.2. FUNCIONAMENT DEL NANOSENSOR	42
3.3. PROCEDIMENT	42
3.4. ANÀLISIS DE DADES	52
4. RESULTATS	56

5. DISCUSIÓ I CONCLUSIONS	57
6. LIMITACIONS DE LA RECERCA	60
7. FUTURES LINEES DE RECERCA.....	61
8. COMPETENCIES ADQUIRIDES.....	62
9. BIBLIOGRAFIA	63
10. ANNEXOS	65

Agraïments

La realització d'aquest treball ha estat possible gràcies al suport de persones a les quals des d'aquestes pàgines vull fer arribar el meu agraïment.

Al Jordi Ferre, el meu entrenador esportiu, per la seva inestimable ajuda en la confecció d'aquest treball de recerca i sobretot per la paciència i comprensió demostrades en tot moment. Ell m'ha facilitat la guia necessària per a portar-lo a terme, a banda de l'accés i enllaç amb el grup de recerca.

El meu agraïment als membres del Grup d'Investigació de Quimiometria, Qualimetria i Nanosensors de la Universitat Rovira i Virgili, i molt especialment al Dr. Francisco Javier Andrade, per haver-me facilitat el poder integrar-me en el seu equip d'una manera tan amable, i per la seva positiva col·laboració quant a proveir-me de l'accés a la informació i dels materials necessaris per a l'experimentació.

Als meus pares, per ajudar-me en tot moment en la dedicació del treball i donar-me ànims i empenta per a realitzar-lo.

Vull fer un agraïment especial a la meva tutora del treball, Pilar Sanz, per la seva implicació en aquest treball, i pels seus consells que m'han ajudat a gaudir del treball tot i en els moments més difícils.

1. INTRODUCCIÓ

Un dia, en una conversa amb el meu preparador de triatló mentre entrenàvem, em va explicar que ell estava participant en un projecte de recerca, en la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona, incorporant sensors sobre diferents teixits, el que anomenen “roba intel·ligent”, de forma que els permetia recollir informació sobre diferents paràmetres fisiològics. El projecte em va semblar molt interessant i, després de reflexionar-ho, vaig proposar al meu entrenador realitzar el treball de recerca de batxillerat sobre aquesta temàtica donat que, a banda d'omplir-me de curiositat, em permetria gaudir mentre el feia, ja que m'agrada qualsevol aspecte que estigui relacionat amb l'esport i la tecnologia.

Gràcies a la seva ajuda i a la de l'investigador principal del projecte de recerca, que em va obrir les portes del seu laboratori, he pogut incorporar-me al Grup d'Investigació de Quimiometria, Cualimetria i Nanosensors de la URV, i participar del projecte mitjançant la fabricació de sensors en diferents formats, provar-los, i a través de rutines d'entrenament programades en bicicleta i corrent, mesurar els resultats que se'n deriven.

La meua recerca es concreta en l'elaboració d'uns sensors a través dels quals es pot determinar, en temps real, la pèrdua d'aigua que es produeix per la pràctica esportiva intensa, a través de la suor, i així poder tenir informació per actuar i prevenir les conseqüències que se'n pugin derivar.

Un desequilibri en la hidratació pot significar deshidratació o sobrehidratació (congestió), dos processos que poden afectar el rendiment cognitiu i físic. El nombre d'hospitalitzacions per deshidratació ha augmentat constantment en les últimes dècades, arribant a 518.000 hospitalitzacions i 5.500.000.000\$ en despeses d'hospital en 2004 als Estats Units (Kim, 2007).

Les conseqüències dels desequilibris d'hidratació generen malalties que podrien ser previstes i evitar moltes hospitalitzacions si es diagnostiquen i es gestionen d'hora. Per desgràcia, l'estat del fluid d'un individu és difícil d'avaluar i no hi ha, a dia d'avui, un patró únic i universal (“*Gold Standard*”¹) per a informar de la presa de decisions a l'equip mèdic.

Aquest projecte de recerca fa una crida a la necessitat d'una tècnica ràpida, precisa, no invasiva, portàtil i segura per mesurar l'estat d'hidratació, sobretot en un àmbit ambulatori. Tal invenció podria ser utilitzada no sols en l'àmbit esportiu, sinó també en el control i tractament de la gent gran, dels infants, així com de moltes altres poblacions.

Al no existir un mètode únic robust per determinar l'estat de deshidratació, actualment s'utilitzen múltiples mètriques de forma combinada per a proporcionar una avaluació més completa. Les mètriques més utilitzades a dia d'avui són: el canvi de massa corporal, la osmolaritat plasmàtica, el canvi del volum plasmàtic i l'anàlisi d'orina, entre d'altres. No obstant, malgrat l'existència de diverses eines i mètriques, aquestes presenten múltiples problemes, destacant l'alta variabilitat en la mesura, fet que produeix molta confusió i obliga a la avaluació a través de múltiples sistemes no essent cap d'ells determinant com a mesura independent.

Es postula que és possible construir un sensor portàtil, no invasiu, que serà capaç d'obtenir informació sobre la pèrdua d'aigua en el cos humà, i que esdevindrà una plataforma de diagnòstic adequat per avaluar l'estat de deshidratació en les persones.

Aquest treball presenta la imparabile evolució que està adquirint la tecnologia actual en l'àmbit de la salut i de l'esport, pel fet que, el poder tenir informació sobre el teu cos en temps real, permet poder solucionar i anticipar molts dels problemes que aquest pateix.

¹ Test de referència (Gold Standard): És el procediment o estudi que s'utilitza per definir el veritable estat del pacient. Test universalment acceptat per diagnosticar la malaltia en qüestió i amb el qual es comparen nous tests per diagnosticar la mateixa malaltia (en general menys invasius, menys costosos o més fàcils de realitzar).

1.1. OBJECTIUS

El present treball de recerca persegueix assolir els següents objectius:

- Conèixer els sistemes reguladors de la hidratació del cos humà vinculats amb el procés de sudoració
- Analitzar la relació existent entre l'energia produïda a través de l'esforç físic i la deshidratació
- Construir un dispositiu que permeti detectar en temps real la sudoració
- Mitjançant l'aplicació del dispositiu, mesurar la relació entre el desgast energètic provocat per un esforç físic esportiu i la deshidratació, de manera que amb aquesta informació puguem saber exactament el líquid que cal beure per recuperar-la i en quin moment.
- Ampliar la meua formació tant en l'adquisició de nous coneixements com en l'aplicació de metodologies per a la recerca. Aquesta primera experiència en el món de la investigació, em permetrà identificar si és un àmbit de treball que desperti la curiositat en mi, i cap al qual pugui orientar la meua futura carrera professional.

1.2. HIPÒTESI DE TREBALL

Vinculat amb els objectius anteriors, la present recerca planteja la següent hipòtesis de treball:

A través d'un sensor aplicat al cos d'un esportista, es pot conèixer exactament el moment en el que es comença a produir la deshidratació per pèrdua de suor. Així, donant informació en temps real a la persona a la que se li aplica el sensor, permetrà rebre l'alerta de en quin moment ha

de beure líquid o prendre altra mesura correctora, i així evitar la deshidratació.

1.3. PLANIFICACIÓ DE LA RECERCA

Partint de la bibliografia existent, farem un anàlisi en profunditat dels fonaments que originen el mecanisme de la deshidratació del cos humà, així com dels sistemes que existeixen avui en dia per regular-la, mesurar-la i combatre-la. Aquest anàlisi el completarem amb l'estudi del funcionament dels sensors fisiològics.

Un cop analitzat el marc de referència sobre el qual fonamentarem la recerca, procedirem a abordar la fase experimental, per a la qual construirem un sensor que ens permetrà mesurar la pèrdua d'aigua que es deriva per motiu de realitzar un esforç físic intens, conseqüència d'una pràctica esportiva d'alta resistència.

Col·locarem el sensor sobre el meu cos, i mesurarem l'aigua que es perd després de realitzar una rutina d'entrenament de ciclisme i atletisme.

Finalment, fet el registre dels resultats, analitzarem els mateixos i farem la interpretació de les dades i de les conclusions que se'n deriven.

2. MARC PREVI

2.1. LA HIDRATACIÓ: CLAU DE LA SUPERVIVÈNCIA

L'aigua juga un paper molt important en el nostre organisme: protegeix i és lubricant per al cervell i les articulacions, transporta els nutrients a les cèl·lules del cos i s'encarrega de retirar de les mateixes els residus o substàncies de deixalles. També ajuda a regular la temperatura corporal mitjançant la redistribució de la calor des de teixits actius fins a la pell i mitjançant el refredament del cos a través de la suor.

L'aigua és el component principal del cos humà: normalment representa més del 60% del pes corporal en homes adults, i és lleugerament inferior, un 50-55% en dones, a causa de la seva proporció més alta de greix corporal. El cervell i els músculs són aproximadament un 75% aigua; la sang i els ronyons un 81%; el fetge un 71%; els ossos un 22% i el teixit adipós un 20%.

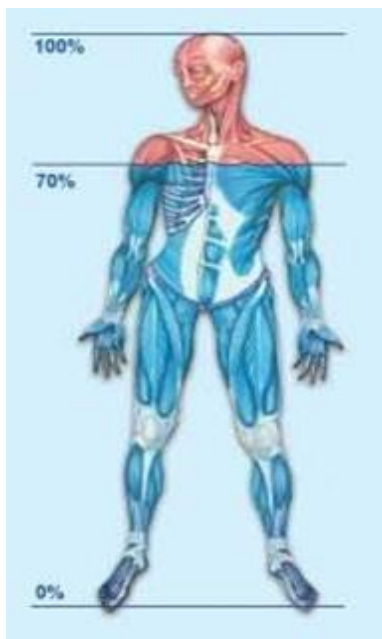


Figura 1: Percentatge d'aigua al cos humà

Font: <http://www.feec.org/Noticies/noticia.php?noti=486>

La major part de l'aigua del cos es troba a l'interior de les cèl·lules (aproximadament dues terceres parts), i la resta circula per l'espai extracel·lular o espai entre les cèl·lules (espai intersticial) i el plasma sanguini.

La quantitat d'aigua total del cos i l'equilibri entre la ingesta i la pèrdua d'aigua estan controlats homeostàticament mitjançant mecanismes que modifiquen les vies d'excreció i estimulen el consum (set).

El cos necessita aigua per sobreviure i funcionar. Els humans només poden sobreviure uns pocs dies sense beure aigua depenent del clima, els nivells d'activitat i altres factors, mentre que es pot sobreviure sense altres nutrients durant setmanes o mesos. Tot i que l'aigua sovint es tracta de manera una mica trivial, cap altre nutrient és tan essencial o necessari en quantitats tan elevades.

Una adequada hidratació és essencial per a la salut i el benestar. Tota cèl·lula del cos humà necessita aigua. La hidratació és el pilar fonamental de les funcions fisiològiques més bàsiques, com ara la regulació de la tensió arterial i la temperatura corporal, la hidratació i la digestió.

A continuació es presenten alguns dels beneficis més importants de la hidratació (Kolasa, K.M., Lackey, C.J. & Grandjean, A.C, 2009):

- **Cervell:** Una adequada hidratació és important per a un funcionament correcte del cervell. Quan estem adequadament hidratats, les cèl·lules del cervell reben sang oxigenada i el cervell es manté alerta. La deshidratació lleu, que significaria una pèrdua d'aigua que portaria a reducció del pes corporal d'un 1 o 2%, pot ja afectar la capacitat de concentració. Una pèrdua de més d'un 2% del pes corporal a causa de la deshidratació pot afectar la capacitat de processament del cervell i la memòria a curt termini.
- **Cèl·lules:** La hidratació del cos és important per transportar hidrats de carboni, proteïnes, vitamines, minerals i altres nutrients

essencials, així com oxigen a les cèl·lules. D'aquesta manera, les cèl·lules són capaces de produir l'energia necessària per a un bon funcionament del cos. A més, la hidratació facilita l'eliminació de residus o substància de desfet de les cèl·lules produïts en els processos metabòlics, permetent una funció química cel·lular adequada.

- **Aparell digestiu:** La hidratació juga un paper important en la digestió del menjar i en l'absorció de nutrients en el sistema gastrointestinal. L'aigua és necessària en la dissolució de nutrients perquè aquests puguin ser absorbits per la sang i transportats a les cèl·lules. Una hidratació insuficient farà que el procés digestiu sigui més lent i una mala hidratació crònica pot produir restrenyiment, ja que es rellenteix la velocitat del pas de la fem a través del tracte intestinal.
- **Cor:** Els líquids són importants per al funcionament del cor i una bona regulació del balanç d'aigua és essencial per mantenir la tensió arterial dins d'uns límits saludables. La deshidratació redueix el rendiment cardíac, cosa que pot augmentar la taxa cardíaca i causar una baixada de tensió. El sistema circulatori proveeix d'una quantitat constant d'oxigen al cervell, als músculs i a la resta de teixits.
- **Ronyons:** El consum adequat d'aigua és essencial perquè els ronyons funcionin bé, ajudant-los a eliminar residus i nutrients innecessaris a través de l'orina. Els ronyons regulen els nivells d'aigua del cos augmentant o reduint el flux d'orina. Els ronyons també controlen els nivells normals de sodi i altres electròlits. Els ronyons d'una persona sana hidratada de forma adequada filtren aproximadament 180 litres de líquids cada dia: evidentment la major part d'aquesta aigua ha de ser reabsorbida per evitar que el cos perdi quantitats excessives.
- **Múscles i articulacions:** L'aigua actua com un lubricant per als músculs i les articulacions: ajuda a protegir les articulacions ja que

els músculs funcionin correctament. Els músculs i les articulacions, juntament amb els ossos, són necessaris per estar dret, per seure, moure i realitzar totes les activitats diàries. Entre un 70 i un 75% del múscul està compost d'aigua. El manteniment d'un balanç adequat d'aigua és essencial per a un funcionament òptim dels músculs i un bon rendiment físic.

