

**Università degli Studi di Padova  
Scuola di Medicina e Chirurgia  
Corso di Laurea in Infermieristica**

**TESI DI LAUREA**

**IL PROBLEMA INFERMIERISTICO DELLA  
MISURAZIONE DELLA PRESSIONE ARTERIOSA  
CON LE MODERNE TECNOLOGIE.  
IL RIVA-ROCCI È MORTO?**

**STUDIO SPERIMENTALE SU UNA POPOLAZIONE GENERALE**

Relatore: Prof. Edoardo Casiglia

Correlatore: Dr.ssa Valerie Tikhonoff

Laureanda: Jessica Santin

Anno Accademico 2014/2015



## INDICE

<b>Introduzione</b> .....	1
La pressione arteriosa.....	1
La misurazione della pressione arteriosa.....	2
<b>Scopo</b> .....	13
<b>Materiali e metodi</b> .....	14
Studio di popolazione e protocollo generale.....	14
Analisi statistica.....	19
<b>Risultati</b> .....	21
Caratteristiche generali della popolazione.....	21
Pressione arteriosa in ambulatorio.....	21
Pressione arteriosa a domicilio.....	22
Confronto fra pressione all'omero e al polso.....	22
Confronto fra pressione in ambulatorio e a domicilio.....	23
Determinanti della differenza braccio – polso.....	23
Interazione fra luogo di misurazione e arto impiegato.....	25
<b>Discussione e conclusioni</b> .....	26
<b>Bibliografia</b> .....	29



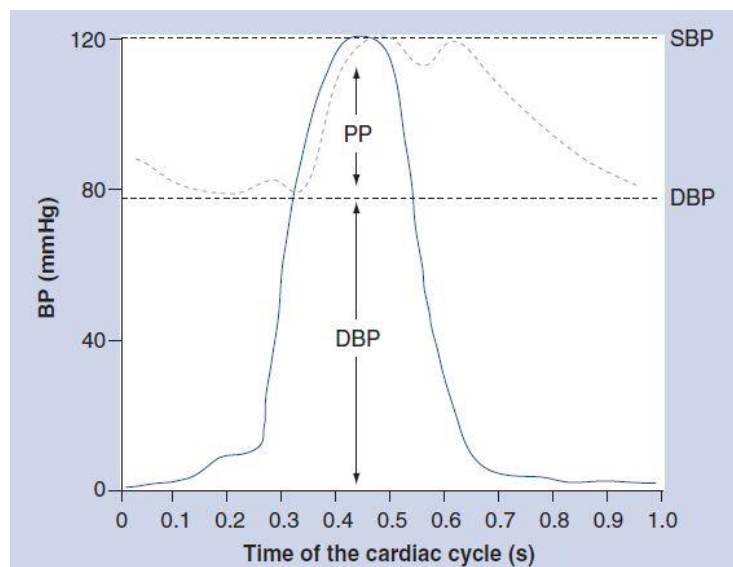
## INTRODUZIONE

### La pressione arteriosa

La pressione che il sangue esercita all'interno dell'albero arterioso è detta «pressione arteriosa». Essa deriva dalla somma della pressione idrostatica del sangue e della pressione esercitata dall'energia sistolica.

Nel ventricolo sinistro la pressione scende in diastole circa a zero (o per essere più precisi intorno a 6 mmHg, la pressione idrostatica del cadavere appena deceduto), mentre nell'albero arterioso scende in diastole ad un valore assai più alto che è detto per convenzione pressione diastolica; questa differenza si deve alla resistenza esercitata in periferia dalle arteriole precapillari di circa 100  $\mu\text{m}$  di diametro e all'onda riflessa (che cade tanto più in fase diastolica quanto più il soggetto è giovane).

Va detto che della pressione si considerano in clinica soprattutto quelle che vengono comunemente definite «due componenti», la pressione massima o sistolica e la minima o diastolica. Tali componenti non rappresentano tuttavia delle reali fasi della pressione arteriosa, ma piuttosto due meri momenti di un continuum (Figura 1).



