



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

*Com afecta l'embaràs a les
pressions plantars durant la marxa?
Revisió bibliogràfica*

*How does pregnancy affect plantar pressure during gait?
A systematic review*

Treball Final de Grau
Grau de Podologia

Nom alumna: Clara Picazo Vergara

Tutor: Carles Vergés Salas

Curs acadèmic: 2021-2022

Codi de l'assignatura: 360416



ÍNDEX

ÍNDEX DE FIGURES.....	3
ÍNDEX DE TAULES	3
RESUM I PARAULES CLAU	4
ABSTRACT AND KEYWORDS	5
1. Introducció.....	6
2. Objectius.....	7
3. Material i mètodes	7
4. Resultats	9
5. Discussió.....	14
6. Conclusions	19
7. Bibliografia.....	19



ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1: Diagrama de flux de la selecció final d'articles segons el criteri PRISMA¹⁴.... 9

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1: Bases de dades i paraules clau utilitzades en la recerca bibliogràfica.....	8
Taula 2: Criteris d'inclusió i exclusió	8
Taula 3: Característiques dels articles sobre pressions plantars en dones embarassades durant la marxa	10
Taula 4: Descripció dels mètodes aplicats en l'avaluació de les pressions plantars en dones embarassades durant la marxa.....	11
Taula 5: Resultats del PPM de cada article en dones embarassades	13

RESUM I PARAULES CLAU

Resum: Durant el procés de l'embaràs es produeixen canvis fisiològics a nivell psicològic, hormonal i físic. L'augment de pes és un dels esdeveniments que pot fer variar les pressions plantars i provocar compensacions donant lloc a les patologies més freqüents: lumbàlgies i podàlgies. Per mesurar l'evolució de les pressions al llarg de l'embaràs existeixen diferents sistemes com les plataformes de pressions i les plantilles instrumentades. Aquest estudi pretén analitzar la informació publicada sobre la variació de les pressions plantars en dones embarassades i comparar així els seus resultats. S'ha dut a terme una recerca bibliogràfica consultant sis bases de dades i es varen obtenir un total de 12 articles finals segons els criteris d'inclusió i exclusió elegits. Les pressions plantars varien a mesura que avança l'embaràs però no de la mateixa forma entre els diferents estudis. La majoria dels autors defensen que es produeix un augment del PPM al mig peu fruit de l'augment de pes i laxitud dels lligaments, així com l'anteriorització del CdP. Altres autors reporten un augment en l'avantpeu com a estratègia d'absorció d'impacte o al retropeu amb canvis en la morfologia del peu. Els resultats de la magnitud del PPM són molt variats degut a la diferent metodologia dels estudis. Les podàlgies són més freqüents en les dones embarassades però no està relacionat exclusivament amb les variacions de les pressions plantars, sinó que influeixen el CdP, canvis hormonaals o l'augment de l'ús d'estructures múscul esquelètiques. Com a conseqüència cada dona embarassada adopta compensacions úniques per garantir una marxa estable.

Paraules clau: pressió plantar, dona embarassada, pic de pressió màxima, marxa

Abreviatures: Centre de pressions (CdP), Pic de pressió màxima (PPM), cap metatarsià (CMTT)

ABSTRACT AND KEYWORDS

Abstract: Psychological, hormonal and physical changes occur during the pregnancy process. Weight gain is one of the most common causes of plantar pressure variation and can lead to the most common pathologies, including low back pain and foot pain. There are different systems for measuring the evolution of pressures during pregnancy, such as pressure platforms and instrumented insoles. The aim of the study is to analyze the published information on the variation of plantar pressures in pregnant women and thus compare their results. A literature search was performed by consulting six databases and obtaining a total of 12 final articles according to the chosen inclusion and exclusion criteria. Plantar pressures vary as pregnancy progresses but not in the same way between studies. Most authors argue that there is an increase in PPM in the midfoot as a result of the increase in weight and laxity of the ligaments, as well as the anteriorization of the COP. Other authors report an increase in the forefoot as an impact absorption strategy or in the hindfoot as changes in foot morphology. The results of the magnitude of the PPM are very varied due to the different methodology of the studies. Foot pain is more common in pregnant women but is not exclusively related to variations in plantar pressure, it is also influenced by COP, hormonal changes or increased use of skeletal muscle structures. It is for this reason that every pregnant woman adopts unique compensations to lead to a stable gait.

Keywords: plantar foot pressure, pregnant women, peak pressure, gait

Abbreviations: center of pressure (COP), peak pressure (PP), metatarsal head (MH)



1. Introducció

L'embaràs és un procés fisiològic que s'inicia en el moment de la concepció i finalitza en l'acte del naixement del nadó. Durant tot aquest cicle, la dona sofreix una sèrie de canvis a nivell psicològic, hormonal i biomecànic(1). L'augment del pes és un dels fets més destacables que suposen un augment d'entre 11 i 16 kg de mitjana durant l'embaràs(2). D'altra banda, l'augment dels nivells de relaxina i l'augment de laxitud dels lligaments provoca canvis en el teixit tou afectant a la musculatura del tronc inferior(3). Respecte a l'equilibri, s'utilitza el centre de pressions (CdP) com a paràmetre per a l'estabilitat. Hi ha estudis que evidencien que és freqüent l'augment del desplaçament del CdP que es relaciona amb la inestabilitat(4). Durant l'embaràs també es produeixen canvis en la dinàmica per afavorir una marxa estable i segura. La disminució de la velocitat de marxa i de la cadència de pas, així com passes més curtes són algunes de les modificacions que es produeixen(5,6). A més també provoca una alteració en el patró de marxa que fa disminuir la fase d'oscil·lació i augmenta la fase de recolzament bipodal (5).

Aquests canvis fisiològics produeixen adaptacions que poden arribar a causar diferents patologies. Segons Dunning et al(7), un 27% de les dones embarassades sofreixen com a mínim una caiguda durant l'embaràs. A més, també s'estima que aproximadament un 56% d'aquestes experimenten mal d'esquena(8). El dolor d'esquena, les rampes nocturnes i les podàlgies són les patologies amb major prevalença durant l'embaràs(9,10). El dolor lumbar és el més freqüent i es redueix al tercer trimestre respecte al segon(10).

Les variacions que es produeixen durant la marxa poden afectar a les pressions plantars tant en dinàmica com en estàtica. Per a l'avaluació de les pressions s'utilitzen diferents variables baropodomètriques i diferents sistemes de captació de les pressions plantars. El pic de pressió màxima (PPM), la pressió mitjana en un àrea, la integral de la pressió mitjana i el centre de pressions són les variables estudiades amb més freqüència(11). El PMM és un paràmetre que fa referència al valor de pressió més alta registrada per cada sensor del dispositiu durant tota la dinàmica(12).