- **Pell:** La pell constitueix una barrera contra agents patògens i contribueix a prevenir el desenvolupament de processos infecciosos i al·lèrgics. Una adequada hidratació ajuda a humitejar els teixits del cos i a preservar l'elasticitat, suavitat i color de la pell.
- **Temperatura:** L'aigua corporal juga un paper important com termoregulador, regulant la temperatura global del cos mitjançant la dissipació de la calor. Si el cos s'escalfa massa, perd aigua a través de la suor i l'evaporació d'aquest en la superfície de la pell dissipa la calor del cos. La suor és la forma més efectiva de prevenir el sobreescalfament del cos. La hidratació és el procés que restitueix les pèrdues d'aigua del nostre cos i retorna l'equilibri necessari per a un bon funcionament orgànic en general.

2.2. LA DESHIDRATACIÓ

La deshidratació és un greu problema de salut (potencialment mortal) que apareix quan l'excreció de líquids excedeix el seu consum.

Durant l'exercici físic s'accentua de forma notable la pèrdua d'aigua corporal pels mecanismes de sudoració.

Aquest procés s'anomena deshidratació, és a dir, la disminució de la quantitat d'aigua de l'organisme com a resultat d'un desequilibri entre l'aportació i les pèrdues d'aigua i sals.

“A mesura que es perd aigua per la transpiració, el volum de sang disminueix, reduint-se la circulació al teixit cutani (impedint que la calor es dissipï) i al teixit muscular, on es necessiten nutrients i oxigen.

Una pèrdua de líquid per la transpiració de només el 2% del pes corporal, pot representar fins i tot una disminució del rendiment esportiu d'un 20%.

Els primers símptomes de deshidratació són: malestar generalitzat, cansament, mal de cap i apatia. Una pèrdua de líquid del 5% del pes corporal genera com a conseqüència rampes musculars i finalment un enorme cansament a causa de la calor, que es caracteritza per un pols ràpid i feble i l'aparició de febre.”

Dr. Daniel Brotons, Metge especialista en medicina esportiva i de la selecció catalana de curses de muntanya de la FEEC

El que el nostre cos necessita per rehidratar-se és aigua exclusivament, i les sals minerals que l'acompanyen. Existeix la possibilitat de millorar el procés d'hidratació amb begudes anomenades isotòniques.

S'anomenen begudes isotòniques a aquelles que gaudeixen d'una gran capacitat de rehidratació. La seva composició pot ser diversa, però fonamentalment inclouen proporcions de sals minerals (clorur sòdic, bicarbonat sòdic, potassi, etc.) que afavoreixen una ràpida absorció i regeneració de l'equilibri del sistema hídric del nostre cos.

Per als esportistes que realitzen exercicis de llarga durada i molt extenuants (curses ciclistes, maratonians, etc...), és habitual afegir a l'aigua hidrats de carboni (sucres) amb la finalitat d'anar restituint els nivells de glucosa en sang i restituir les reserves de glicogen muscular necessàries per mantenir la contracció muscular i altres funcions orgàniques.

Quan la deshidratació és d'un 1% de l'aigua del cos, apareix la sensació de set.

L'hormona antidiürètica(ADH), és l'encarregada de regular el volum d'aigua a l'organisme. Fa que els ronyons conservin aigua del cos mitjançant la concentració d'orina i la reducció del seu volum, estimulant la reabsorció d'aigua.

Quan la deshidratació es torna més extrema, el ronyó falla i ja no produeix més orina, amb la qual cosa els desfets es van acumulant.

La deshidratació i els seus símptomes desapareixen al cap de mitja hora o una hora després d'haver begut aigua, sense cap limitació, fins i tot amb deshidratacions de fins al 10% del pes corporal.

El grau de deshidratació depèn de diversos factors:

- De la intensitat i durada de l'exercici.
- De l'estat físic de l'esportista i el seu grau d'entrenament.
- De la temperatura i humitat ambientals
- De la vestimenta que es porta. La vestimenta ha de ser adequada, lleugera i transpirable a fi que ajudi a evacuar l'excés de calor corporal.

La idea que suar més ajuda a perdre pes, és falsa. Es perd pes per l'energia que es consumeix, és a dir, per la quantitat d'exercici realitzat. Tot el pes d'aigua perdut durant l'exercici per sudoració es recupera bevent en acabar.

La gent que aplica aquesta estratègia equivocada pateix un procés de deshidratació innecessari i perjudicial per al seu organisme que, fins i tot, pot arribar a ser perillós.

Per la pràctica d'exercici, no cal esperar a tenir set per beure. És convenient beure abans de començar, durant el temps que duri l'esforç i després per recuperar.

Per estar ben hidratat durant l'exercici físic es aconsellable:

- Beure 600 ml d'aigua entre 1 i 2 hores abans de l'exercici.
- 15 minuts abans de l'activitat uns altres 300-450 ml.
- Prendre entre 100 i 150 ml d'aigua a intervals de 10-20 minuts durant aquells exercicis que durin més de mitja hora.
- L'aigua entre 8°C i 12°C s'absorbeix ràpidament i ajuda a reduir la temperatura corporal.

Les begudes alcohòliques no són adients ni recomanades per a la hidratació. Una beguda amb més del 2% d'alcohol no és adequada.

Les begudes alcohòliques són diürètiques. Una substància diürètica és aquella que al ser ingerida provoca una eliminació d'aigua i sodi en l'organisme, a través de la orina. Aquesta circumstància es dona perquè l'alcohol inhibeix l'acció de l'hormona antidiürètica, encarregada de regular els nivells d'aigua en el cos.

Per tant, les begudes alcohòliques no són recomanables per la rehidratació ja que afavoreixen la pèrdua d'aigua en el cos humà per la via de l'orina.

2.3. EL MECANISME DE LA SUOR I LA SEVA RELACIÓ AMB LA DESHIDRATACIÓ

2.3.1. LA SUOR: DEFINICIÓ I FUNCIONS

La suor és un líquid transparent produït per les glàndules sudorípares situades en el teixit subcutani, és a dir, a sota de les capes superficials de la pell, i està format per aigua, sals minerals i toxines (substàncies de

rebuig), de manera que la seva composició és similar a la de l'orina. És transportat per conductes excretors perquè surti a la superfície, donant lloc a la sudoració (Cheshire, WB., 2011).

Encara que en ocasions pot incloure alguns compostos aromàtics que provenen dels aliments, la suor bàsicament no té olor. Per això, hem d'assenyalar que el desagradable aroma que se li sol atribuir apareix, més aviat, quan entra en contacte amb diversos microorganismes que habiten a la pell.

La suor compleix tres funcions:

1. La funció primària és la regulació de la temperatura corporal (termoregulació)

Consisteix en refrigerar el cos quant hi ha un excés de temperatura corporal mantenint la nostra temperatura interna al voltant dels 37 °C (Es considera temperatura normal entre 36,5 i 37,2. Més de 38 °C és símptoma de malaltia.)

Quan la temperatura corporal augmenta, ja sigui perquè es realitza exercici físic o perquè la temperatura ambient és alta, les glàndules sudorípares segreguen la suor.

L'aigua de la suor s'evapora per efecte de la calor del cos i, d'aquesta manera, absorbeix calor del cos produint un efecte refrigerant.

L'evaporació d'un litre de suor significa la pèrdua de 539 Kcal.

2. Excreció i eliminació de productes metabòlics:

L'excreció és el procés biològic mitjançant el qual eliminem substàncies de rebuig del nostre organisme que han estat ingerides per l'alimentació o produïdes pel nostre metabolisme.

3. Una funció protectora:

Quan la suor, que és àcida, es barreja a la superfície de la pell amb el sèu o greix procedent de les glàndules sebàcies, dóna lloc a la capa hidra lipídica o emulsió epicutània. Aquesta emulsió evita que la pell s'assequi i es mantingui flexible, donant-li una certa impermeabilitat que evita la penetració de substàncies patògenes externes.

2.3.2. COMPONENTS DE LA SUOR

La suor és una solució hidrosalina i estèril composta fonamentalment de:

- Aigua, en un 99%.
- Substàncies sòlides inorgàniques, un 0,60%, en forma de sals minerals.
- Substàncies orgàniques (urea, àcid úric, amoníac...) en proporció d'un 0,40%

La concentració de sals minerals a la suor és el que li dóna un gust salat i el que provoca l'aparició de taques i cercles blancs a la roba després de suar abundantment, especialment visibles si la roba és de color fosc.

2.3.3. QUAN I COM ES PRODUEIX LA SUOR?

Els humans tenim fins a quatre milions de glàndules sudorípares distribuïdes per tot el cos. Tres milions d'elles són glàndules ecrines i la resta son apocrines (Navarro, 1992). Les **glàndules ecrines** es troben distribuïdes per la pell de quasi tot el cos, però predominen al front, als palmells de les mans i a les plantes dels peus. La seva funció principal és regular la temperatura corporal i comencen a ser actives des del moment del naixement.

El milió restant de glàndules sudorípares són apocrines. Les **glàndules apocrines** estan associades al fol·licle pilós i desemboquen al mateix porus de les glàndules sebàcies. Inicien la seva secreció a la pubertat i es concentren a les aixelles i a la zona perineal (sexo i anus), i altres zones menors. La suor de les glàndules apocrines és més espessa que la produïda per les glàndules ecrines i deixa un residu sòlid de proteïnes, sucres, amoníac i lípids. Aquestes glàndules no participen de manera significativa en la regulació de la temperatura corporal, ja que el volum de la seva secreció és petit.

Un cop aclimatada a l'ambient, una persona pot arribar a produir diversos litres de suor a l'hora o fins a deu litres per dia.



Figura 2: La suor

Font: <http://www.donagiraffa.com>

En els animals, la suor apocrino conté feromones essencials per al festeig i la reproducció; el seu paper en els humans no està clar.

El centre de regulació de la temperatura corporal es troba en l'**hipotàlem**, que controla la producció de suor i el flux de sang a la pell.

L'hipotàlem integra la informació provinent dels termoceptors interns (localitzats a la medul·la espinal, nuclis del rafe, formació reticular...) i externs (localitzats en la pell) emetent una resposta per augmentar o disminuir la temperatura corporal (Guyton, 1997).

Davant situacions de calor el sistema termostàtic hipotalàmic utilitza tres mètodes per baixar la temperatura:

1. Vasodilatació cutània.
2. Estimulació de la producció de suor el qual s'evapora produint pèrdua de calor.
3. Inhibició de la termogènesis química en el greix.

A més cal tenir en compte que la sudoració no només està controlada per estímuls tèrmics (sudoració termorreguladora) sinó que també existeix un component de control emocional (sudoració emocional) regulada pel còrtex cingulat anterior i el sistema límbic, amb major expressió sobre certes zones cutànies (cara, aixelles, palmells i plantes) on estimula la sudoració i produeix vasoconstricció (en lloc de vasodilatació) (Schlereth et al; 2009). Així doncs, podem dir que l'hipotàlem no només respon davant canvis en la temperatura corporal sinó també davant les hormones, factors externs, activitat física i emocions. Es creu que tant les emocions com l'activitat física afecten la regulació de temperatura a través del sistema límbic.

Pel que sembla, les glàndules sudorícoles en els palmells de les mans i plantes dels peus s'activen sobretot mitjançant estímuls emocionals, mentre que la suor axil·lar respon tant a factors emocionals com de temperatura.

Es creu que la suor emocional és un vestigi evolutiu, que complia una funció important a l'hora de caçar animals o lluitar contra enemics. La suor en els palmells de les mans i plantes dels peus pot millorar la fricció mitjançant el control de la humitat de la pell, el que proporciona un millor adherència. A més, la sudoració generalitzada refreda el cos en preparació a una activitat física intensa.

2.3.4. LA SUOR I LA SEVA RELACIÓ AMB L'ENERGIA I L'ESFORÇ FÍSIC

El cos humà és una vertadera màquina de transformació d'energia. Les activitats que tenen lloc en el nostre organisme es realitzen transformant l'energia química dels aliments en altres manifestacions energètiques.

Una d'aquestes manifestacions és l'energia dinàmica que es desenvolupa en els nostres músculs.

Quan fem exercici muscular es desprèn energia en forma de calor (energia tèrmica) i si l'esforç muscular és exagerat, el despreniment de calor també ho és.

A aquest fet es deu que ens sentim acolorats després de realitzar una activitat física intensa (un partit de futbol, una cursa, etc.).

Fent exercici físic suem, la suor compleix, entre d'altres, la funció de regular la temperatura corporal: el suor (fred) absorbeix energia tèrmica del cos (calent) en forma de calor.

Al moure't vas generant energia. El 75% d'aquesta energia és calòrica i el 25% mecànica. Tota la calor generada ha de ser evacuada de manera que es traslladi a la pell amb la finalitat de ser eliminada. La suor és el mecanisme més important que tenim per eliminar calor, i en major mesura ho és quan la temperatura exterior és més alta que la corporal.