**Figura 1.** Profili delle curve pressorie in ventricolo sinistro (—) e in periferia (- -) di un ipotetico soggetto con pressione arteriosa omerale 120/78 mmHg. Come si nota, la reale energia sistolica in periferia non è rappresentata dalla «sistolica» (SBP) ma dalla pressione differenziale o pulse pressure (PP). Ciò a causa della presenza nell'albero arterioso periferico di una grandezza variabile (la «diastolica», DBP) che sottostà alla PP. La pressione definibile come sistolica è in realtà quella misurabile in ventricolo (da: E.Casiglia, V.Tikhonoff, A.Mazza, A.C.Pessina. Systolic and pulse hypertension. Aging Health 2005; 1: 85-94).

I termini sistolica e diastolica si devono a motivi storici e all'essere stati identificati con il sistema di Riva-Rocci-Korotkov descritti più avanti. Oggi si sa che la pressione arteriosa è meglio rappresentata dall'area sotto la curva pressoria che corrisponde all'integrale della curva stessa. Questa curva non è facilmente misurabile in clinica e per questa ragione continuano ad essere usati i valori molto approssimativi di sistolica e diastolica, che non esprimono l'effetto della pressione nella sua interezza ma che tuttavia sono comunque utili in quanto tutti gli studi di outcome sono stati basati su di essi.

Un'ulteriore complicazione è rappresentata dal fatto che la pressione comunemente definita in periferia come sistolica non rappresenta la reale energia sistolica. Infatti la presenza di una sottostante pressione diastolica introduce un fattore variabile (Figura 1).

### **La misurazione della pressione arteriosa**

**Misurazione cruenta.** La prima misurazione della pressione arteriosa in un essere vivente risale al 1773, quando il teologo londinese Stephen Hales rilevò la pressione esercitata dal sangue inserendo un tubo di vetro nella carotide di un cavallo disteso a terra (Figura 2). La massa di sangue spostata contro gravità era proporzionale alla pressione esercitata per spostarla e ne costituì la prima misura diretta. Di qui l'abitudine, tutt'ora vigente, di esprimere la pressione arteriosa in misura di lunghezza (attualmente in mm).

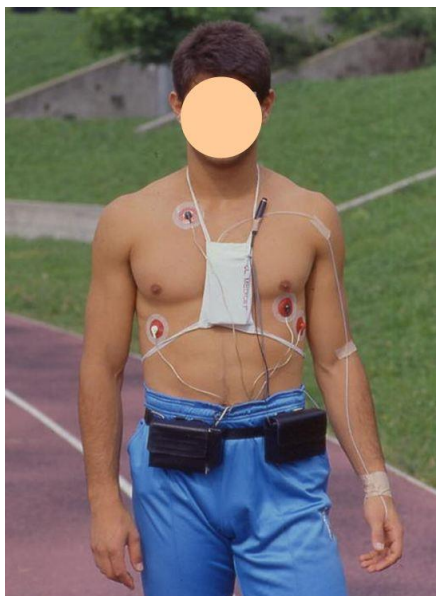


**Figura 2.** La prima misurazione della pressione arteriosa fu una misurazione diretta (dalla carotide di un cavallo). Da questa tecnica deriva la corrente misura della pressione in unità di lunghezza (o meglio di altezza) come ad esempio i cm d'acqua o i mm di mercurio, anziché nelle unità fisiche classiche.