Per a la captació d'aquestes variables es poden utilitzar diferents sistemes de mesura, el més comú és la plataforma de pressions que és rígida i es col·loca sobre la superfície del terra i permet avaluar tant les pressions en estàtica com en dinàmica. La plataforma de pressions es posiciona paral·lela a la superfície i proporciona una quantitat de números de sensors per àrea dependent del sistema(13). Per altra banda, també existeixen les

plantilles instrumentades, un sistema de mesura que consisteix en una plantilla que es col·loca dintre la sabata i utilitza un conjunt de sensors de pressió per obtenir la mesura de la distribució de les pressions plantars exercides en qualsevol terreny o entorn i de forma contínua mentre es realitza l'activitat.

Una comprensió profunda dels canvis en les pressions plantars durant l'embaràs és necessària per a un millor coneixement de la cinètica associada a aquest procés fisiològic. Per aquest motiu aquest treball pretén analitzar la informació publicada sobre les pressions plantars durant la marxa en dones embarassades. S'avaluen així els canvis induïts per l'embaràs i la metodologia de cada estudi.

2. Objectius

L'objectiu principal d'aquest estudi és analitzar la informació publicada sobre les variacions cinètiques de les pressions plantars, com per exemple el pic de pressió màxima, al llarg dels diferents trimestres gestacionals en dones embarassades durant la marxa.

Com a objectiu secundari es pretén estudiar la relació entre la distribució de les pressions plantars i les patologies que es poden donar durant l'embaràs.

3. Material i mètodes

3.1 Fonts de dades

Es va realitzar una recerca bibliogràfica amb l'objectiu d'identificar publicacions amb informació sobre les pressions plantars en dones embarassades. Varen ser consultades sis bases de dades diferents degut al seu accés obert i per destacar en l'àmbit biomèdic s'han utilitzat les paraules claus indicades a la Taula 1. Es varen seleccionar articles publicats a partir de l'any 2010 fins el 2022, començant la recerca al desembre de 2021. Per a l'organització dels articles científics es va utilitzar el gestor bibliogràfic Mendeley© versió 2.66.0.



Taula 1: Bases de dades i paraules clau utilitzades en la recerca bibliogràfica

	[Pregnant Women] AND [Foot Plantar Pressure]	[Pregnant Women] AND [Human Gait]	Nombre d'articles totals
Dialnet	2	1	3
PubMed	13	63	76
Scielo	1	2	3
Science Direct	329	612	941
Scopus	25	114	139
Web of Science	32	77	109

3.2 Selecció d'estudis

Després de la cerca sistemàtica es varen seleccionar els articles mitjançant la lectura del títol i / o resum i aplicant els criteris d'inclusió i exclusió reflectits a la Taula 2.

Seguidament, tenint en compte el resum i els resultats dels estudis, es varen anar exclouent les publicacions que no parlaven de dones embarassades, ni de paràmetres relacionats amb les pressions plantars. Per altra banda, també es va realitzar una cerca manual d'articles a través de les referències dels estudis seleccionats per al treball i es van extreure un total de 3 articles. Aquest procés ha estat plasmat al diagrama de flux de la **Figura 1** **o se encuentra el origen de la referencia.**

Taula 2: Criteris d'inclusió i exclusió

Criteris d'inclusió	Criteris d'exclusió
Articles de casos i controls, articles experimentals	Articles de revisió, pàgines web
Mostra en dones embarassades de qualsevol trimestre gestacional	Idioma diferent a l'anglès o espanyol
Estudi de la variable baropodomètrica de PPM en retropeu, mig peu, taló, algun cap metatarsià o dit del peu	Anàlisi de les pressions plantars en estàtica

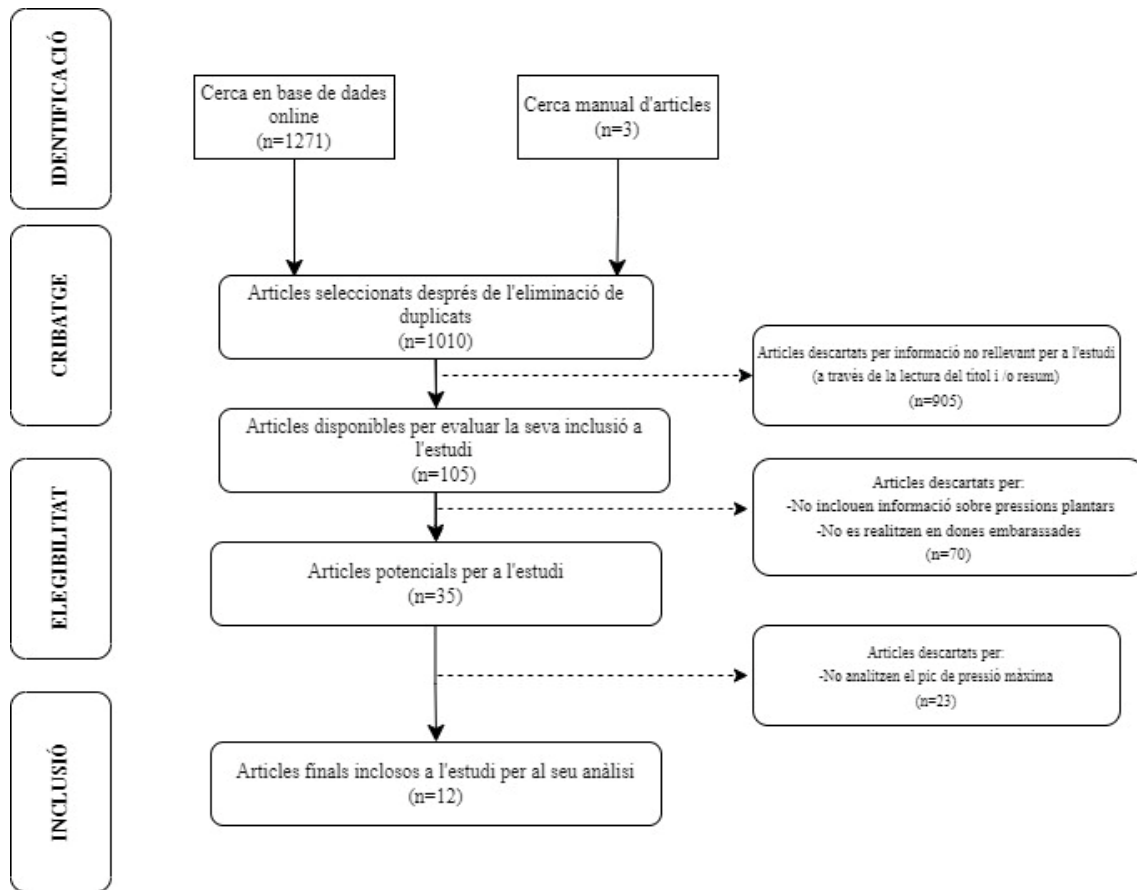


Figura 1: Diagrama de flux de la selecció final d'articles segons el criteri PRISMA¹⁴