Els factors que afecten a l'energia tèrmica que genera o perd el nostre cos són els següents:

- **Radiació:** més de la meitat de la pèrdua de calor del cos en una habitació a temperatura ambient normal (22 ° C), és per radiació en forma de raigs infrarojos. El cos humà n'emet en totes les direccions, però també les parets i altres objectes irradien cap al cos. Si la temperatura corporal és major que la temperatura del medi que l'envolta, una major quantitat de

calor és irradiada del cos cap a l'ambient i viceversa. La transferència de calor és proporcional a l'àrea del cos. Aquest mecanisme està vinculat amb el flux sanguini de la pell.

- **Conducció:** el flux de calor des d'un objecte cap a un altre, amb el qual està en contacte, se li crida conducció. L'organisme perd poca calor cap als objectes per conducció directa (aproximadament 10-15%). Per exemple, quan un ciclista s'asseu, ràpidament la calor és conduït des de la pell cap al sillí, el mateix succeeix amb la sola de les sabatilles o les peces de vestir quan encara no estan temperades a la calor corporal. A l'aconseguir la conducció un valor proper a la temperatura superficial de l'individu, actua llavors com a aïllant i evita major pèrdua de calor. Aquesta és la base en la qual es recolzen les peces tèrmiques per oferir un elevat grau d'aïllament.

- **Convecció:** la cessió de calor des del cos per corrent d'aire o líquid se li denomina pèrdua de calor per convecció. A causa de la tendència de l'aire proper a la pell a elevar-se quan s'escalfa, i ser substituït per aire a menor temperatura, un individu elimina entre un 12 i un 15% de calor per convecció en una habitació a temperatura ambient (a 22 ° C) i sense corrent d'aire. Quan el cos és exposat al vent, la capa d'aire immediata a la pell és reemplaçada ràpidament per aquest fenomen, augmentant la pèrdua de calor addicional per conducció. Aquesta és la raó per la qual ens quedem congelats en ple estiu quan baixem un port, ja que el vent frega, de manera constant, contra la nostra pell.

- **Evaporació:** per cada gram d'aigua evaporada des de la superfície corporal es perden 0,6 calories. La pèrdua insensible d'aigua (perspiració, respiració) determina una cessió de calor de 360 calories per dia. La pèrdua de calor per evaporació, que és aproximadament 25%, està principalment regulada mitjançant la sudoració. En un ambient humit, l'evaporació pot estar disminuïda a causa de que la suor roman en estat líquid. L'absència de moviment d'aire redueix l'evaporació efectiva; l'aire

local queda saturat de vapor d'aigua i es limita l'evaporació ulterior. També es produeix evaporació de forma insensible a través dels pulmons.

- **Respiració:** quan el ritme cardíac s'accelera com a conseqüència de l'exercici físic, una de les maneres que té el nostre organisme d'intercanviar temperatura és incrementant l'evaporació mitjançant l'acceleració de la respiració.

La Figura 3 recull de forma gràfica tots aquests factors:



Figura 3: Factors que afecten a l'energia tèrmica

Font:<http://www.ciclismoafondo.es/entrenamiento/preparacion-fisica/articulo/la-temorregulacion>

Tots aquests factors són imprescindibles quan volem detallar la quantitat d'energia que genera o perd el nostre cos a través de la pell ja que, per exemple, un cos sotmès a la radiació solar directa (a les 12 del matí a la línia de l'equador) pot recollir fins a 1 Kw/h (una cosa així com la calor que produeix una estufa elèctrica de 1.000 watts) per cada metre quadrat de superfície que ocupi la seva pell. En aquestes condicions, mantenint un ritme esportiu moderat, podem estar cremant unes 1.000 quilocalories

cada hora, la qual cosa suposarà una pèrdua de líquid del voltant d'1 litre d'aigua en una persona d'uns 65 quilos de pes corporal.

El balanç energètic en què es basa el nostre mecanisme biològic de termoregulació es recolza en dos fenòmens orgànics que permet la fisiologia del cos humà: **la termogènesi** (absorció de calor) i la **termòlisi** (pèrdua de calor).

La calor corporal es produeix de manera contínua per l'activitat metabòlica; la producció de calor durant el son és mínima i augmenta per activitat muscular. Per mantenir una temperatura constant la quantitat de calor que es perd s'ha d'ajustar a la quantitat de calor que es produeix: aquest és l'equilibri perfecte del mecanisme de la nostra termoregulació. Aquest procés troba alguns inconvenients a causa de les variacions tèrmiques del medi.

Quan la temperatura central del cos augmenta per sobre del nivell crític, es produeix un increment de la pèrdua de calor (termòlisis) mitjançant evaporació (sudoració). Un augment addicional d'1°C de la temperatura corporal provoca suficient sudoració per eliminar 10 vegades la producció basal de calor del cos. Molts animals inferiors tenen escassa capacitat de perdre calor per la seva superfície corporal a causa de que la seva superfície presenta un pelatge important i perquè la majoria no presenten glàndules sudorícoles, el que evita la major part de la pèrdua mitjançant l'evaporació de la calor a la pell, per tant utilitzen un mecanisme substitutiu, el mecanisme del panteix regulat pel centre del panteix que produeix un augment de la freqüència respiratòria amb una respiració molt superficial que col·labora amb la ràpida evaporació de l'aigua de les superfícies mucoses, especialment la saliva a la llengua.

Des d'un punt de vista pràctic hem d'identificar en el nostre propi cos en quina fase de regulació tèrmica ens trobem, ja que, actuant en conseqüència, podem millorar la nostra condició esportiva.

Posem com a exemple un cicle d'exercici extrem, com és el cas d'ascendir un port de muntanya en bicicleta.

Si comencem a pedalar des d'un estat de repòs total, l'esforç es va incrementant a mesura que superem cada metre de desnivell. L'evolució del nostre desplaçament produeix increment de la temperatura a causa del treball muscular, la sudoració no triga a aparèixer i, com l'esforç supera el nostre llindar aeròbic, produïm més quantitat de suor del que podem evaporar. La respiració és accelerada i perdem gran quantitat de líquid.

En arribar al cim el treball muscular perd intensitat, el ritme cardíac i la respiració s'estabilitzen i cessa la sudoració. En aquest moment és de vital importància que la radiació que produeix la nostra pell estigui equilibrada amb una possible radiació solar, de manera que el balanç s'aproximi a una pretesa neutralitat, en cas contrari es produeix un efecte de refrigeració cutània que pot desembocar en un principi d'hipotèrmia.

En iniciar el descens es redueix, de manera notable, el nostre esforç muscular, la refrigeració per convecció és elevada i, en evaporar la humitat de la nostra pell de manera dràstica. En aquesta situació, és més que probable que, si no hem triat adequadament la nostra roba de protecció patim un estat d'hipotèrmia.

La Figura 4 mostra de forma gràfica les diferents fases de regulació tèrmica per exercici.



Figura 4: Fases de regulació tèrmica per exercici.

Font:<http://www.ciclismoafondo.es/entrenamiento/preparacion-fisica/articulo/la-termorregulacion>

De tots els mecanismes biològics de regulació tèrmica corporal, el més espectacular és el de la sudoració. És el camí més ràpid que tenim per regular la temperatura dels òrgans interns, utilitzant la superfície de la pell com panell de transferència tèrmica.

Quan sorgeix el treball muscular intens, l'increment de la temperatura mecànica es dispara. En aquest moment el nostre centre de control posa a funcionar les glàndules sudorípares i la nostra pell es cobreix d'una capa d'humitat. Ara entren en joc la convecció i la conducció: l'aire que ens envolta té menys grau d'humitat que la nostra pell i es produeix la transferència: el resultat tèrmic d'aquest transvasament és el refredament de l'epidermis que, de manera instantània es comunica amb els nostres òrgans interns.

2.4. ELS SISTÈMES TRADICIONALS DE MESURA DE LA DESHIDRATACIÓ

Existeixen diferents motius per avaluar l'estat d'hidratació i el mètode a triar dependrà de la població d'interès, del grau de precisió necessari, de les instal·lacions i els coneixements i experiència que es disposi, així com dels aspectes pressupostaris.

L'estat d'hidratació pot mesurar-se per diferents finalitats:

- En el laboratori d'anàlisi, per avaluar els efectes de diferents begudes isotòniques, dietes o sessions d'entrenament
- En l'àmbit clínic, per assegurar el benestar dels pacients
- En l'àmbit militar, per assegurar que el personal és capaç d'exercir els seus actes de servei mantenint un bon estat de salut
- En els esdeveniments esportius importants, per procurar que els esportistes desenvolupin tota la seva capacitat
- Al domicili, per comprovar si algun membre de la família, especialment els ancians i els nens, beuen prou.

Resulta difícil mesurar l'estat d'hidratació perquè es tracta d'un procés dinàmic, és a dir, es modifica de forma constant i varia en cada individu.

Al laboratori, les pèrdues de suor i les taxes de sudoració poden mesurar-se utilitzant diverses tècniques sofisticades. La forma més habitual per controlar la pèrdua de suor dels atletes és mesurant els **canvis en la massa corporal**, amb les correccions fetes per la ingesta de líquids o aliments, així com les pèrdues d'orina.

En el seguiment dels canvis en la massa corporal, els atletes han de pesar-se abans de l'entrenament amb la roba mínima. Immediatament després de l'entrenament, han de pesar-se de nou. El pes de qualsevol aliment o líquid consumit han d'afegir-se al canvi calculat en la massa corporal, les pèrdues d'orina abans estimades es resten. Això

proporcionarà estimació de les pèrdues de suor durant tota la sessió. La divisió de la pèrdua total de suor per la durada de l'exercici proporcionarà una estimació de la taxa de pèrdua de suor (Nota: Cada quilogram de pèrdua de pes és aproximadament igual a un litre de dèficit de líquid).

Per exemple:

Pes abans de l'exercici: 55 kg

Pes post-exercici: 53,5 kg

Volum de líquid consumit durant l'exercici (1 L): 1 kg

Pèrdues d'orina estimats: 500ml

La durada de l'exercici : 2 hores

Càlculs:

$$\text{Dèficit de líquid (L)} = 55 \text{ kg} - 53,5 \text{ kg} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Pèrdua total de la suor (L)} = 1,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg} - 500 \text{ ml} = 2 \text{ kg}$$

$$\text{Taxa de sudoració (L / h)} = 2 \text{ kg} / 2\text{h} = 1 \text{ L / h}$$

Els efectes fisiològics que pot patir l'atleta segons el percentatge de pèrdua de massa muscular que li hagi originat la seva activitat poden tenir unes conseqüències molt severes sobre el seu rendiment físic, fins portar-li a situacions que poden tenir uns efectes molt traumàtics, tal i com es recull a la Taula 1:

Taula 1

Efectes de la deshidratació

% PÈRDUA DE PES	EFFECTES
1%	-Increment del treball cardíac. -Disminució del rendiment aeròbic en climes càlids.
2%	-Set més intensa, malestar, pèrdua de la gana. -Disminució del rendiment mental i cognitiu.
3%	-Disminució del volum sanguini. - Augment del risc de contractures, rampes i lipotímies. - Reducció del temps de reacció concentració i discriminació perceptiva.
4%	-Major esforç pels treballs físics, nàusees. -Disminució de la força muscular.
5%	-Increment de la temperatura corporal fins als 30°C. -Ràpida disminució del rendiment. -Alt risc de lesions al múscul tendinós.
6%	-Disminució i fallida dels mecanismes de termoregulació.
7%	-(Perillós) Dificultats per empassar saliva.
10%	-Dificultats per caminar.
15%	-Deliri.
20%	-Límits de la tolerància. -La pell seca es comença a trencar.

Font: Chevront and Kenefick, 2014.

Com es pot veure de la taula anterior, una hidratació adequada és important per a la salut i el benestar. Fins i tot petites pèrdues d'aigua corporal poden afectar de forma negativa al múscul quant a la força, la resistència i la captació màxima d'oxigen.

Tot i que la mesura de canvis de massa corporal és el sistema més habitual, existeixen altres sistemes que permeten mesurar l'estat de la hidratació d'un individu.

A continuació es relacionen altres sistemes tradicionals de mesura de la deshidratació (Kavouras, 2002) :

a) Anàlisi de Sang

És fàcil obtenir mostres de sang, on el líquid es troba tant en els eritròcits (intracel·lular) com en el plasma (extracel·lular). Les variacions del volum i la composició de la sang reflecteixen les variacions de l'estat d'hidratació. Les anàlisis de sang emprats per avaluar el grau d'hidratació solen incloure el següent:

- Concentració d'hemoglobina i hematòcrit
- Concentració de sodi
- Osmolalitat (mesura de la concentració de solut)

b) Anàlisi d'Orina

També és fàcil obtenir mostres d'orina, encara que la recollida d'orina de 24 hores pot resultar molesta per a algunes persones, ja que l'organisme necessita eliminar diàriament l'excés de solut, els ronyons responen a les variacions de l'estat d'hidratació augmentant o disminuint el volum d'orina que produeixen. Això contribueix a mantenir el volum sanguini total dins de la normalitat i, per tant, la pressió arterial. Els anàlisis d'orina emprats per avaluar el grau d'hidratació poden ser els següents:

- Osmolalitat
- Densitat
- Conductivitat
- Color
- Volum
- Freqüència

L'examen del color de l'orina s'empra en molts àmbits. Aquest paràmetre ve determinat fonamentalment per la quantitat de

urocrom que conté l'orina. El color és molt clar quan es produeixen volums grans d'orina i aquesta es troba diluïda. En canvi, el color és fosc quan els volums d'orina són petits i aquesta es troba concentrada. Per tant, l'examen del color de l'orina es considera un mètode acceptable per calcular l'estat d'hidratació en els àmbits esportius i laborals si no fa falta un alt grau de precisió en la mesura .

c) Anàlisi de Saliva

El flux, la osmolalitat i la composició de la saliva s'han reconegut com a possibles marcadors de l'estat d'hidratació. La osmolalitat de la saliva augmenta en els casos de deshidratació aguda (pèrdua del 4 % de la massa corporal) provocada per l'activitat física en ambients càlids; no obstant això, existeix una gran variabilitat quant a la resposta dels individus. Així mateix, la osmolalitat de la saliva pot veure's modificada per una esbandida bucal de curta durada amb aigua, fet que ho converteix en un marcador poc fiable de l'estat d'hidratació.