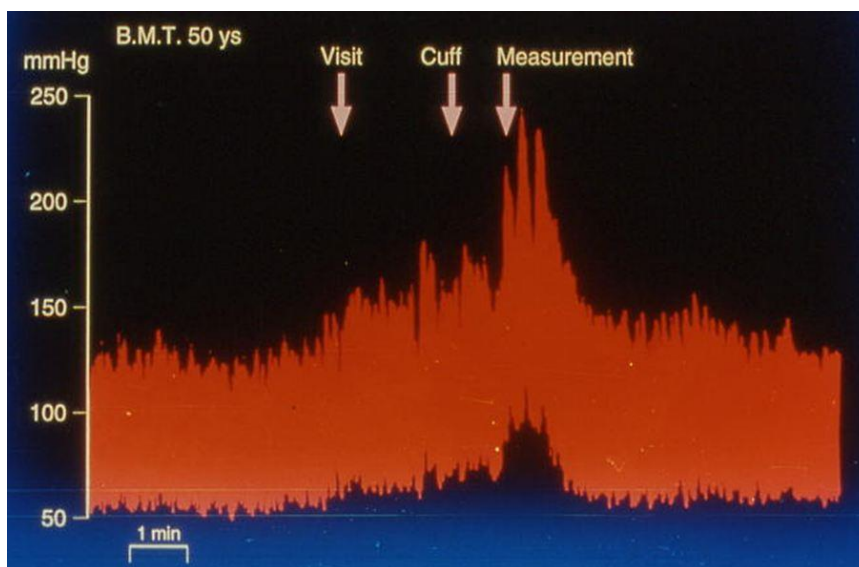
Più tardi alla colonna di sangue fu sostituita una colonna di mercurio, la cui più alta densità consentiva un'altezza minore della colonna di vetro. Come conseguenza di questi primordiali tentativi, la pressione arteriosa nel vivente iniziò ad essere espressa in millimetri di mercurio spostato contro gravità (mmHg), un'abitudine che tuttora perdura.

La misurazione intrarteriosa era tuttavia indaginosa e poco si prestava all'applicazione nell'uomo.

A dire il vero, a partire dagli anni '70 del XX secolo piccoli gruppi di ricercatori applicarono il metodo intrarterioso all'uomo inserendo con la tecnica di Seldinger<sup>1</sup> piccole cannule in plastica nell'arteria radiale o omerale<sup>2</sup> (Figura 3). Tale procedura, nota come «metodo Oxford», ebbe soltanto applicazioni di ricerca clinica ma aprì la strada all'attuale misurazione intrarteriosa in corso di intervento chirurgico. La tecnica Oxford, che forniva la registrazione della pressione battito-per-battito (Figura 4), aveva il vantaggio della completa portabilità in soggetti «unrestricted», liberi cioè di muoversi e attendere alle comuni attività della giornata. Il metodo fu applicato anche a condizioni estreme (come il paracadutismo, la guida in Formula 1 e l'immersione in acqua a grandi profondità<sup>3</sup>) (Figura 5), fornendo inestimabili informazioni circa la fisiologia del circolo. Il metodo Oxford fu in pratica abbandonato con l'avvento degli strumenti indiretti di misurazione e monitoraggio automatico e con le restrizioni successivamente apportate dalla legislazione sui comitati di bioetica.

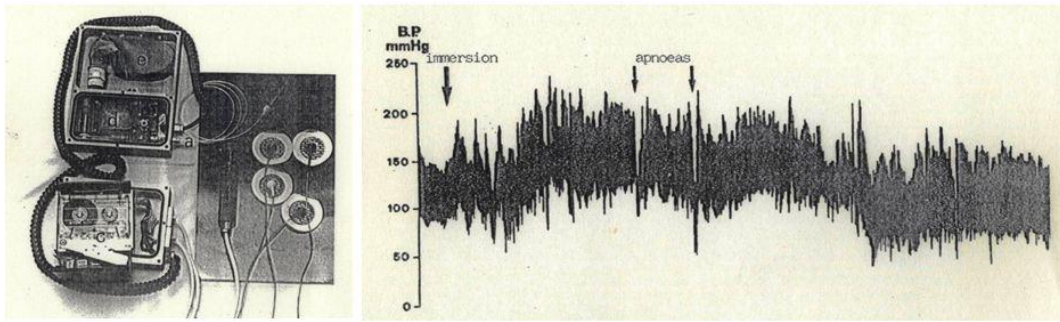


**Figura 3.** Il metodo Oxford applicato ad un atleta volontario iperteso poco prima di una seduta di corsa su pista. Una cannula inserita in arteria radiale sinistra è mantenuta perfusa da una pompa peristaltica applicata al torace atta ad infondere un liquido sterile che eroga una pressione sovra sistolica. Il registratore applicato alla cintura misura la pressione arteriosa battito-per-battito al netto della pressione d'infusione. Il paziente è unrestricted, cioè libero di compiere qualsiasi attività (si veda ad esempio: A.C.Pessina, P.Palatini, A.Semplicini, P.Mormino, E.Casiglia, M.Hlede, C.Dal Palù. Continuous blood pressure recording in labile hypertension. Proc. of the 6<sup>th</sup> Scient. Meeting of the International Society of Hypertension, Göteborg, 11-13 giugno 1979, pag.110).