3.3 Extracció de dades

De cada article final, s'estudien les variables baropodomètriques relacionades amb la pressió plantar. De totes les esmentades, l'estudiada és el PPM en diferents àrees del peu (caps metatarsians (CMTT), hàl·lux, retropeu, mig peu, avantpeu, taló etc) segons les de cada article. S'ha decidit analitzar aquest paràmetre perquè és una mesura quantitativa el valor de la qual no varia segons l'àrea. A més, dins la bibliografia publicada és la variable més estudiada per analitzar les pressions plantars. Les unitats del PPM poden haver estat mesurades en kPa, Kg/cm², N/cm² o % de pressió.

4. Resultats

A través de la recerca sistemàtica es varen identificar un total de 12 estudis finals. Per plasmar la informació seleccionada, es presenten els resultats en tres taules. En primer lloc, a la Taula 3 es van recollir dades descriptives dels articles, mentre que a la Taula 4 dades relacionades amb els mètodes aplicats en l'avaluació de les pressions plantars en

dones embarassades. Finalment a la Taula 5 s'indiquen els resultats numèrics de la variable PPM.

Taula 3: *Característiques dels articles sobre pressions plantars en dones embarassades durant la marxa*

<i>Autor</i>	<i>Any</i>	<i>Mostra</i>	<i>Moment de l'estudi</i>	<i>Nivell d'evidència*</i>	<i>Títol</i>
Martínez-Martí, F et al(15)	2015	15 d.e	12 s.g 20 s.g 32 s.g	2	A preliminary study of the relation between back-pain and plantar-pressure evolution during pregnancy.
Mikeska O, et al (16)	2019	73 d.e	27 s.g 32 s.g 36 s.g	2	Assessment of distribution of plantar pressures and foot characteristics during walking in pregnant women.
Ribeiro A, et al(17)	2011	6 d.e	1r trim 2n trim 3r trim	2	Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation.
Hamada H, et al(18)	2019	19 d.e	12 s.g 24 s.g 36 s.g	2	Dynamic plantar pressure and ground reaction force during pregnancy: A prospective longitudinal study
Fan Y, et al(19)	2015	31 d.e	3r trim	3	Dynamic plantar pressure distribution in the last trimester pregnancy of Chinese women during walking
Hu C, et al(20)	2015	35 d.e	1r trim 2n trim 3r trim	1	Longitudinal Plantar Pressure Variation during Gait throughout Pregnancy
Pauk J (21)	2020	29 d.e	11 s.g 25 s.g 38 s.g	2	Mechanisms of gait adaptation in overweight pregnant women
Karadag-Saygi E, et al (22)	2010	35 d.e 35 d.n.e	3r trim	3	Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy.
Martínez-Martí F, et al(23)	2019	62 d.e	1r trim 2n trim 3r trim	1	Plantar pressure changes and their relationships with low back pain during pregnancy using instrumented insoles
Bertuit J, et al(24)	2016	58 d.e 9 d.p 23 d.n.e	6m 7m 8m 9m	3	Plantar Pressure During Gait in Pregnant Women
Varol T, et al(25)	2017	131	1r trim 2n trim 3r trim	3	Relation between foot pain and plantar pressure in pregnancy
Hu N, et al(26)	2016	36 d.e 36 dn.e	1r trim 2n trim	1	The walking plantar loading distribution of pregnant women in different trimesters

*d.e – dones embarassades, d.n.e – dones no embarassades, d.p- dones postpart, s.g – setmana gestacional, trim – trimestre gestacional,
* - segons el Centre for Evidence-Based Medicine, Oxford (OCEBM)(27)*

Taula 4: Descripció dels mètodes aplicats en l'avaluació de les pressions plantars en dones embarassades durant la marxa