Si bé és important controlar el grau d'hidratació per promoure la salut i el benestar, fer-ho no resulta senzill des del punt de vista pràctic a causa que l'estat d'hidratació és un procés dinàmic i a les diferències que existeixen quant a la resposta dels individus enfront del guany i la pèrdua de líquids. Sovint fa falta disposar de més d'una mesura de l'estat d'hidratació per donar una indicació precisa, encara que els mètodes visuals, com la diüresis i el color de l'orina, podrien ser suficients en l'àmbit domiciliari.

2.5. ÚLTIMS AVENÇOS TECNOLÒGICS PER LA MESURA DE LA DESHIDRATACIÓ: ELS SENSORS QUÍMICS

2.5.1. ELS SENSORS QUÍMICS

Un sensor és un dispositiu capaç de detectar magnituds físiques o químiques, anomenades variables d'instrumentació, i transformar-les en variables elèctriques o òptiques. Els sensors químics i bioquímics aporten informació sobre qualsevol canvi que es produeixi en el seu entorn tant físic (temperatura, pressió, acceleració, vibració, camp electromagnètic, radiació, deformació, ...) com a químic (nivells de gasos, acidesa i humitat, entre altres). Els sensors s'utilitzen en múltiples objectes d'ús quotidià, com per exemple els botons sensibles al tacte de l'ascensor (sensor tàctil), i són innumbrables les aplicacions de les quals la majoria de les persones mai en som conscients (en aeronàutica, automoció...). En general, els sensors bioquímics s'han utilitzat tradicionalment al servei de la medicina, però avui dia les seves aplicacions beneficien a tot tipus de sectors, com l'alimentari, farmacològic, cosmètic, mediambiental i qualsevol producció industrial.

Un sensor és un objecte que té la finalitat detectar esdeveniments o canvis en el seu entorn, i després proporcionar una sortida corresponent. Els sensors poden proporcionar diversos tipus de sortida, però típicament són senyals elèctrics o òptics.

El progrés tecnològic permet cada vegada més que els sensors puguin ser fabricats a escala microscòpica, com microsensors. En la majoria dels casos, un microsensor arriba a una velocitat significativament més alta i de major sensibilitat en comparació amb els enfocaments macroscòpics. La micro i nanofabricació -juntament amb la incorporació de la fibra òptica

i microxips com a elements sensors- està permetent realitzar dispositius cada vegada més petits, amb més alta sensibilitat i més especificitat, portant els resultats que s'obtenen en laboratori a la realització de mesuraments de control de processos en diferents entorns industrials o naturals.

Un sensor químic és un dispositiu analític autònom que pot proporcionar informació sobre la composició química del seu entorn. La informació es proporciona en forma d'un senyal física mesurable que es correlaciona amb la concentració de certes espècies químiques (denominades "*analyte*"²). Dos passos principals estan involucrats en el funcionament d'un sensor químic: el reconeixement i la transducció. En l'etapa de reconeixement, les molècules d'*analyte* interactuen selectivament amb les molècules receptores o dels llocs inclosos en l'estructura de l'element de reconeixement del sensor. En conseqüència, un paràmetre físic característic varia i aquesta variació s'informa per mitjà d'un transductor integrat que genera el senyal de sortida. Un sensor químic basat en el material de reconeixement de la naturalesa biològica és un biosensor. La distinció entre un biosensor i un sensor químic estàndard és supèrflua. Els materials biomimètics típics utilitzats en el desenvolupament de sensors són polímers i aptàmers d'empremta molecular.

Actualment existeix una clara manca de sensor químics per a la monitorització de la suor en temps real. De fet, la mesura vàlida de referència ("Gold Standard"¹) consisteix en aplicar sobre la pell apòsits absorbents estèrils que permeten quantificar en una superfície determinada el volum de suor. D'aquesta manera, no hi ha una metodologia que permeti analitzar el patró de suor durant l'exercici, ja que, el mètode tradicional només permet aportar dades del volum en acabar l'exercici.

² Un analyte o component (en química clínica), és una substància o producte químic constituent que és d'interès en un procediment analític.

2.5.2. EL CONCEPTE WEARABLE

Wearable fa referència al conjunt d'aparells i dispositius electrònics que s'incorporen en alguna part del nostre cos interactuant contínuament amb l'usuari i amb altres dispositius, amb la finalitat de realitzar alguna funció específica: rellotges intel·ligents o smartwatches, sabatilles d'esports amb GPS incorporat i polseres que monitoritzen el nostre estat de salut són exemples, entre uns altres, d'aquest tipus tecnologia que es troba cada vegada més present en les nostres vides.

La paraula *wearable* té una arrel anglesa: la traducció significa "portable" o "vestible". En l'argot tecnològic fa referència a ordinadors corporals o portables amb l'usuari.

La tecnologia *wearable* fa referència a tots els productes que incorporen un microprocessador i que utilitzem diàriament formant part de nosaltres. Dins d'aquesta definició no considerem *wearable* a la nostra televisió del saló, o la cafetera, ja que, encara que siguin dispositius electrònics que posseeixen microprocessadors i els usem diàriament, no formen part de nosaltres, atès que no són "portables" o "vestibles". En canvi, les lents, ulleres, polseres, rellotges o peces de vestir, esdevenen productes *wearables* si els afegim un o diversos microprocessadors electrònics.

Podem datar els orígens de la tecnologia *wearable* en la dècada de 1970, però no ha estat fins a la dècada del 2010 quan aquesta tecnologia ha evolucionat prou per poder atreure un ampli ventall de consumidors. La tecnologia *wearable* és el següent pas entre la fusió de l'home i el microprocessador.

2.5.2.1. Aplicacions dels *wearable*

La tecnologia *wearable* es troba present en un ampli ventall de sectors que satisfan les nostres necessitats i desitjos, amb la finalitat d'augmentar la nostra qualitat de vida. Milloren, per exemple, la salut dels pacients, la seguretat de les persones que s'exposen a certs riscos en el seu treball diari, o l'entrenament dels esportistes que es preparen per a una competició.

A continuació exposem una sèrie d'exemples de dispositius *wearable* i les aplicacions en què s'utilitzen:

- Ulleres intel·ligents: la companyia Google és referent en la indústria del desenvolupament i innovació en aquest nou tipus de tecnologia amb els seus “*Google Glass*”. Les ulleres intel·ligents d'aquesta companyia són manejades mitjançant l'ús d'instruccions pronunciades amb la veu disposant d'una petita pantalla on es mostra la informació sol·licitada, que permet fer fotos i gravar vídeos en alta definició de tot allò que estiguem veient, consultar el nostre correu electrònic, traduir a qualsevol idioma els cartells que et trobis pel carrer o realitzar una videoconferència en directe ...
- Accessoris i complements de modes com rellotges, anells i polseres que s'encenen en identificar la teva empremta dactilar: aquests complements digitals emmagatzemen tota la informació sobre el teu estil de vida com els quilòmetres que camines durant el dia, el ritme cardíac, els cicles de son, etc També poden interactuar amb altres dispositius electrònics, podent obrir les portes de casa, encendre el motor del cotxe, pagar les compres sense necessitat de treure la targeta de crèdit, carregar i descarregar tot tipus d'arxius com documents, imatges, vídeo ... tot això amb un sol gest del braç.
- La seguretat dels treballadors s'incrementarà gràcies a la tecnologia *wearable*, a tall d'exemple actualment existeixen

casquets de bombers que controlen els nivells d'oxigen i la temperatura que suporta el bomber durant els treballs d'extinció dels incendis, a més de portar incorporats un localitzador GPS el qual permet conèixer en qualsevol moment el punt exacte on aquest es troba.

- El sector tèxtil també ha sucumbit a aquesta nova forma de tecnologia *wearable*, amb peces infantils que envien un senyal al teu smartphone quan l'infant té febre, dessuadores amb “*leds*” que t'il·luminen en carrers foscos mentre fas “*running*”, alhora que comptabilitza els quilòmetres recorreguts, el ritme cardíac, les calories cremades i el rendiment al llarg de tots els dies que practiques esport, etc.

Els avenços en el camp de les *wearables* està permetent el desenvolupament de nous dispositius que s'implanten dins el cos de l'usuari. Sota aquesta filosofia s'estan desenvolupant sensors que monitoritzen la quantitat de glucosa d'un pacient amb diabetis de tal manera que un dispensador electrònic injecti automàticament la quantitat d'insulina necessària; aquest mateix sensor prendria dades rellevants sobre la salut del pacient els quals són enviats via internet als ordinadors, tablets o dispositius de l'equip mèdic.

El futur de la tecnologia passa per aquesta nova concepció d'ordinadors que ens acompanyen a tot arreu: el nostre cos estarà connectat contínuament a sensors que prendran dades sobre la nostra salut i estat físic. Sens dubte la tecnologia *wearable* ha arribat per quedar-se entre nosaltres.

2.5.3. LA NANOCIÈNCIA I ELS WEARABLES

La nanociència i la nanotecnologia s'encarreguen d'aplicar la ciència i la tecnologia a la nanoescala, aquesta altra dimensió on es mouen àtoms i molècules molt més petites que un virus. Per veure el que passa en ella

no serveixen els microscopis comuns, són necessàries eines més complexes, com els microscopis d'efecte túnel. La seva unitat de mesura, el nanòmetre (nm), és la mil milionèsima part d'un metre. Per exemple, un cabell mesura al voltant de 0,1 mil·límetres d'ample, que equival a 100.000 nanòmetres, una barbaritat si es compara amb la membrana cel·lular que té un grossor de sol 10 nanòmetres.

Però, què passa en aquest nou món? "Les coses funcionen d'una manera relativament normal fins que arribes a la nanoescala –segons explica Bonifacio Vega, coordinador de Transferència de Tecnologia i Desenvolupament Empresarial de la Fundació Institut Madrileny d'Estudis Avançats en Nanociència (IMDEA) en el diari "el Periódico" el dia 18/01/2015 -, és una escala màgica on passen coses com en Alícia al país de les meravelles: el que ha de baixar puja i els colors són diferents, per exemple, l'or deixa de ser groc per convertir-se en vermell".

La bona notícia és que les peculiaritats del món nano poden utilitzar-se per aconseguir que els medicaments, els teixits o la tecnologia siguin més eficients i menys contaminants. Per exemple, els pètals de la rosa es componen d'una estructura nano formada per multitud de pelets que converteixen la seva superfície en hidrofòbica (repel·leix l'aigua). Aquestes propietats es poden imitar per aconseguir teixits impermeables sense components que contaminin o materials que rebutgin la brutícia, com finestres o façanes autonetejables.

Els avenços en nanotecnologia aplicada als teixits converteixen una simple samarreta en un instrument per mesurar els fluids corporals. La seva utilitat se centra en el sector esportiu i en el de la salut. El teixit incorpora nanopartícules capaços d'analitzar l'orina, la suor, la sang o la saliva. Imagineu-vos un pijama capaç d'alertar al seu amo diabètic sobre una baixada de sucre en ple somni o un bolquer que analitza la composició de l'orina i detecta problemes renals, pot ser molt útil en nens prematurs i en ancians.

3. MARC EMPÍRIC

3.1. DISSENY DE LA RECERCA

En aquesta part del treball s'exposarà amb detall les pràctiques realitzades durant els mesos de setembre a desembre del 2015 al Grup d'Investigació de Quimiometria, Cualimetria i Nanosensors de la URV, sota la direcció del Dr. Francisco Javier Andrade.

Per la part empírica d'aquest treball s'han establert dos objectius concrets:

1. La construcció d'un dispositiu que permeti detectar en temps real la pèrdua d'aigua provocada per sudoració
2. Mitjançant l'aplicació del dispositiu, mesurar la pèrdua d'aigua provocada per un esforç físic esportiu.

Per a la consecució dels objectius, la part experimental de la recerca es desglossa en tres grans apartats:

- Descripció dels procediments i mètodes seguits, així com del material i equipament utilitzat per a la construcció del sensor
- Desenvolupament de les proves de rendiment i mesura de la deshidratació per sudoració
- Exposició i interpretació dels resultats obtinguts

Atès que es tracta d'una tecnologia que es troba encara en fase de desenvolupament, i per tant, subjecte a temes de protecció intel·lectual i industrial, en aquest moment no es possible ampliar la participació en l'experimentació a persones de fora del grup de recerca. Conseqüentment l'experimentació es realitza comptant amb la participació exclusiva de l'autor d'aquest treball de recerca: noi de 16 anys d'edat, practicant d'esport de forma habitual.