**Figura 4.** Tracciato di pressione «battito-per-battito» della pressione arteriosa con il metodo Oxford, che dimostra un incremento pressorio (soprattutto della sistolica) al momento della visita, un ulteriore aumento al momento dell'applicazione del bracciale (cuff) e un ulteriore, notevole aumento sistodiastolico all'atto della misurazione (measurement). È questa la dimostrazione sperimentale (una delle prime) del white coat effect, che, beninteso, si presenta anche per camici non bianchi (da: A.C.Pessina, A.Semplicini, P.Palatini, P.Mormino, E.Casiglia, M.Hlede, C.Dal Palù. Blood pressure variability in «labile» and «established» hypertension. Biotelem Patient Monitg 1980; 7: 96-104).

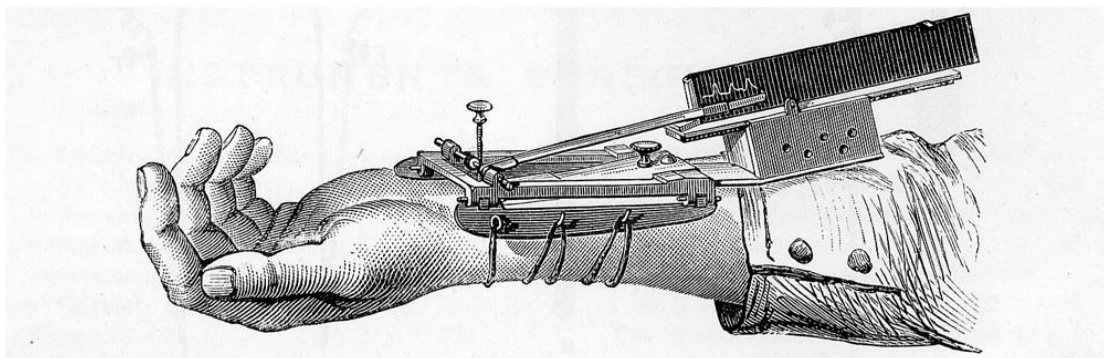




**Figura 5.** Effetti del tuffo in acqua fredda. A sinistra: il sistema Oxford modificato da L.Mos per la registrazione underwater. A destra, il tracciato pressorio di un soggetto registrato dopo il tuffo, a 2 metri di profondità. Si nota un brusco aumento pressorio al momento del tuffo (immersion), poi un costante rialzo pressorio sistodiastolico. Due importanti cali pressori si registrano in occasione di due apnee (da: L.Mos, M. Del Torre, F.Valle, L.Munari, E.Casiglia, P.Palatini, M.Schiavon. Intreaarterial blood pressure recording during underwater activity. Proc. of the 15<sup>th</sup> Annual Meeting European Undersea Biomedical Society, N.Bitterman, R.Lincoln Eds., 1989, 9-9-1989, Eilat, Israel, pag.153-157).

## Il problema della non invasività

**Precedenti storici.** Perché la misurazione della pressione arteriosa divenisse routinaria occorreva che fosse non invasiva. Il problema fu dibattuto a lungo, finché nel 1885 che il francese Jules E. Marey mise a punto uno sfigmografo a molla atto a registrare su carta annerita con nerofumo le pulsazioni radiali (Figura 6). Si trattava ovviamente di un metodo impreciso, che non consentiva di attribuire alle onde sfigmiche una taratura e che mancava quindi della capacità di misurazione obiettiva.



**Figura 6.** Lo sfigmografo a molla di Marey in una stampa dell'epoca.

**Sfigmomanometri a mercurio.** Fu l'italiano Scipione Riva-Rocci nel 1896 a mettere a punto un metodo incruento portatile e riproducibile in grado di misurare la pressione arteriosa omerale (Figura 7).