Autor, Any	Objectiu	Paràmetre analitzat (unitat)	Mètode	Conclusions
Martínez-Martí, F et al(15), 2015	Analitzar l'evolució de les pressions plantars en dones embarassades i la seva relació amb el dolor d'esquena. Desenvolupar plantilles instrumentades per a l'anàlisi de les pressions plantars	-Pic de pressió màxima (kPa) -COP	- Plantilles instrumentades ECnsole amb 4 sensors - 2 voltes x 10 metres velocitat pròpia del participant -Tota la mostra amb les mateixes sabates esportives	El valor de les pressions és major en el 1r i 5è MTT, mentre que disminueix al taló i al primer dit en augmentar les setmanes de gestació. La variació del CoP que es dona en l'eix Y pot estar relacionada amb el dolor d'esquena patit per les dones embarassades
Mikeska O, et al (16), 2019	Analitzar la distribució de les pressions plantars i les característiques del peu durant la marxa en dones embarassades. Testar sabatilles ortopèdiques portades pel grup experimental	-Pic de pressió màxima (kPa) -Àrea de contacte (cm ²) -Força màxima (N)	-Plataforma de pressions de 1,5m metres amb 4 sensors/cm ² a 100Hz - 5 cicles (10 passes) a la velocitat de marxa de cada participant -Grup experimental amb sabates ortopèdiques des de 2 setmanes abans de la 1a mesura.	Augment del pic de pressió plantar en àrees del retropeu i mig peu en els dos grups. L'ús de sabates ortopèdiques en el grup experimental no es pot utilitzar per realitzar una conclusió sobre la millora de les pressions plantars
Ribeiro A, et al(17), 2011	Descriure i comparar les distribucions plantars entre dinàmica i estàtica en dones embarassades	-Pic de pressió màxima (kPa) -Temps de contacte (ms) -Àrea de contacte (cm ²) -Força màxima (N)	-Plantilles instrumentades pedar-X a 100Hz 99 sensors amb resolució espacial 1.6-2-2cm ² -10m a cadència pròpia de cada participant però velocitat controlada utilitzant 30 passes -Sense sabates, amb calcetins	Es produeix una redistribució de les pressions plantars del retropeu medial a l'avantpeu per reduir el pic de pressió màxima del retropeu.
Hamada H, et al(18), 2019	Investigar els canvis en les pressions plantars dinàmiques en dones sanes embarassades durant els tres trimestres gestacionals.	-Pic de pressió màxima (N/cm ²) -Força de reacció del terra	-Plataforma de pressions 300Hz i 4 sensors/cm ² -3 registres de cada peu a la velocitat pròpia dels participants -Sense sabates	Les pressions en 1r, 5è cap MTT i 1r dit augmenten al llarg dels trimestres. No s'observa una variació en el taló. No hi ha diferències significatives entre el peu dret i l'esquerra.
Fan Y, et al(19), 2015	Quantificar les pressions plantars en dones embarassades durant el tercer trimestre, així com les diferències entre el peu dret i l'esquerra.	-Pic de pressió màxima (N/cm ²) -Integral pressió-temps -Àrea de contacte	-Plataforma de pressions 300Hz de 4 sensors per cm ² -3 registres de cada peu a la velocitat pròpia dels participants -Sense sabates	Es produeix un augment de la pressió plantar en el mig peu durant l'embaràs. Les altres regions sofreixen canvis no destacables que poden ser produïts per canvis fisiològics propis de cada embarassada.
Hu C, et al(20), 2015	Investigar la repercussió de l'embaràs en les pressions plantars durant la marxa.	-Pic de pressió màxima (kPa) -Àrea de Contacte (cm ²) -Força màxima (N) -COP	-Plantilles instrumentades 50Hz (Novel Pedar System) amb 99 sensors de pressió -3 registres en un recorregut de 10 metres a velocitat de marxa pròpia del participant -Tota la mostra amb les mateixes sabates esportives	La pressió en el mig peu, avantpeu lateral i retropeu incrementa a mesura que progressa l'embaràs.
Pauk J (21), 2020	Estudiar els paràmetres espai temporals, la força de reacció del terra i la distribució de les pressions plantars durant la marxa en dones embarassades amb pes normal i amb sobrepes.	-Paràmetres espai temporals (m, s, %) -Pic de pressió màxima (N/cm ²) -Força de reacció del terra (N/kg)	-Plantilles instrumentades 60Hz (T&T Medilogic Medizintechnik GmbH) amb 240 sensors per plantilla -3 registres per cada peu -Sabates personals de cada participant	Les dones embarassades pateixen un augment de la pressió plantar en l'avantpeu i en l'arc medial en dinàmica.
Karadag-Saygi E, et al (22), 2010	Avaluar els canvis en la pressió plantar i el balanç postural en dones embarassades.	-Pic de pressió màxima (kPa) -Temps de contacte (s) -COP	-Plataforma de pressió -Velocitat pròpia de cada participant -Sense sabates	Es produeix un augment de la pressió en l'avantpeu del peu dret en dones embarassades en comparació amb el grup control.
Martínez-Martí F, et al(23), 2019	Avaluar la relació entre la pressió plantar dinàmica, el temps de contacte i el dolor d'esquena durant l'embaràs.	-Pic de pressió màxima (kPa) -COP -Temps de contacte (ms)	-Plantilles instrumentades validades amb F-Scan 40 Hz amb 4 sensors de pressió -1 registre en una distància de 20m obtenint una mitja de 40 passes -Tota la mostra amb mateixes sabates esportives	L'increment de pressió en el 1r cap MTT pot estar associat a l'augment de pronació durant l'embaràs per guanyar estabilitat. Per altra banda, el pic de pressió al retropeu augmenta al segon trimestre, però disminueix al tercer; i a l'avantpeu augmenta al 3r trimestre

(continua a la pàgina següent)

Taula 4 (continuació)

Bertuit J, et al(24), 2016	Investigar les pressions plantars als darrers 4 mesos d'embaràs així com en el període de postpart per poder fer una comparació de les pressions plantars.	<ul style="list-style-type: none"> -Temps de pic (s) -Integral de la pressió (%) -Àrea de pressió (m²) -Pic de pressió màxima (%) 	<ul style="list-style-type: none"> -Plataforma de pressions 100Hz -3 registres a velocitat pròpia de cada participant -Sense sabates 	Disminució del pic de pressió màxima en l'avantpeu i retropeu, mentre que hi ha un augment de la pressió en el mig peu.
Varol T, et al(25), 2017	Mesurar les distribucions plantars en estàtica i en dinàmica en dones embarassades i la seva relació amb el dolor de peus.	<ul style="list-style-type: none"> -Força Màxima (N) -Àrea de contacte (cm²) -Pressió de contacte (kPa) -Pic de pressió màxima (kPa) -Integral força-temps (Ns) 	<ul style="list-style-type: none"> -Plataforma de pressions 50Hz amb 4 sensors/cm² -3 registres de cada peu a la velocitat pròpia de cada participant -Sense sabates 	No hi ha diferències significatives del pic de pressió màxima entre els diferents grups ni entre les diferents àrees del peu.
Hu N, et al(26), 2016	Investigar la distribució de les pressions plantars per regions en les diferents etapes gestacionals en dones embarassades durant la marxa.	<ul style="list-style-type: none"> -Pic de pressió màxima (kPa) -Integral força-temps (Ns) 	<ul style="list-style-type: none"> -Plantilles instrumentades (Nover Pedar) 50Hz -3 registres al llarg de 10m a velocitat pròpia de cada participant -Tota la mostra amb les mateixes sabatilles esportives 	Les pressions plantars durant l'embaràs es redistribueixen al mig peu i al retropeu a mesura que avança l'embaràs.