3.2. INSTRUMENTS UTILITZATS PER LA RECERCA

3.2.1. CONSTRUCCIÓ DEL NANOSENSOR QUÍMIC

Com no existeix en el mercat cap instrument que ens permeti obtenir informació en temps real sobre la pèrdua d'aigua provocada per sudoració, procedirem a la construcció en laboratori d'un sensor químic específic per a tal objectiu.

3.2.1.1. Materials

Per a la seva confecció utilitzem els següents materials:

- Paper de filtre
- Pintura de nano tubs de carboni impregnada amb un pinzell
- Pegament
- Cinta adhesiva
- Membrana de policarbonat amb un orifici al mig
- Membrana de plàstic rígid
- Compresa de cel·lulosa
- Cable de coure

3.2.1.2. Procediment de construcció del nanosensor

El procés de construcció del nanosensor s'inicia impregnant el paper amb la pintura de nano tubs de carboni, tal i com mostren les fotografies de la Figura 5.



Figura 5: Paper tenyit amb nanotubs de carboni.

Font: Universitat Rovira i Virgili

A continuació, es superposa el paper a sobre de la membrana de plàstic rígid, que mostra la fotografia de la Figura 6.

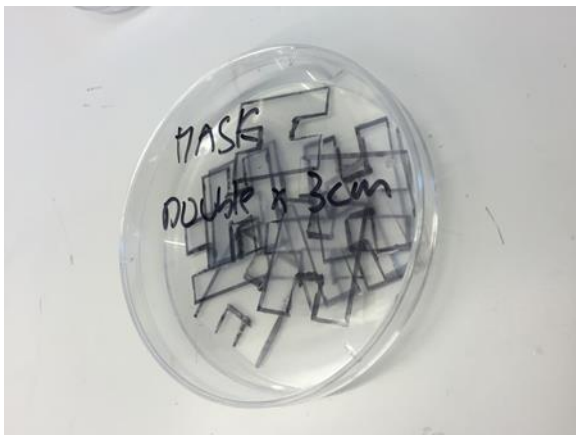


Figura 6: Membrana de plàstic rígid.

Font: Elaboració pròpia.

Es prenen dos cables de coure i es fiquen per sobre de la làmina de paper, on es fixen amb un pegament especial, tot envoltant-lo amb una cinta adhesiva.

Cal pressionar una mica per tal es solidifiqui el pegament i posteriorment s'introdueix el material en un forn durant un temps aproximat de 10 minuts.

Finalitzat el temps de cocció, s'extreu del forn i s'afegeix per damunt de les peces anteriors una la membrana de policarbonat, que es mostra a la Figura 7, la qual ha de tenir un orifici al mig que permeti el contacte amb la pell i per tant, la entrada de la suor. Es fixa aquesta membrana novament amb cinta adhesiva.

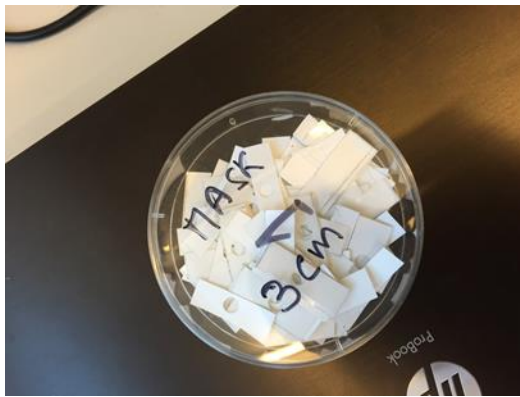


Figura 7: Membrana de policarbonat

Font: elaboració pròpia.

El conjunt resultant ja es el sensor pròpiament dit, el qual queda configurat tal i com es mostra a la Figura 8.

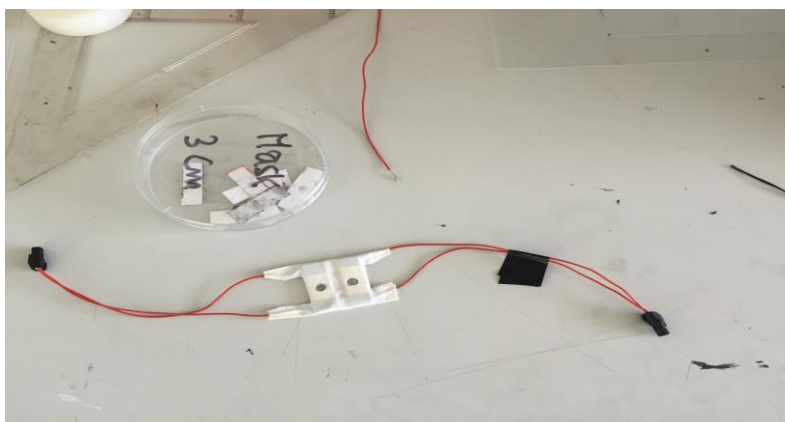


Figura 8: El Sensor

Font: elaboració pròpia.

El que cal fer a continuació es provar que el seu funcionament sigui correcte. Per això, es connecta el sensor resultant a un multímetre Bluetooth® , com el que mostra la Figura 9, per validar el seu funcionament.

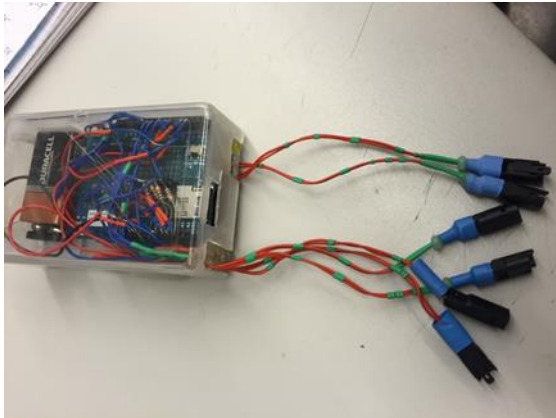


Figura 9: Multímetre Bluetooth

Font: elaboració pròpia.

Un cop comprovat el seu correcte funcionament, s'afegeix un tros de compresa de cel·lulosa per a sobre, que serà la part que estarà en contacte directe amb la pell, i per tant, tindrà la funció d'absorbir la suor. Caldrà tan mateix realitzar un forat al mig per facilitar la canalització d'aquesta suor, i per l'anvers s'afegeix un adhesiu que permetrà fixar el sensor al cos.

La Figura 10 recull la representació gràfica dels materials utilitzats per la construcció del sensor, així com l'ordre de la seva col·locació.

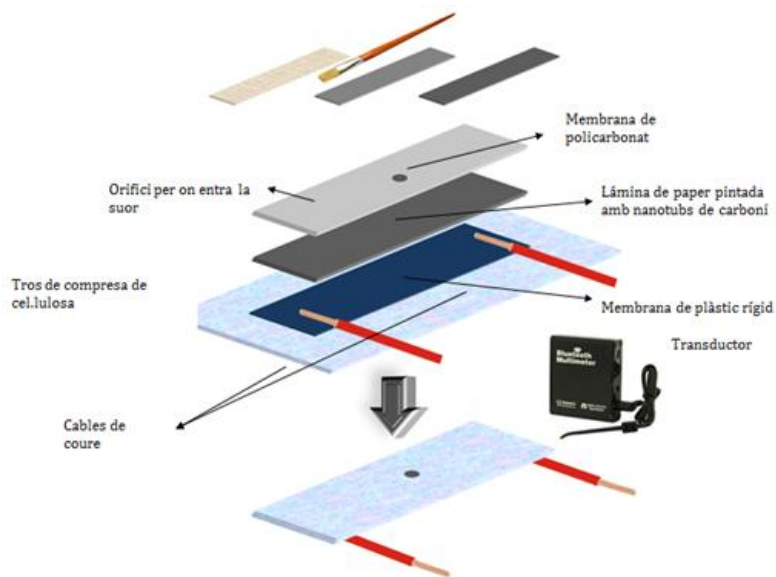


Figura 1: Esquema d'un sensor químic epidèrmic

Figura 10 : Esquema d'un sensor epidèrmic.

Font: Universitat Rovira i Virgili

3.2.1.3. Com es transmet la informació?

La clau està en els nanotubs de carboni. Les fibres de cotó es tenyeixen en una solució elaborada amb una petita quantitat d'aquest material, de manera que la peça condueix l'electricitat. Després, es recobreix amb una membrana polimèrica (una mena de vernís amb receptors químics).

D'aquesta manera, el teixit és capaç de detectar les substàncies presents en la suor. Quan localitza una substància en concret, es genera un senyal elèctric que és monitoritzada, que podríem dir que funciona com una neurona.

Els nanotubs de carboni que s'utilitzen per elaborar el tint són estructures compostes exclusivament per àtoms de carboni que combinen una sèrie de propietats mecàniques i elèctriques inusuals, el que els converteix en una eina molt útil per fabricar nous dispositius i materials. Es tracta de tubs amb un diàmetre de tot just un nanòmetre, és a dir, un milió de vegades més petit que un mil·límetre. És el material més dur que es

coneix, capaç de suportar càrregues molt pesades i de resistir densitats de corrent elèctric molt superiors als cables de coure.

El sensor recapta la informació a través d'un multímetre Bluetooth® (veure Figura 9) que transforma la senyal analògica en una senyal digital. D'aquesta manera, una vegada aconseguida la senyal digital la mesura del sensor pot ser enregistrada en una aplicació tal com ordinador, Tablet o dispositiu mòbil.

3.2.2. FUNCIONAMENT DEL NANOSENSOR

Un cop elaborat el sensor químic es col·loca sobre qualsevol part del cos, preferiblement sobre el pit o l'aixella del subjecte, adherint-ho sobre la pell.

Utilitzarem els dos cables de coure del sensor per connectar-los al multímetre Bluetooth® (veure Figura 9) que transmet la informació a una aplicació que ens permetrà registrar les dades transmises pel sensor.

Amb el sensor col·locat al cos, iniciarem la rutina d'entrenament esportiu establerta.

Un cop finalitzat l'entrenament, retirem el sensor del cos i la targeta de memòria que es troba inserida a l'aparell la introduïm dins d'un ordinador per recollir les dades enregistrades.

3.3. PROCEDIMENT

Per provar el sensor el primer que fem és dissenyar el que anomenem el "microcicle d'entrenament", que consisteixen en la planificació de diferents proves i activitats físiques, en diversitat d'intensitat i complexitat, les quals distribuïm al llarg dels dies de la setmana. La realització dels diferents

entrenaments ens permetrà ficar a prova i validar el funcionament del sensor.

El microcicle definit està compost per diferents tests que inclouen proves d'atletisme i de ciclisme, les quals s'assignen al llarg dels diferents dies de la setmana:

- Dilluns: establim un entrenament de 45' de carrera continua al 70% de rendiment
- Dimarts: definim un entrenament de carrera a peu de 60', format per 20 minuts al trote al 65%, 20 minuts al 80% i 20 minuts al 65%.
- Dimecres: deixem el dia de descans
- Dijous: establim un entrenament de ciclisme de 30'
- Divendres: definim un entrenament de carrera a peu de 75' de carrera continua a ritme moderat.

Per conèixer quin és el nostre percentatge de rendiment, hem de realitzar com a tasca prèvia un test de ritmes de carrera. La Taula 2 mostra el Test de ritmes seguit en el nostre cas.

Taula 2

Test de ritmes de carrera

RITMES ENTRENAMENT CURSA A PEU

Luis Sanz

Data 21/09/2015

Hora 13:30

15^è C

Lloc Pista Cambrils

% VAM	FC	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	700m	800 m	900 m	1000 m	
50	140	00:45.0	01:30.0	02:15.0	03:00.0	03:45.0	04:30.0	05:15.0	06:00.0	06:45.0	07:30.0	
55	149	00:40.9	01:21.8	02:02.7	02:43.6	03:24.5	04:05.4	04:46.3	05:27.2	06:08.1	06:49.0	
60	163	00:37.5	01:15.0	01:52.5	02:30.0	03:07.5	03:45.0	04:22.5	05:00.0	05:37.5	06:15.0	
65	167	00:34.6	01:09.2	01:43.8	02:18.4	02:53.0	03:27.6	04:02.2	04:36.8	05:11.4	05:46.0	
70	180	00:32.1	01:04.2	01:36.3	02:08.4	02:40.5	03:12.6	03:44.7	04:16.8	04:48.9	05:21.0	
75	184	00:30.0	01:00.0	01:30.0	02:00.0	02:30.0	03:00.0	03:30.0	04:00.0	04:30.0	05:00.0	
80	188	00:28.1	00:56.2	01:24.3	01:52.4	02:20.5	02:48.6	03:16.7	03:44.8	04:12.9	04:41.0	
85	193	00:26.5	00:53.0	01:19.5	01:46.0	02:12.5	02:39.0	03:05.5	03:32.0	03:58.5	04:25.0	
90	198	00:25.0	00:50.0	01:15.0	01:40.0	02:05.0	02:30.0	02:55.0	03:20.0	03:45.0	04:10.0	
95	200	00:23.7	00:47.4	01:11.1	01:34.8	01:58.5	02:22.2	02:45.9	03:09.6	03:33.3	03:57.0	
VAM	100	205	00:22.5	00:45.0	01:07.5	01:30.0	01:52.5	02:15.0	02:37.5	03:00.0	03:22.5	03:45.0
105	SFC	00:21.4	00:42.8	01:04.2	01:25.6	01:47.0	02:08.4	02:29.8	02:51.2	03:12.6	03:34.0	
110	SFC	00:20.5	00:41.0	01:01.5	01:22.0	01:42.5	02:03.0	02:23.5	02:44.0	03:04.5	03:25.0	
115	SFC	00:19.6	00:39.2	00:58.8	01:18.4	01:38.0	01:57.6	02:17.2	02:36.8	02:56.4	03:16.0	
120	SFC	00:18.8	00:37.6	00:56.4	01:15.2	01:34.0	01:52.8	02:11.6	02:30.4	02:49.2	03:08.0	
125	SFC	00:18.0	00:36.0	00:54.0	01:12.0	01:30.0	01:48.0	02:06.0	02:24.0	02:42.0	03:00.0	
130	SFC	00:17.3	00:34.6	00:51.9	01:09.2	01:26.5	01:43.8	02:01.1	02:18.4	02:35.7	02:53.0	

VAM (km/H)	100 m	150 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	800 m	1000 m
16.00	00:00:23	00:00:34	00:00:45	00:01:07	00:01:30	00:01:52	00:02:15	00:03:00	03:45.0
VO2 Max	60.00	ml·kg·min							

Created by Jordi Ferré Albiol
 E-mail: jordi.ferre.albiol@gmail.com
 Telf. 678 651 722

Font: Jordi Ferré. Universitat Rovira i Virgili

De la interpretació de la taula anterior es deriva que, per exemple, fent 1.000 m al 70% de rendiment, trigariem 5,21 minuts en recorre'ls. Conseqüentment, si el nostre entrenament està fixat en 45 minuts, anant al 70% hem de córrer una distancia de 8.637 m.