Il principio di ideazione e costruzione di questo apparecchio (poi più volte modificato e migliorato tecnicamente anche da altri ma mai sovvertito nella sua struttura) costituisce un esempio di applicazione alla clinica della nascente attività di invenzione tecnologica che fu tipica della seconda metà del XIX secolo.

Tale metodo si basa sulla possibilità di comprimere contro una struttura rigida (l'omero) l'arteria omerale ad opera di un manicotto in stoffa rigida munito di una cuffia gonfiabile (in genere, all'inizio, una peretta in gomma o una pompa peristaltica). In tali condizioni, la crescente pressione esercitata dal manicotto si trasmette a cono sull'arteria fino ad occluderla quando la pressione applicata eguagli o superi di poco quella sistolica. Misurando (ad esempio in mmHg spostati contro gravità) la pressione nel bracciale, si aveva una misura indiretta della pressione nell'arteria (naturalmente al netto della pressione necessaria a vincere la resistenza dei tessuti muscolocutanei; fu proprio la tecnica intrarteriosa sopra accennata<sup>2</sup> a quantificare l'entità della differenza pressoria dovuta ai tessuti).

Non fu possibile rilevare con il metodo di Riva-Rocci la pressione diastolica, fino alla descrizione e all'interpretazione da parte di Nikolai Korotkov dei fenomeni ascoltatori ora noti come «toni di Korotkov» prodotti dal passaggio del sangue attraverso una stenosi<sup>♦</sup>. In breve, il sangue scorre in un vaso tubulare con flusso laminare silente. In presenza di una stenosi (quale quella artificiale prodotta dalla cuffia del manicotto gonfiabile), il flusso diviene turbolento e perciò rumoroso. Tali fenomeni rumorosi ascoltati durante la deflazione della cuffia precedentemente gonfiata a pressione sopra sistolica, sono i toni di Korotkov. Il 1° tono (corrispondente alle prime turbolenze) è di per sé di scarso interesse, coincidendo con la ricomparsa della palpazione del polso omerale, ma è stato universalmente impiegato come indice di pressione sistolica. Assai più innovativo è il 5° tono, coincidente con il divenire del flusso nuovamente laminare: esso indica infatti la

---

♦ Il metodo ascoltatorio richiese l'intercorrente invenzione da parte di Theophile H. Laennec dello stetoscopio (1816); all'inizio egli, dovendo auscultare una giovane donna, non volle utilizzare direttamente il proprio orecchio ma si servì di un quaderno arrotolato e così scoprì che i battiti del cuore si sentivano in modo più netto e distinto. Lo stetoscopio, poi evoluto nel moderno fonendoscopio, fu successivamente impiegato in molti altri campi, inclusa la misurazione della pressione arteriosa.

pressione minima del sistema arterioso periferico, ovvero la diastolica<sup>‡</sup>. Combinando il sistema di Riva-Rocci e l'intuizione di Kototkov si pervenne alla misurazione clinica routinaria della pressione arteriosa con un sistema tecnologico incruento e portatile giunto fino ai giorni nostri con varie modificazioni intermedie. Anche qui fu scelto il più denso mercurio per una migliore portabilità.

Benché indiretto, il metodo Riva-Rocci-Korotkov rimane il più «diretto» fra quelli non invasivi. Fra l'altro, si avvale della più diretta unità di misura, giacché trasla la pressione in altezza rendendone possibile la quantificazione con un righello senza aggiungere alcunché di accessorio che avrebbe potuto alterare la rilevazione secondo il principio ben noto in clinica «più strumenti, più errori».



**Figura 7.** A sinistra lo sfigmomanometro omerale di Riva-Rocci. A destra una variante applicabile alle dita della mano che ebbe scarso successo.