Taula 5: Resultats del PPM de cada article en dones embarassades

Autor, Any	Unitat	Resultat PPM								
Martinez -Martí, F et al(15), 2015	kPa	PD								
		1D								
		1r cap MTT								
		5è cap MTT								
		RP								
		PD								
		1 ± 7								
		6 ± 6								
		7 ± 12								
		-8 ± 4								
		PE								
		-6 ± 10								
		2 ± 10								
		6 ± 6								
		-9 ± 9								
Mikeska O, et al(16), 2019	kPa	GRUP CONTROL (embarassades)				GRUP EXPERIMENTAL (embarassades)				
			27 s.g		36 s.g		27 s.g		36 s.g	
			PD	PE	PD	PE	PD	PE	PD	PE
		RP	326.5±68.9*	345.4±75.1	346.3±104.1	347.5±75.1	323.2±80.6	334.4±74.8	344.9±76.6	359.5±90.8
		MP	142.9±48.4	140.7±52.0*	149.1±40.8	151.1±41.2	138.2±40.8	135.2±40.5	142.7±44.1	149.7±42.8
		1CMTT	271.6±136.4	274.6±140.0	267.7±112.5	254.3±102.6	246.2±96.9	232.9±94.3	245.2±82.8	225.4±74.3
		2CMTT	412.7±192.3	394.4±137.1	395.6±179.0	390.0±119.2	384.4±118.3	414.9±141.3	378.1±112.9	397.4±120.0
		3CMTT	367.9±105.9	371.9±89.3	348.6±84.1	369.2±76.1	352.3±83.8	376.7±89.6	349.2±79.6	369.6±79.4
		4CMTT	267.5±96.1	276.1±97.0	258.7±78.6	290.3±84.0	258.5±87.4	265.1±72.8	261.0±75.3	275.4±73.7
		5CMTT	192.7±114.7	215.4±151.6	178.4±119.5	211.4±149.8	202.9±115.3	225.2±147.9	183.7±93.0	215.6±125.4
		HL	436.7±198.8	416.6±169.3	451.7±211.9	393.4±187.3	450.6±188.7	411.1±188.5	454.7±199.1	419.0±185.1
		2D	182.6±74.4	157.3±66.1	177.8±71.9	150.7±74.4	198.9±70.5	185.3±71.3	186.7±63.4	181.2±81.4
		DM	128.6±74.4	106.7±54.1*	115.6±67.3	92.8±49.0*	141.7±67.6	132.6±62.9	122.5±60.6	125.4±62.9
		Ribeiro A, et al(17), 2011	kPa	1r trim		2n trim		3r trim		
				RP medial	314.0±87.9	318.7±83.3	260.4±104.4*			
RP lateral	315.2±90.9			319.2±84.2	270.695.5					
MP	107.0±42.2			134.9±54.12	99.9±33.5					
AP medial	381.6±87.2			379.2±92.3	361.4±114.0					
AP lateral	236.2±46.5			256.4±41.9	249.3±30.0					
Hamada H, et al(18), 2019	N/cm ²	1r trim		2n trim		3r trim				
		PD	PE	PD	PE	PD	PE			
		RP	39.95±6.48	39.5±6.2	43.25±7.8*	42.25±6.8*	46.61±10.5*	45.61±10.3*		
		1 CMTT	18.91±8.0	18.01±7.95	20.65±7.80*	20.15±7.60*	21.71±7.3*	20.99±6.98*		
		5 CMTT	10.13±3.49	9.96±3.94	11.52±5.07*	10.92±4.97	13.07±3.49*	12.97±3.19*		
Fan Y, et al(19), 2015	N/cm ²	PE			PD					
		HL	1.70±0.81*	0.71±0.66	2.44±1.57*	1.11±0.92				
		DM	1.46±0.54*	2.32±0.64*	2.43±1.28*	3.74±1.35*				
		1 CMTT	2.20±0.63*	1.75±0.50	3.34±1.28*	2.29±0.90				
		2 CMTT	0.99±0.58*	4.51±2.13	0.68±0.45*	4.14±2.05				
		3 CMTT	2.68±0.69*	2.27±0.60*	3.52±0.75*	3.19±0.81*				
		4 CMTT	2.27±0.60*							
		5 CMTT								
		MP								
		RP lateral								
RP medial										
Hu C, et al(20), 2015	kPa	Els resultats es presenten en gràfics que no ofereixen resultats numèrics								
Pauk J (21), 2020	N/cm ²	Embarassades amb pes normal				Embarassades amb sobrepès				
		11 s.g		25 s.g		11 s.g		25 s.g		
		AP	4.6±0.5	5.3±0.9	5.8±1.2	6.1±0.8*	6.6±0.8*	7.0±1.1*		
		1-5 CMTT	1.6±0.5	2.0±0.6	1.7±0.6	2.0±0.6	2.6±0.7*	3.1±1.1*		
		MP lateral	5.2±1.3	5.8±0.7	5.2±1.3	5.6±1.5	6.8±0.9*	6.8±1.1*		
		MP medial	3.8±0.8	4.1±0.8	4.8±0.9	4.8±0.7*	4.9±0.7*	5.7±0.8*		
		RP	6.4±1.3	6.8±0.8	6.7±1.2	6.5±2.2	7.3±1.3	8.0±1.4*		
Karadag- Saygi E, et al (22), 2010	kPa	Grup experimental (embarassades amb sobrepès)				Grup control (no embarassades amb sobrepès)				
		PD		PE		PD		PE		
		AP	32.6±14*	31.4±5.4	34.2±8.5*	34.2±6.5				
		MP	8.6±5	10±5.2	8.5±5	7.5±5				
RP	19.3±4*	20.2±5.5*	24.2±6*	25±6.2*						
Martínez -Martí F, et al(23), 2019	kPa	Diferència entre 2n i 1r trim				Diferència ente 3r i 2n trim				
		PD		PE		PD		PE		
		RP	11.79±50.34	3.84±35.12	-	-42.32±15.60				
		1 CMTT	-	0.29±11.82	4.15±17.92	9.92±25.67				
5 CMTT	-	4.38±21.25	5.10±19.7	-						

(continua a la pàgina següent)

Taula 5 (continuació)

		Diferència entre 2n i 1r trim		Diferència entre 3r i 2n trim	
		PD	PE	PD	PE
Martínez-Martí F, et al(23), 2019	kPa				
	RP	11.79±50.34	3.84±35.12	-	-42.32±15.60
	1 CMTT	-	0.29±11.82	4.15±17.92	9.92± 25.67
	5 CMTT	-	4.38±21.25	5.10±19.7	-
Bertuit J, et al(24), 2016	%	Els resultats es presenten en gràfics que no ofereixen resultats numèrics			
Varol T, et al(25), 2017	kPa	Grup 1 (embarassades sense dolor)		Grup 2 (embarassades amb dolor)	
		PD	PE	PD	PE
	RP	33.26±9.00	33.93±8.41	31.37±6.91	32.86±7.40
	MP	13.63±6.109	12.82±4.55	14.40±5.07	13.35±4.75
	AP	43.38±14.07	43.46±13.68	43.14±13.83	42.76±38.44
	HL	37.65±15.18	36.04±17.26	38.44±19.46	38.96±16.21
	DM	19.84±9.76	19.44±9.01	20.07±9.09	20.60±7.92
Hu N, et al(26), 2018	kPa	Els resultats es presenten en gràfics que no ofereixen resultats numèrics			

RP - retropeu, MP – mig peu, AP – avantpeu, C MTT – cap metatarsià, DM – dits menors, HL – hàl·lux, PD – peu dret, PE – peu esquerre
* - p valor <0.05

5. Discussió

La motivació per a realitzar aquest estudi ve donada per l'interès de veure com el pes pot modificar les pressions plantars en dones embarassades. Aquest procés fisiològic podria provocar canvis en la variable PPM i tenir relació amb altres variables baropodomètriques com el CdP. A més, també és interessant la influència de les pressions plantars en les patologies pròpies de la gestació.