Un cop establert el microcicle d'entrenament procedim a realitzar l'exercici físic pautat per a cadascun dels dies, col·locant en el meu cos 4 sensors, en la forma que mostra la fotografia de la Figura 11, els quals han estat elaborats tal i com hem descrit en l'apartat anterior d'aquest treball.

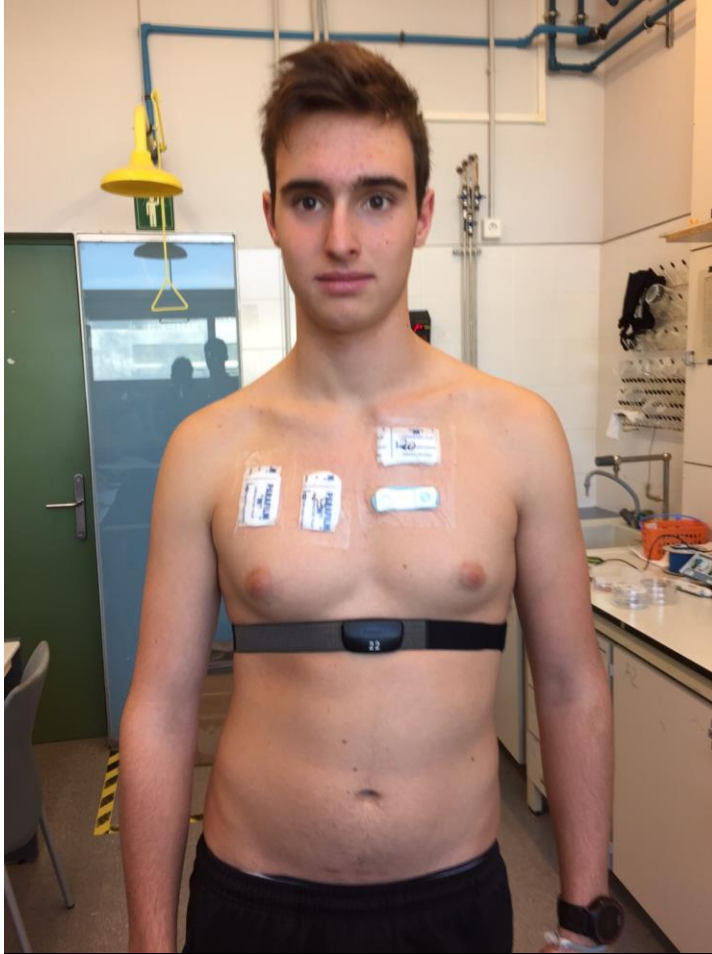


Figura 11: Col·locació dels sensors col·locats per a la realització de l'experimentació

Font: Elaboració pròpia.

Per tal de que els sensors queden ben connectats al multímetre Bluetooth® que enregistrarà la informació superposem als sensors una peça pectoral tècnica de la marca Wimu (veure fotografia Figura 12).

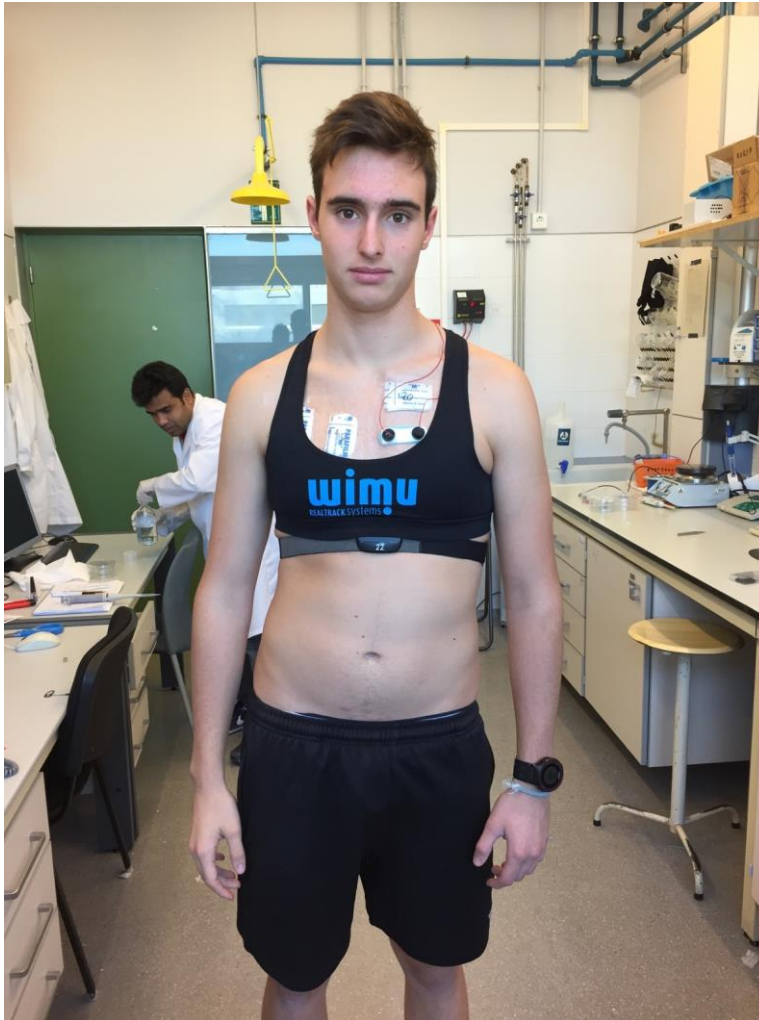


Figura 12: Sensors col·locats i connectats al multímetre protegits per la peça Wimú.

Font: elaboració pròpia.

Un cop col·locats els sensors de forma correcta, iniciem la prova esportiva establerta (veure Figura 13).

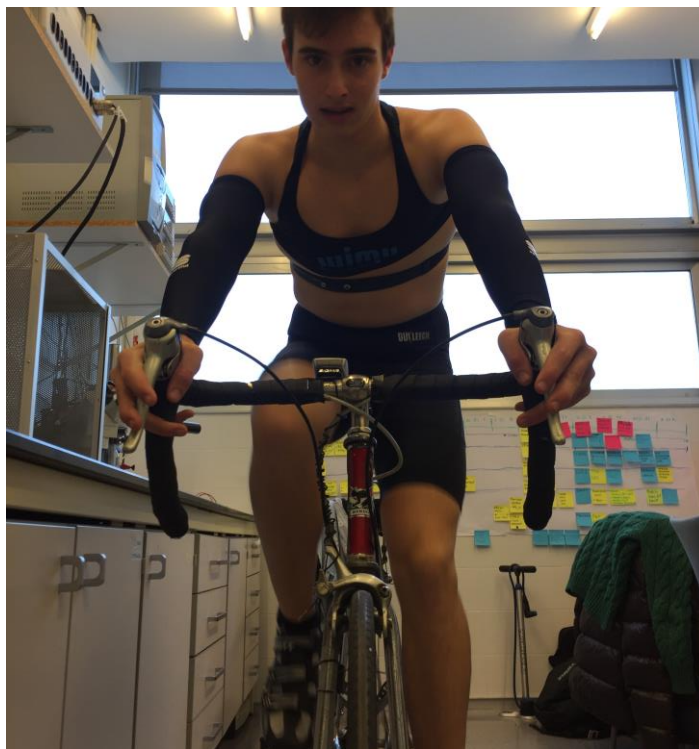


Figura 13: Realització del test de ciclisme amb el sensor.

Font: elaboració pròpia.

Al final de cada entrenament, comprovem que el sensor ha recaptat tota la informació, col·locant la tarja MicroSd inclosa dins del multímetre en un ordinador i abocant la seva informació. La Taula 3 mostra un exemple del format en que es recull la informació, i l'Annex 1 mostra el detall de totes les dades registrades pels quatre sensor al llarg de tot el microcicle d'entrenament.

Taula 3

Registre de dades pel Multimetre

TIME	150_S001 CHANNEL1	SWEAT
00:00:00 020	224,9343109	
00:00:01 020	177,1134949	
00:00:02 020	175,8900146	
00:00:03 020	176,6454315	
00:00:04 020	177,0955353	
00:00:05 020	177,1649933	
00:00:06 020	177,3888397	
00:00:07 020	177,3630829	
00:00:08 020	176,6685181	
00:00:09 020	175,5869293	
00:00:10 020	175,874588	

Font: Jordi Ferre. Universitat Rovira i Virgili

Les dades enregistrades pel multímetre s'han de transformar seguint una fórmula de càlcul per a convertir-les en mil·lilitres, i així poder determinar la suor que s'ha perdut durant l'entrenament.

Per a calcular el volum de suor perduda durant aquest estudi experimental, a partir de les dades de resistència elèctrica mesurada amb el sensor, és necessari prèviament haver realitzat la calibració del sensor. Aquesta calibració es realitza mitjançant l'addició de diferents volums coneguts de solució aquosa al sensor i mesurant la resistència elèctrica s'obté una recta de calibratge (Equació 1). La recta de calibratge permet predir el volum de suor en una àrea de 0,2 cm² (Equació 2), que és l'àrea de la circumferència de 5 mm de diàmetre (orifici per on la suor entra en contacte amb el sensor pròpiament dit), interpolant a la recta el percentatge de resistència elèctrica (%R) (Equació 3) mesurada experimentalment amb el sensor.

$$\%R = 1,1624x + 3.1834 \quad \text{Equació 1}$$

$$V(\mu L) = \frac{\%R - 1,1624}{3,1834} \quad \text{Equació 2}$$

$$\%R = \frac{R_f - R_i}{R_i} \times 100 \quad \text{Equació 3}$$

%R: increment de resistència elèctrica (%)

Ri: resistència elèctrica inicial (Ω i)

Rf: resistència elèctrica final (Ω f)

V (μ L): volum de suor, mesurat en μ L

Per calcular el volum de suor per unitat de superfície (cm^2), es divideix el volum de suor calculat a partir de la recta de calibratge per 0,2 cm^2 (Equació 4).

$$\frac{\mu L}{\text{cm}^2} = \frac{V(\mu L)}{0,2 \text{ cm}^2} \quad \text{Equació 4}$$

Per poder calcular el volum de suor perdut en tot el cos prèviament, hem de calcular l'àrea superficial del cos (m^2) segons l'Equació 5.

$$\text{Àrea superfície cos (m}^2\text{)} = \sqrt{\text{alçada (cm)} \times P_i(\text{kg})/3600}$$

Equació 5

Finalment es calcula el volum total de líquid perdut (L) mitjançant l'Equació 6.

Volum total líquid perdut(L) =

$$x \frac{\mu L}{\text{cm}^2} \times \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \text{àrea superfície cos (m}^2\text{)} \times \frac{1L}{10^6 \mu L}$$

Equació 6

A aquesta darrera fórmula cal sumar 0.08 L, que són els litres d'aigua que es perden en el procés de la respiració en forma basal, i és equivalent a 12 g d'aigua per hora.

Així doncs, transformant la resistència elèctrica en mil·lilitres obtenim la quantitat de suor perduda durant aquell entrenament.

Com s'observa el procés de càlcul amb la interacció de múltiples equacions es força complexa, i a tal efecte, l'equip d'investigació de la URV ha preparat un programa informàtic específic per tal que es pugui automatitzar el seu càlcul.

Així, aplicant aquest programari als resultats obtinguts en el meu entrenament esportiu del dilluns, obtenim que la suor perduda durant l'entrenament de 45 minuts de carrera contínua a carrera a peu esdevé en una pèrdua de 620 ml. Així ho calculem successivament per a cadascuna de les proves efectuades al llarg dels diferents dies de la setmana.