**Apparecchi aneroidi.** Il cogente problema della portabilità ha successivamente condotto all'invenzione di manometri clinici basati su molle o altri sistemi elastici e mostrano la pressione arteriosa su una scala circolare (Figura 8). Essi si sono dimostrati altrettanto validi rispetto al predecessore Riva-Rocci, meno ingombranti, di facile trasporto ed esenti dalla presenza di mercurio (oggi bandito per tossicità). Cionondimeno, in termini di accuratezza, gli aneroidi hanno lo svantaggio di richiedere continua manutenzione e frequenti controlli di taratura; essi inoltre sono più precisi per valori di pressione intermedi e meno precisi per valori molto alti o molto bassi. I progressi tecnologici ne hanno nel tempo migliorato la sensibilità, ferma restando la necessità di una frequente calibrazione,

---

<sup>‡</sup> Va ricordato che la pressione diastolica è circa zero in ventricolo sinistro, ma superiore a zero in periferia, ove assume un valore di alcune decine di mmHg che è chiamato in clinica «pressione diastolica».

permettendo così di paragonarli per accuratezza ai tradizionali sfigmomanometri a mercurio.



**Figura 8.** Due storici manometri aneroidi

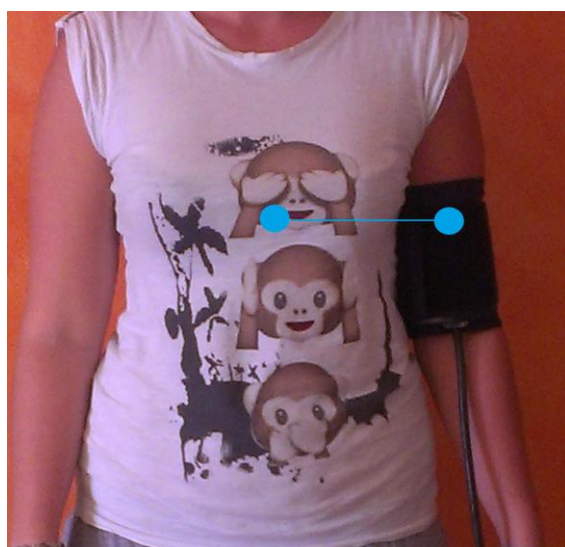
**Il problema della terminal digit preference.** La terminal digit preference, legata all'osservatore, è uno dei principali errori nella rilevazione della pressione arteriosa. Esprime la tendenza dell'operatore ad arrotondare i valori ottenuti (in genere a 0 o a 5), inficiando così i risultati. Esemplicando, un valore di 101 mmHg sarà arrotondato a 100, un valore di 106 mmHg lo sarà a 105, ritenendo tali arrotondamenti legittimi; ma la differenza fra 101 e 106 è 5 mmHg, così come la differenza fra 100 e 105 mmHg, arbitrio quest'ultimo che nessuno si sentirebbe di praticare.

Tale fallace ragionamento porta a considerare esatti valori di fatto erronei. Le conseguenze di tale prassi sono particolarmente evidenti ai limiti dei cut off diagnostici; ad esempio una persona con sistolica 139 mmHg (normotesa secondo le linee guida) risulterebbe ipertesa se approssimata a 140 mmHg, invalidando ad esempio eventuali studi epidemiologici.

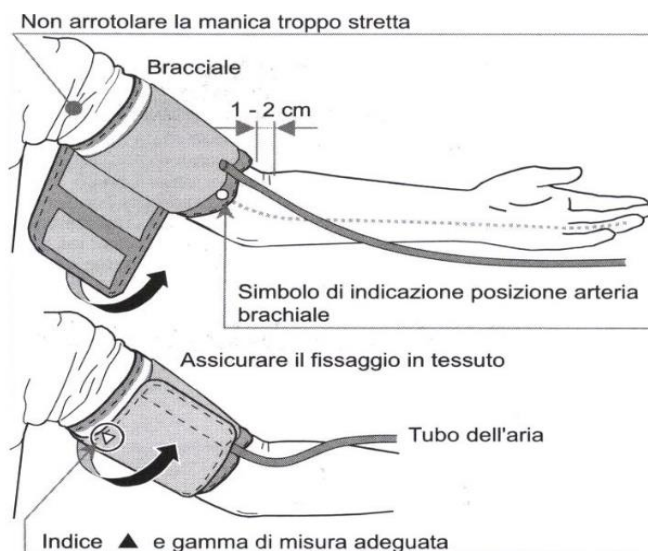
**Apparecchi automatici omerali.** Negli ultimi decenni si sono sempre più affermati strumenti elettronici automatici capaci di rilevare la pressione arteriosa in modo indiretto mediante l'uso di trasduttori che non richiedono la partecipazione di un operatore. Oltre a far piazza pulita della *terminal digit preference* (dato che i valori pressori vengono letti su un display e non sono interpretati da un essere umano), questi apparecchi di facile utilizzo anche da parte di un profano hanno ampliato il concetto di automisurazione anche