L'enfocament metodològic de cada estudi inclòs dins la revisió és diferent, fet que pot provocar diferències en els resultats i per això s'analitzen les diferents metodologies utilitzades per cada autor.

En primer lloc, si ens fixem en les característiques de la mostra podem valorar el moment de pressa de les mesures de pressió segons si és mesurat en trimestres o en setmanes fent referència a esdeveniments característics en el creixement del fetus. Per avaluar els diferents temps de mesura s'haurien d'estudiar els moments amb major variació del pes corporal de la dona embarassada. Tot i així, la mesura per setmanes és molt més exacta que per trimestres perquè la diferència de pes entre la primera o la darrera setmana d'un trimestre (sobretot al darrer on hi ha un major augment de pes) pot ser molt gran. La majoria dels articles inclouen el moment de l'estudi en trimestres i no en setmanes de gestació, això fa que la majoria d'estudis hagin pres tres mesures de cada participant. Tot i així, hi ha autors ^{19, 22, 24} que realitzen l'estudi només en el darrer trimestre i justifiquen que és el moment on es produeix el major augment de pes i el major nombre de patologies mecàniques. Finalment, cap autor inclou una mesura en les primeres setmanes d'embaràs

(mínim a partir de la setmana 12), fet que seria útil per tenir una mesura del pes inicial de la dona i poder fer una comparació en tot el temps d'embaràs. Per altra banda, és important tenir en compte si l'estudi és transversal o longitudinal. En aquells on hi ha diferents mostres per cada setmana gestacional^{24,25} pot haver més marge d'error perquè les característiques pròpies de cada dona poden influir en les pressions plantars. En canvi, als estudis longitudinals sempre és la mateixa mostra reduint així el marge d'error.

A l'hora d'analitzar les variables baropodomètriques s'utilitzen diferents sistemes segons cada estudi. En primer lloc, la plataforma de pressions utilitzada per sis dels articles^{16, 18, 19, 22, 24, 25} aporta diferències respecte a les plantilles instrumentades. En els estudis realitzats amb plataforma, els participants realitzen l'assaig sense sabates i a més, la zona de captació de pressions té uns metres limitats i el participant ha de fer coincidir el peu, fent que no es generi un patró de marxa equivalent al de la normalitat. Per altra banda, hi ha estudis^{15, 23} que indiquen que les plantilles instrumentades tenen un menor nombre de sensors, per exemple a l'estudi de Martínez-Martí F et al¹⁴ on només s'utilitzen 4 sensors totals en comparació amb la mitjana de les plataformes que tenen 4 sensors per cm². Aquest fet suposa que els estudis realitzats amb menor nombre de sensors, la seva representativitat de la pressió respecte a una àrea determinada pot ser menor que en sistemes on s'utilitzen més sensors.

Si ens centrem en els resultats del PPM es veu que hi ha grans variacions entre estudis. En primer lloc, es valora la variació de pressió en cada punt anatòmic seleccionat. Tots els estudis comparen un mínim de 4 punts anatòmics: l'hàl·lux, el 1r i 5è CMTT i el retropeu però altres estudis a més divideixen el retropeu i l'avantpeu en diferents parts, afegeixen els dits menors o afegeixen el mig peu per valorar l'arc lateral intern. Molts dels autors^{15,17,18,19,22,23} relacionen l'àrea amb els valors de pressió i evidencien que es produeix un augment del PPM a l'avantpeu al llarg de l'embaràs. Els resultats de l'avantpeu poden incloure exclusivament el 1r CMTT^{15,16,23} o tota l'àrea dels metatarsians^{17, 21, 22, 23}. Per altra banda, més de la meitat dels estudis reporten un increment del PPM en el mig peu i respecte al retropeu no hi ha acords entre autors ja que la majoria no aporta cap variació significativa. Dels autors que demostren canvis en el retropeu^{15, 16, 17, 20, 23, 25}, tampoc hi ha acord entre si es produeix un augment o una disminució del PPM. Finalment, a l'estudi de Varol et al²⁵ no s'observa cap diferència en el PPM ni entre trimestres, ni a cap regió del peu, a més l'autor Bertuit J²⁴ afegeix que no hi ha variacions en les pressions durant els darrers 4 mesos d'embaràs. Mentre que Varol et al²⁵ no troba



cap justificació als seus resultats, Bertuit J²⁴ ho associa amb que les adaptacions es produeixen abans d'aquests quatre mesos i que es mantenen fins al final de l'embaràs i fan que les pressions plantars no variïn.

El motiu del desplaçament del PPM cap al mig peu està defensat per diferents teories. En primer lloc, Fan Y, et al¹⁹ atribueix aquesta variació a les adaptacions progressives del cos pels canvis fisiològics com l'augment de greix i massa corporal i el desplaçament del centre de gravetat. Altres autors com Nyska et al(28) descriuen que l'augment del PPM al mig peu és degut a la laxitud del lligament calcani-navicular i a la debilitat del múscul tibial posterior que provoquen un descens del cap de l'astràgal. Alexander et al(29) afirma que es produeix una anteriorització del CdP durant la fase d'impuls, generant un major pes sobre els caps metatarsians. Per poder redistribuir la càrrega de l'avantpeu i reduir així la càrrega excessiva, es produeix un augment del PPM a la regió del mig peu. Finalment, Mileska et al¹⁵ no ho atribueix a cap factor concret, sinó a les característiques pròpies de cada embarassada que provoquen canvis en la distribució de les pressions. Contràriament, l'autor Martínez-Martí F et al²² associa l'augment del PPM en el 1r CMTT amb la tendència de l'augment de pronació que és una estratègia d'absorció d'impacte útil per guanyar estabilitat durant la marxa. La redistribució de les pressions plantars pot estar associada a un increment del pes corporal i a canvis en el centre de gravetat. Per altra banda, Pauk J et al²⁰ associa l'augment del PPM en l'avantpeu sobretot en el 3r trimestre com a tàctica per poder dur a terme una marxa més estable. Respecte al retropeu Martínez-Martí F et al²², defensa que les variacions de pressions que es puguin donar en aquesta zona son degudes als canvis morfològics com l'augment de l'amplada i disminució de l'arc intern adoptant una postura pronada. Ribeiro et al¹⁷ observa una disminució del PPM al retropeu i un augment a l'avantpeu com a estratègia per mantenir l'estabilitat durant la marxa. Amb l'augment de pes, sobretot al tercer trimestre, es generen variacions en el centre de gravetat causant molta inestabilitat. Les diferents conclusions i resultats dels articles poden ser fruit de les característiques pròpies de les embarassades, així com del nivell d'activitat física i de les actituds posturals¹⁸. A més, també pot ser degut a la comparació dels resultats baropodomètrics amb altres variables cinemàtiques com per exemple la velocitat de marxa que es redueix a mesura que progressa l'embaràs i que és un factor que pot influir en la distribució de les pressions plantars.