Una vegada acabat l'entrenament, es realitza una percepció subjectiva de com ens ha semblat de intens aquest entrenament. Això ho fem mitjançant l'aplicació de l'escala RPE (Borg, G., 1982; Coutts, 2003).

RPE és l'acrònim de *Rating of Perceived Exertion*, que en català es pot traduir com rang o índex d'esforç percebut. El RPE és un sistema de valoració d'esforç o intensitat exercides en un entrenament, sigui quina sigui la disciplina esportiva que practiquem, tant en esports aeròbics com anaeròbics.

Per facilitar la correcta progressió de l'atleta i així evitar qualsevol aparició de sobreentrenament o fins i tot possibles lesions a causa d'una mala estructuració del seu entrenament, comptem amb una taula de nivells RPE que van des del nivell 0 fins al nivell 10, tal i com mostra la Taula 4.

Taula 4

Nivells RPE

ZONAS DE TRABAJO RPE	0	Reposo Total	
	Z1	1	Esfuerzo muy suave
		2	Suave
	Z2	3	Esfuerzo Moderado
		4	Un poco duro
	Z3	5	
		6	Duro
	Z4	7	
		8	Muy Duro
		9	
Z5	10	Esfuerzo Máximo	

Font: <http://t1d.training/zonas-rpe/>

A la taula podem observar l'escala de nivells de RPE del 0 al 10, així com la descripció de l'esforç .

Per conèixer exactament quin nivell de RPE hem aplicat en un entrenament, cal preguntar a l'atleta i que sigui totalment sincer en la resposta.

En el cas de l'entrenament de 45' de carrera continua la meua percepció subjectiva ha estat de 6, ja que per a mi, no es ni un entrenament molt fort ni molt suau. Així ho fem successivament per a cadascuna de les proves efectuades.

Un altre aspecte a tenir en compte és la carrega d'entrenament, que s'aconsegueix multiplicant la percepció subjectiva de l'esforç, i el temps que ha durat l'exercici. La mesura de la càrrega d'entrenament s'expressa a través d'Unitats Arbitràries i segueix la següent fórmula:

$$\text{CÀRREGA D'ENTRENAMENT (UA)} = \text{Volum (min)} * \text{Intensitat (RPE)}$$

Aquesta fórmula dona com a resultat el nombre d'Unitats Arbitràries sobre la càrrega de la sessió (Foster et al., 2001; Impellizzeri et al., 2004).

Per exemple, en el cas de l'entrenament de dilluns, com he corregut 45 minuts i la percepció subjectiva de l'esforç ha estat de 6, la meva carrega d'entrenament haurà estat de 270 UA .

$$\text{CÀRREGA D'ENTRENAMENT (UA)} = 45 \text{ min} * 6 \text{ RPE} = 270 \text{ UA}$$

Utilitzant la mateixa fórmula calculem successivament la càrrega d'entrenament per a cadascuna de les activitats realitzades dins del microcicle d'entrenament.

3.4. ANÀLISIS DE DADES

Per a l'obtenció de resultats de la nostra experimentació, hem de reproduir el mateix procediment d'experimentació recollit en l'apartat anterior per a cadascuna de les rutines establertes dins del microcicle d'entrenament, i així podrem calcular el total d'aigua perduda d'acord a les dades registrades pel sensor al llarg de la setmana.

A continuació detallem les dades obtingudes per a cadascun dels dies establerts en el microcicle d'entrenament:

1. Dilluns:

- Realitzem un entrenament de 45' de carrera continua al 70% de rendiment
 - Espai recorregut: 8.637 m
 - En aquest entrenament la deshidratació ha estat de 620 ml .
 - La percepció subjectiva és de 6 RPE ja que es un entrenament dur però no extremadament dur.
 - La carrega d'entrenament és de 270 UA que la trobem a partir de multiplicar els 45 minuts per 6 RPE .

2. Dimarts:

Realitzem un entrenament de carrera a peu de 60', format per 20 minuts al trot al 65%, 20 minuts al 80% i 20 minuts al 65%.

- Espai recorregut: $3663m+4535m+3663m= 11861m$
- En aquest entrenament la deshidratació ha estat de 1200 ml
- La percepció subjectiva és de 7 RPE ja que és un entrenament molt dur però no extremadament dur.
- La carrega d'entrenament és de 420 UA que la trobem a partir de multiplicar els 60 minuts per 7 RPE .

3. Dimecres:

Descans.

4. Dijous:

Realitzem un entrenament de ciclisme de 30' .

- En aquest entrenament la deshidratació ha estat de 300ml .
- La percepció subjectiva és de 5 RPE ja que es un entrenament suau tirant cap a dur.
- La carrega d'entrenament és de 150 UA que la trobem a partir de multiplicar els 30 minuts per 5 RPE .

5. Divendres:

Realitzem un entrenament de carrera a peu de 75' de carrera continua a ritme moderat .

- En aquest entrenament la deshidratació ha estat de 1600ml .
- La percepció subjectiva és de 8 RPE ja que és un entrenament molt dur.
- La carrega d'entrenament és de 600 UA que la trobem a partir de multiplicar els 75 minuts per 8 RPE .

La Taula 5 recull de forma global les dades obtingudes.

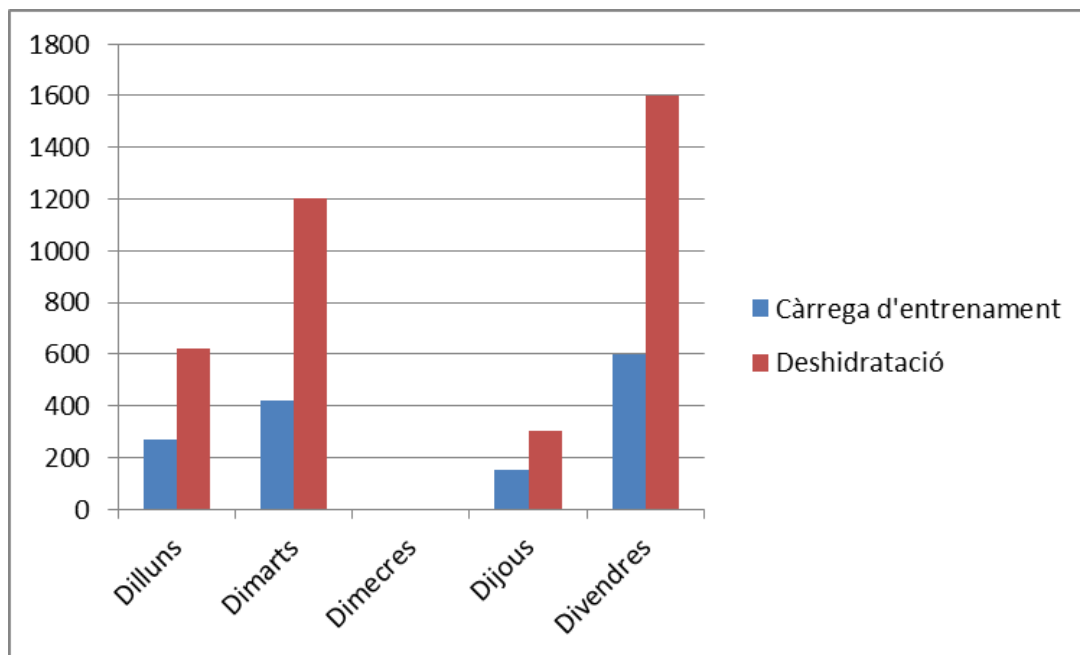
Taula 5

Dades obtingudes en el microcicle d'entrenament

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
Contingut i Temps d'entrenament	45' Carrera Continua Forta = 70 % Vo ₂ Max + 5' Estiraments	60' Intervàlic (20' Trote (65 % Vo ₂ Max + 20' Fort (80 % Vo ₂ Max+ 20' Suau (65 % Vo ₂ Max)	DESCANS	30' Ciclisme Recuperació Activa	75' Carrera Contínua Ritme Moderat
Percepció Subjectiva d'esforç (RPE)	6	7		5	8
Càrrega Entrenament (UA)	270	420		150	600
Deshidratació (mL)	620 mL	1.200 mL		300 mL	1.600 MI

Font: Elaboració pròpia.

L'anàlisi de les dades obtingudes ens porta a observar que a major càrrega d'entrenament, major deshidratació, tal i com mostra el Gràfic 1.



Gràfic 1: Relació entre càrrega d'entrenament i deshidratació en un microcicle d'entrenament.

Font: elaboració pròpia.

4. RESULTATS

El resultat d'aquest treball confirma que es pot conèixer exactament el moment en el que es comença a produir la deshidratació per pèrdua de suor a través de l'aplicació d'un sensor confeccionat amb nanotubs de carboni. El sensor epidèrmic realitzat com a part d'aquest treball de recerca ens ha permès mesurar, en temps real, la deshidratació patida durant la realització d'exercici físic per la practica esportiva, fet que ens permet confirma la hipòtesis plantejada a la nostra recerca. Així, donant informació en temps real a la persona a la que se li aplica el sensor, permet rebre l'alerta d'en quin moment li cal beure líquid o prendre altra mesura correctora, i així evitar la deshidratació.

Amb aquest treball, he pogut comprovar que existeix una clara relació entre l'increment de l'esforç físic i la deshidratació. Es tracta potser d'una relació obvia, i que qualsevol persona pot deduir pel seu coneixement propi, però els resultats obtinguts de les dades enregistrades pel sensor durant la realització del microcicle d'entrenament permeten constatar de forma objectiva, científica, el fet de que com a més esforç físic facis, més suaràs, i per tant més et deshidrataràs.

5. DISCUSIÓ I CONCLUSIONS

Al llarg del treball de recerca hem pogut prendre consciència de les greus conseqüències que es deriven dels desequilibris d'hidratació. Hem vist com el procés de deshidratació pot afectar de forma severa tant al rendiment cognitiu com físic de la persona que el pateix. D'aquí que el poder disposar d'un sistema fiable que faciliti la informació en el moment precís en el qual s'inicia el procés de deshidratació, cobra una gran importància, ja que pot contribuir de forma molt positiva a la prevenció de certes malalties (lipotímies, deliris...) i evitar moltes hospitalitzacions si es diagnostiquen i es gestionen d'hora.

Tal i com s'ha vist, la pràctica clínica actual no disposa d'un mètode únic per determinar de forma robusta l'estat de deshidratació, i fa servir múltiples mètriques de forma combinada (canvi de massa corporal, la osmolaritat plasmàtica, el canvi del volum plasmàtic, l'anàlisi d'orina...). Aquest fet provoca múltiples problemes, destacant l'alta variabilitat en la mesura, i produeix molta confusió, ja que cap dels sistemes és determinant com a mesura independent. A banda, obliga a incórrer en una despesa elevada al sistema sanitari públic, pel fet de que ha de fer ús de diferents tècniques de mesura, quantioses en quant a despesa econòmica i de temps de producció de resultats (ex. anàlisis de sang, anàlisis d'orina...), i obliga a allargar processos d'hospitalitzacions per deshidratació.

En aquest treball de recerca hem pogut desenvolupar un sensor que mesura en temps real la deshidratació del nostre cos. Hem assolit una tècnica ràpida, precisa, no invasiva, portàtil i segura per avaluar l'estat d'hidratació, sense necessitat de recórrer a les actuals proves molestes realitzades en un hospital, i hem pogut constatar el seu bon funcionament. Es tracta sens dubte d'un gran avenç vers els actuals sistemes d'avaluació de la deshidratació, i per tant, es fa recomanable seguir aprofundint en aquest camp de recerca.

El mitjà que hem fet servir per a comprovar el seu funcionament durant el nostre exercici pràctic, mitjançant l'adhesió directe del sensor al nostre cos, no seria del tot pràctic si la voluntat fora utilitzar-lo de forma habitual cada cop que es vol fer esport. Per incrementar la seva usabilitat, la idea òptima seria que aquest sensor vagi integrat a la roba, enlloc de la seva aplicació directa al cos de l'esportista, confeccionant així un teixit intel·ligent.

Un cop incorporat el sensor en el teixit, pot ampliar-se el seu camp d'aplicació, no tan sols en l'esportiu que és en el qual hem desenvolupat la nostra pràctica, sinó que també es podria utilitzar en roba per a gent gran, per exemple si viuen sols i no son conscients de si han begut suficientment o no, o també en l'àmbit infantil, ja que freqüentment els nens petits pateixen vòmits o descomposicions amb el conseqüent perill de deshidratació.

Vull concloure aquest treball ressaltant de forma sintètica que s'han assolit tots els objectius plantejats en aquesta recerca (veure apartat 1.1.):

- He pogut conèixer els sistemes reguladors de la hidratació del cos humà vinculats amb el procés de sudoració, que es basen principalment en regular la temperatura interna del cos, l'encarregat del qual es l'hipotàlem, i mantenir-la a uns 37 graus. Això ho fa el nostre cos mitjançant la suor produïda per les glàndules ecrines, principalment, i les apocrines.
- He après a analitzar la relació existent entre l'energia produïda a través de l'esforç físic i la deshidratació, evidenciant que conforme més energia produeixes, al fer un esforç intens, més et deshidrates i per tant perds més suor.
- Hem pogut dissenyar i construir un dispositiu que permet detectar en temps real la deshidratació per sudoració. Mitjançant la seva aplicació, hem pogut constatar que el sensor ens avisa en el moment en el que ens comencem a deshidratar, i ens informa sobre la quantitat d'aigua que hem perdut.

- Hem comprovat que mitjançant l'aplicació del dispositiu, podem mesurar la relació entre el desgast energètic provocat per un esforç físic esportiu i la deshidratació, de manera que amb aquesta informació podem saber a l'acabar un exercici exactament el líquid que cal beure per recuperar el líquid perdut i prevenir tota classe de deshidratacions i conseqüents lesions.
- He ampliat la meva formació tant en l'adquisició de nous coneixements com en l'aplicació de metodologies per a la recerca. Aquesta primera experiència en el món de la investigació m'ha permès descobrir que és un àmbit de treball molt engrescador i creatiu, i tot i que no vull orientar la meva futura carrera professional en l'àmbit de la nanotecnologia, he gaudit molt de l'experiència, i em sento molt afortunat per haver tingut l'oportunitat d'haver estat acollit dins d'un grup de recerca tan dinàmic com el de Quimiometria, Cualimetria i Nanosensors de la URV. Estic segur que podré utilitzar tots els coneixements i maneres de treballar apreses durant la meva estada amb els investigadors i amb les reunions amb la meva tutora, per a futurs treballs o per a aspectes del dia a dia. I molt fonamentalment, he après a ser conscient de l'important que és hidratar-se i l'imprescindible que és l'aigua per a la nostra supervivença.

6. LIMITACIONS DE LA RECERCA

Desenvolupar sensors químics és una tasca complexa i encara queden obstacles tecnològics per resoldre. Per exemple, els científics investiguen un mètode per rentar aquests teixits sense que perdin les seves propietats. La solució que han trobat, de moment, és introduir el nanosensor a tires, que són col·locades directament en la peça o en un botó de la roba, però encara no està el tema totalment resolt.

Per a l'estat actual de desenvolupament el sensor té un rang limitat de lectura, és a dir, si una persona pateix una pèrdua de suor molt alta el sensor pot saturar-se. Tanmateix, el sensor no ha estat testejat en condicions de pluja, d'humitats/temperatures extremes i en condicions aquàtiques.

Aquestes son algunes de les limitacions tècniques que encara estan sobre la taula d'estudi del grup de recerca, i per tant, podem dir que el projecte es troba encara en una fase de desenvolupament molt inicial i te previst un recorregut de recerca més intensiva.

Una altre limitació que presenta la nostra recerca és que l'experimentació hauria de ser efectuada sobre una major mostra de població humana. Així, ens permetria conèixer el diferent comportament per les diferents tipologies de característiques personals: gènere, edat, raça, etc. Atès que es tracta d'una tecnologia que es troba encara en fase de desenvolupament, i per tant, subjecte a temes de protecció intel·lectual i industrial, en aquest moment, no es possible ampliar la participació i per tant disposar d'una mostra amplia i significativa com seria desitjable per a la recerca.

7. FUTURES LINEES DE RECERCA

El futur presenta una gran finestra d'oportunitats però també de reptes. Per exemple, la revolució digital pot convergir la informació generada amb els sensor i obtenir nous significats a través de les dades gràcies al *big data*³. També la complementació de sensors pot generar noves aplicacions i oportunitats en l'anomenat Internet of things (IoT). Per altra banda, la continua revolució tecnològica involucra l'aparició de noves tecnologies que poden revolucionar el panorama actual, com ara pot ser l'evolució de la tecnologia òptica.

Uns clars potencials usuaris dels sensors serien els esportistes qui els podrien portar a la roba i en tot moment controlarien els seus nivells fisiològics.

A banda dels esportistes, altra col·lectiu poden ser les persones grans amb problemes de mobilitat. Un bolquer d'adult que detecta un inesperat augment de l'orina, mitjançant la inserció del sensor, podria evitar la formació d'ulceracions, si el personal de les residències i els hospitals sabés exactament quan cal canviar el bolquer.

Altra futura possible aplicació dels sensors, podria repercutir positivament en canviar la vida de milions de persones diabètiques, especialment d'edat avançada, que actualment dormen amb intranquil·litat per por a una perillosa baixada del nivell de sucre. Els dispositius detecten en temps real la sudoració, que és un dels principals símptomes de la hipoglucèmia, i podran enviar la informació a un dispositiu de la mida d'un botó i després a un telèfon mòbil que, finalment, pot reenviar l'avís fins a un familiar o un cuidador. El mateix es podria fer per detectar el liti, el sodi o el potassi o un canvi en el pH, entre moltes altres possibilitats.

³ Big Data: gestió i anàlisi d'enormes volums de dades que no poden ser tractats de manera convencional, ja que superen els límits i capacitats de les eines de programari habitualment utilitzades per a la captura, gestió i processament de dades.

Tan mateix, per als nadons la col·locacions dels sensors en els seus bolquers, podria evitar fer-los anàlisis d'orina innecessaris que els causen molèsties.

8. COMPETENCIES ADQUIRIDES

- He après a fer una recerca sobre un tema d'interès personal en el qual m'he hagut d'implicar durant un temps determinat i de manera constant i aprofundida.
- He après a integrar-me en un grup de treball de la universitat i col·laborar amb ells.
- He posat en pràctica els coneixements adquirits en les diferents matèries del batxillerat en relació amb la metodologia de recerca.
- Aplicar la metodologia de recerca adequada als objectius fixats i seleccionar i tractar les fonts d'informació i documentació adients.
- He après a treballar de manera autònoma, amb iniciativa i creativitat, i a fer ús de l'esperit crític i a prendre consciència de la importància de la ètica i confidencialitat en la recerca.
- He aprofundit en l'ús de les TIC i del tractament de la informació durant el procés de recerca. He après a utilitzar una nova eina per organitzar el treball anomenada Trello.

9. BIBLIOGRAFIA

- Armstrong LE (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr.* Oct;26(5Suppl):575S-584S. Review. PMID: 17921468
- Bănică, F.G. (2012). *Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications.* Chichester, UK: John Wiley & Sons. p. 576. ISBN 978-1-118-35423-0.
- Borg, G. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 337-381
- Brotons, D. (24-07-02) Deshidratació, hidratació i exercici físic. Recuperat de <http://www.feec.org/Noticies/noticia--.php?noti=486>
- Carter, R., Cheuvront, S.N., Kolka, M.A., Sawka, M.N., (2004). Hydration Status Monitoring. Book Chapter – National Academy of Science.
- Coutts A. J (2003). Validity of the session-RPE method for determining training load in team sport athletes. *J Sci Med Sport* 6: 525
- Cheshire WB. Autonomic disorders and their management. In: Goldman L, Schafer AI, eds. *Cecil Medicine.* 24th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2011:chap 427
- Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol*, 4(1), 257-285. doi: 10.1002/cphy.c130017
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschal, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. y Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Grimes, C.A., Dickey, E. C. & Pishko, M. V. (2006), *Encyclopedia of Sensors (10-Volume Set)*, American Scientific Publishers. ISBN 1-58883-056-X

- Guyton (1997). Regulación de la función gastrointestinal, ingestión de alimentos, micción y temperatura corporal. En: Guyton. Anatomía y fisiología del sistema nervioso (pp 410-430). Buenos Aires: Editorial Panamericana.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Coutts, A., Sassi, A., y Marcora, S. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Kavouras, S. (2002). Assessing hydration status. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, vol. 5, no. 5, pp. 519–24.
- Kim, S. (2007). Preventable Hospitalizations of Dehydration: Implications of Inadequate Primary Health Care in the United States. *Annals of Epidemiology*, vol. 17, no. 9, p. 736.
- Kolasa, K.M., Lackey, C.J. & Grandjean, A.C. (2009). Hydration and Health promotion. *Nutrition Today*; 44; 190-201.
- Kretschmar, M. & Welsby, S. (2005). Capacitive and Inductive Displacement Sensors. *Sensor Technology Handbook*, J. Wilson editor, Newnes: Burlington, MA.
- Navarro X. (1992). Evaluación de la función sudomotora. *Evaluación del Sistema Nervioso Autónomo* (pp 37-52). Barcelona: Prodisa.
- Oliver P, Paul E (2004). Anatomy of the sweat glands, pharmacology of botulinum toxin and distinctive síndromes associated with hyperhidrosis. *Clin Dermatol*;22:40-44.
- Rehrer, N. J., & Burke, L. (1996). Sweat losses during various sports. *Australian Journal of Nutrition and Dietetics*. 53(4): S13-S16.
- Schlereth, T., Dietrich, M., Birklein, F. (2009). Hyperhidrosis. Causes and treatment of enhanced sweating, *Dtsch Arztebl Int* 106 (3):32-7.
- Shirreffs, SM. (2003). Markers of hydration status. *Eur J Clin Nutr.*;57:S6-S9.
- William P, Freeman R (2003). Disorders of sweating. *Seminars in Neurology*. Vol 23 N°4.

10. ANNEXOS

Annex 1: Dades enregistrades pel 4 sensors durant l'entrenament.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
28	Sens.A-1= 111.97	,Sens.A-2= INF	,Sens.A-3= INF	,Sens.A-4= INF	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
29	Sens.A-1= 109.60	,Sens.A-2= INF	,Sens.A-3= INF	,Sens.A-4= INF	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
30	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= INF	,Sens.A-4= INF	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
31	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= INF	,Sens.A-4= INF	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
32	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= INF	,Sens.A-4= INF	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
33	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 142.51	,Sens.A-4= 142.51	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
34	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 142.51	,Sens.A-4= 142.51	,Sens.A-4= INF	Sample rate: 3000.00									
35	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 142.51	,Sens.A-4= 142.51	,Sens.A-4= 143.76	Sample rate: 3000.00									
36	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 142.51	,Sens.A-4= 142.51	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
37	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
38	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
39	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
40	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
41	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
42	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
43	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
44	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
45	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
46	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 152.45	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
47	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
48	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
49	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 142.51	,Sens.A-4= 142.51	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
50	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
51	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
52	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									
53	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	P111														
92	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
93	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
94	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 151.16	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
95	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
96	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
97	Sens.A-1= 110.78	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
98	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
99	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
100	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00						5'				
101	Sens.A-1= 110.78	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00						CABLE 1	CABLE 2	CABLE 3	CABLE 4	
102	Sens.A-1= 109.60	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				1		110,78	147,33	143,76	132,55	
103	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 152.45	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				2		109,6	148,6	143,76	132,55	
104	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 153.73	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				3		108,4	149,88	143,76	132,55	
105	Sens.A-1= 109.60	,Sens.A-2= 151.16	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				4		108,4	152,45	143,76	132,55	
106	Sens.A-1= 114.35	,Sens.A-2= 152.45	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				5		109,6	153,73	143,76	132,55	
107	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				6		114,35	151,16	143,76	132,55	
108	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				7		109,6	152,45	143,76	132,55	
109	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				8		110,78	148,6	143,76	132,55	
110	Sens.A-1= 109.60	,Sens.A-2= 149.88	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				9		108,42	149,88	143,76	132,55	
111	Sens.A-1= 110.78	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				10		110,78	149,88	143,76	132,55	
112	Sens.A-1= 126.42	,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
113	Sens.A-1= 108.42	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				AVG		110,071	150,396	143,76	132,55	
114	Sens.A-1= 116.74	,Sens.A-2= 144.79	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00				STDV		1,79	2,02	0,00	0,00	
115	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 146.06	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
116	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 148.60	,Sens.A-3= 143.76	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										
117	Sens.A-1= INF	,Sens.A-2= 147.33	,Sens.A-3= 145.02	,Sens.A-4= 132.55	Sample rate: 3000.00										

Portapapeles Copiar Copiar formato Fuente Fuente Calibri 12 A A Combinar y centrar Ajustar texto

Estilos Dar formato Estilos de Formato condicional como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Reellenar y filtrar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

General Número 0.00 % 000 Números

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
O497															
493 F		,Sens.A-2= 155.02	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
494 F		,Sens.A-2= 165.44	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
495 F		,Sens.A-2= 155.02	,Sens.A-3= 146.29	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
496 F		,Sens.A-2= 155.02	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
497 F		,Sens.A-2= 153.73	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
498 F		,Sens.A-2= 155.02	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
499 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
500 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00				25'						
501 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
502 F		,Sens.A-2= 155.02	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 140.00	Sample rate: 3000.00										
503 F		,Sens.A-2= 157.61	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00					CABLE 1	CABLE 2	CABLE 3	CABLE 4		
504 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				1	111,97	156,31	147,55	140		
505 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				2	111,97	156,31	147,55	140		
506 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				3	111,97	155,02	147,55	140		
507 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				4	111,97	157,61	147,55	141,25		
508 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				5	111,97	156,31	147,55	141,25		
509 F		,Sens.A-2= 157.61	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				6	111,97	156,31	147,55	141,25		
510 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				7	111,97	156,31	147,55	141,25		
511 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				8	111,97	156,31	147,55	141,25		
512 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				9	111,97	156,31	147,55	141,25		
513 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				10	111,97	156,31	147,55	141,25		
514 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				AVG	111,97	156,311	147,55	140,875		
515 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 141.25	Sample rate: 3000.00				STDV	0,00	0,61	0,00	0,60		
516 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 142.51	Sample rate: 3000.00										
517 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 142.51	Sample rate: 3000.00										
518 F		,Sens.A-2= 156.31	,Sens.A-3= 147.55	,Sens.A-4= 142.51	Sample rate: 3000.00										
29.9.15		LUIS.TXT													