En segon lloc, ens centrem en la magnitud del resultat del PPM i tenint en compte les diferents unitats en què s'ha realitzat cada estudi veiem que els resultats són força diferents. L'estudi de Fan Y et al¹⁹ ordena de major a menor els seus resultats de PPM en dones embarassades que tenen un valor més alt el mig peu, seguit pel retropeu i els metatarsians centrals. En el seu article es comparen els resultats amb altres estudis realitzats en dones no embarassades, amb la conclusió que en les dones no embarassades s'obtenen valors més alts de PPM en els radis centrals a diferència de les embarassades. En relació amb la resta d'articles, és difícil estudiar la magnitud dels resultats ja que no es produeix una estandardització dels mètodes d'avaluació. La majoria dels autors no han normalitzat la seva mostra, aquesta situació genera que un índex de massa corporal molt diferent al llarg dels trimestres pugui variar molt els resultats de la magnitud del PPM entre estudis.

En els articles que comparen els resultats entre peu dret i peu esquerre segons els seus valors numèrics^{15, 16, 18, 19, 22, 23, 25 i 26} veiem que hi ha una subtil tendència a un PPM major al peu dret^{15,19,20}, encara que els autors no arriben a cap conclusió sobre aquest aspecte. L'autor Karadag-Saygi E et al²² defensa aquest fet explicant que la dominància del peu de cada participant té a veure amb les distribucions plantars, encara que no s'estudia quin és el peu dominant. Tenint en compte que la gran majoria de la població és dretana és un motiu que podria explicar una major pressió plantar generalitzada al peu dret. L'autor Martínez-Martí F et al²³ afegeix que als seus resultats s'observa una diferència estadísticament significativa entre el peu dret i l'esquerre i aquest fet és el que li ha portat a realitzar l'estudi d'ambdós peus per separat.

Un dels conflictes que sorgeix a la literatura consultada és si apareixen diferents compensacions entre una dona embarassada i una dona no embarassada amb sobrepès, tenint en compte que l'augment de pes i l'anteriorització del centre de gravetat és el que faria variar les pressions plantars. L'autor Pauk J et al²¹ defensa que només les dones embarassades amb sobrepès tenen una variació significativa en l'augment del PPM (sobretot al mig peu medial) i això comporta que tinguin mecanismes diferents per adaptar la seva marxa durant l'embaràs. Tant és així, que recomana tractament especial només per a aquest tipus de gestants, com les plantilles personalitzades per millorar la distribució de les pressions plantars. Per altra part, Karadag-Saygi E et al²² defensa que les dones embarassades amb sobrepès respecte a les dones no embarassades amb sobrepès tenen un PPM major a l'avantpeu i menor al retropeu. Cal remarcar que la resta d'estudis poden

haver inclòs dones embarassades amb sobrepès i que no s'hagi tingut en compte en els resultats.

En referència a l'objectiu secundari, veiem que les conclusions no són exclusives del PPM, sinó que també s'extreuen de la relació amb altres variables. El nivell de dolor s'avalua a través de diferents qüestionaris. Varol et al²⁵ en el seu estudi no troba diferències en els nivells de dolor entre trimestres, de tota manera relaciona una major àrea de contacte amb un increment de podàlgies. A més, no relaciona una major àrea de contacte amb un major PPM en una regió concreta. Finalment, argumenta que les alteracions que es produeixen en el peu, fruit de l'augment de pes així com canvis hormonals, són els que podrien provocar les podàlgies. Hu N et al²⁶ descriu que l'augment d'ús de les estructures múscul esquelètiques durant l'embaràs, pot provocar fàcilment alteracions a altres segments corporals com la coxàlgia. Martínez-Martí et al¹⁵ observa que les dones que pateixen dolor d'esquena, tenen el CdP posterioritzat al taló i que això podria tenir relació amb aquest tipus de patologia. Hu C et al²⁰ defensa que l'augment del PPM que es produeix en el 1r dit pot causar hàl·lux valgus, així com l'augment al mig peu pot ser un factor de risc de les patologies relacionades amb la fàscia plantar. El desplaçament de lateral a medial del CdP durant el contacte de taló (sobretot al 3r trimestre) genera una eversió del taló per poder absorbir l'excès de càrrega. L'estudi de Karadag-Saygi E²² no demostra cap relació entre els resultats de l'escala de dolor i les variacions de les pressions plantars, encara que l'acumulació de pes a la zona abdominal genera major pressió a l'avantpeu i es relaciona amb les podàlgies. Estudis que avaluen l'escala de dolor com el de Martínez-Martí F et al²³ demostren que hi ha una disminució del dolor en el 3r trimestre a més afegeix que el desplaçament del CdP a l'avantpeu sense un increment del PPM no està relacionat amb el dolor de peus.

Les limitacions d'aquest treball es basen en la dificultat de poder comparar objectivament els resultats, ja que la magnitud del PPM difereix entre els diferents estudis i només s'ha pogut estudiar la seva variació. Seria necessari estandarditzar els mètodes d'avaluació de les pressions plantars i així poder fer un correcte tractament de les dades. El sistema de mesura que presenta millors resultats respecte a una marxa normal són les plantilles instrumentades dins el propi calçat del participant. A més, també es podria avaluar si la variació del PPM pot ser un factor de risc per a les lesions de les extremitats i així poder realitzar tractaments de prevenció.

6. Conclusions

Les dones embarassades sofreixen variacions en les pressions plantars durant la marxa i a la majoria s'hi observa un augment del PPM al mig peu. Les variacions de les pressions plantars s'atribueixen a les compensacions pròpies de cada dona embarassada. Els factors que poden provocar aquest augment en el PPM estan relacionats amb l'increment de la laxitud dels lligaments, l'anteriorització del centre de gravetat i l'augment de pes.

És necessari complementar els resultats amb altres paràmetres de la marxa per poder establir una relació directa entre la variació de les pressions plantars en dones embarassades i les patologies que poden aparèixer durant aquest procés.

7. Bibliografia

1. Soma-Pillay P, Nelson-Piercy C, Tolppanen H, Mebazaa A. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovascular Journal of Africa*. 2016;27(2).
2. Ochsenbein-Kölble N, Roos M, Gasser T, Zimmermann R. Cross-sectional study of weight gain and increase in BMI throughout pregnancy. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2007 Feb;130(2):180–6.
3. Dehghan F, Haerian BS, Muniandy S, Yusof A, Dragoo JL, Salleh N. The effect of relaxin on the musculoskeletal system. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2014 Aug 28;24(4).
4. Butler EE, Colón I, Druzin ML, Rose J. Postural equilibrium during pregnancy: Decreased stability with an increased reliance on visual cues. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2006 Oct;195(4):1104–8.
5. Bertuit J, Feipel V, Rooze M. Temporal and spatial parameters of gait during pregnancy. *Acta of Bioengineering and Biomechanics [Internet]*. 2015;17(2):93–101.
6. Ramachandra P, Maiya AG, Kumar P, Kamath A. Spatio-temporal gait parameters during pregnancy and postpartum. *Online Journal of Health and Allied Sciences*. 2018;17(1)
7. Dunning K, LeMasters G, Levin L, Bhattacharya A, Alterman T, Lordo K. Falls in workers during pregnancy: Risk factors, job hazards, and high risk occupations. *American Journal of Industrial Medicine*. 2003 Dec;44(6):664–72.
8. Fast A, Shapiro D, Ducommun EJ, Friedmann LW, Bouklast T, Floman Y. Low-back Pain in Pregnancy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987 May;12(4):368–71.

9. Onyemaechi N, Chigbu C, Ugwu E, Omoke N, Lasebikan O, Ozumba B. Prevalence and risk factors associated with musculoskeletal disorders among pregnant women in Enugu Nigeria. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2021;24(11):1573.
10. Ramachandra P, Maiya AG, Kumar P, Kamath A. Prevalence of Musculoskeletal Dysfunctions among Indian Pregnant Women. *Journal of Pregnancy*. 2015;2015:1–4.
11. Giacomozzi C. Potentialities and Criticalities of Plantar Pressure Measurements in the Study of Foot Biomechanics: Devices, Methodologies and Applications. In: *Biomechanics in Applications*. InTech; 2011.
12. Orlin MN, McPoil TG. Plantar Pressure Assessment. *Physical Therapy*. 2000 Apr 1;80(4):399–409.
13. Zulkifli SS, Loh WP. A State of the art review of foot pressure. *Foot and Ankle Surgery*. 2020 Jan;26(1):25–32.
14. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. Vol. 6, *PLoS Medicine*. 2009.
15. Martinez-Marti F, Martinez-Garcia MS, Carvajal MA, Palma AJ, Molina-Molina A, Soto Hermoso VM, et al. A preliminary study of the relation between back-pain and plantar-pressure evolution during pregnancy. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2015 Aug 4;2015:1235–8
16. Mikeska O, Gimunová M, Zvonař M. Assessment of distribution of plantar pressures and foot characteristics during walking in pregnant women. *Acta Bioeng Biomech*. 2019;21(3):49–56.
17. Ribeiro AP, Trombini-Souza F, de Camargo Neves Sacco I, Ruano R, Zugaib M, João SMA. Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2011;101(5):415–23.
18. Hamada HA, Mosaad D, Fahim M, Abd El-Samea G, Youssef A, Gouda Matar A. Dynamic plantar pressure and ground reaction force during pregnancy: A prospective longitudinal study. *Cogent Engineering*. 2019;6(1)
19. Fan Y, Qianxiang Z, Zhongqi L, Lijun L, Yushuang W. Dynamic plantar pressure distribution in the last trimester pregnancy of Chinese women during walking. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*. 2015;5(3):568–71
20. Hu C, Zhang Y, Gu YD. Longitudinal Plantar Pressure Variation during Gait throughout Pregnancy. In: *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. Netherlands: Atlantis Press; 2015. p. 723–6.
21. Pauk J, Swinarska D, Daunoraviciene K. Mechanisms of gait adaptation in overweight pregnant women. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2020;110(4):1–8.



22. Karadağ-Saygi E, Unlu-Ozkan F, Başgul A. Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy. *Foot Ankle Int.* 2010 Feb;31(2):153–7.
23. Martínez-Martí F, Ocón-Hernández O, Martínez-García MS, Torres-Ruiz F, Martínez-Olmos A, Carvajal MA, et al. Plantar pressure changes and their relationships with low back pain during pregnancy using instrumented insoles. *Journal of Sensors.* 2019
24. Bertuit J, Leyh C, Rooze M, Feipel V. Plantar Pressure During Gait in Pregnant Women. *J Am Podiatr Med Assoc [Internet].* 2016 Nov 1;106(6):398–405.
25. Varol T, Göker A, Cezayırlı E, Özgür S, Tuç Yücel A. Relation between foot pain and plantar pressure in pregnancy. *Turkish Journal of Medical Sciences.* 2017;47(4):1104–8.
26. Hu NZ, Mei QC, Li CF, Gu YD. The walking plantar loading distribution of pregnant women in different trimesters. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics.* 2016 Jun 1;6(3):676–80.
27. Manterola CD, Zavando DM, Mincir G. Cómo interpretar los “Niveles de Evidencia” en los diferentes escenarios clínicos* Evidence-based clinical practice, levels of evidence DOCUMENTOS Introducción. *Rev Chilena de Cirugía.* 2009;61(6):582–95.
28. Nyska M, Sofer D, Porat A, Howard CB, Levi A, Meizner I. Planter foot pressures in pregnant women. *Isr J Med Sci.* 1997 Feb;33(2):139–46.
29. Alexander IJ, Chao EY, Johnson KA. The assessment of dynamic foot-to-ground contact forces and plantar pressure distribution: a review of the evolution of current techniques and clinical applications. *Foot Ankle.* 1990 Dec;11(3):152–67.