domiciliare della pressione arteriosa<sup>4</sup>, riducendo altresì il cosiddetto white coat effect<sup>5</sup>. Va da sé che la pressione arteriosa comunque misurata in modo incruento corrisponde solo in linea di massima a quella reale, rispecchiando solo in parte la fisiologia del circolo. I fattori che influenzano la differenza fra la pressione non invasiva e quella invasiva<sup>6</sup> e i criteri, ampiamente codificati<sup>7,8</sup>, volti a far sì che l'automisurazione fornisca valori di pressione misurata attendibili e il più possibile prossimi ai valori reali (registrabili ad esempio con il metodo intrarterioso) sono oggi ampiamente condivisi dalla comunità scientifica internazionale.

Benché l'automisurazione domiciliare possa essere effettuata (e di fatto sia stata consigliata per anni) con normali apparecchi a mercurio, questi strumenti automatici a basso costo e ad alta performance<sup>9</sup> le hanno dato nuovo impulso<sup>10</sup>. A parte la comodità d'uso e la necessità di un *training* molto meno prolungato rispetto al Riva-Rocci, essi presentano il grande vantaggio di consentire una lettura più semplice e più univoca dei valori pressori, lettura che viene sottratta al dominio delle capacità artigianali personali tipiche del medico per entrare in quello della tecnologia accessibile anche alla gente comune. Per questo tipo di misurazione si richiede soltanto che la cuffia sia di adeguate dimensioni<sup>11,12</sup>, applicata in modo tale da consentire l'idonea occlusione dell'arteria omerale e ben aderente ai tessuti del braccio (Figura 9, 10) e che l'arto superiore sia tenuto verticale, rilassato e parallelo al corpo.



**Figura 9.** Soggetto con apparecchio automatico omerale.



**Figura 10.** Corretto posizionamento dell'apparecchio elettronico omerale.

Di tali apparecchi esistono due tipi, ascoltatori e oscillometrici.

Quelli ascoltatori, oggi meno usati, sono tutti figli del primigenio sistema con registrazione su nastro Castacor<sup>13</sup> che era costituito da un bracciale e da un microfono posto al di sotto di esso che trasformava i toni di Korotkov in segnali elettrici che muovevano un pennino scrivente su carta. Nel 1963, Follen et al. utilizzarono un'apparecchiatura simile, che poteva essere impiegata continuamente per 24 ore. Entrambi questi sistemi di monitoraggio erano ingombranti e non potevano essere trasportati dal paziente. La prima apparecchiatura di questo tipo effettivamente portatile fu messa a punto da Schneider nel 1968; essa consentiva la registrazione dei toni di Korotkov e della curva di pressione su nastro magnetico. I segnali venivano successivamente demodulati e registrati su carta da un poligrafo. Questo prototipo ha subito negli anni varie modifiche, fino a raggiungere una performance tale da renderlo utilizzabile su larga scala. Il primo apparecchio di questo tipo ad essere commercializzato fu il Pressurometer (Del Mar Avionics), che funziona ad intervalli di tempo prestabiliti in un range variabile fra 7.5 e 30 minuti consentendo di registrare anche 200 valori pressori nell'arco delle 24 ore. Pesa circa 2 kg e fornisce immediatamente i valori pressori su un display digitale. Il Pressurometer registra i valori su un nastro magnetico, il Pressurometer III su memoria solida e poi su microcomputer. Un altro modello, più piccolo e leggero, fu il Pressurometer IV. Un altro modello automatico che ha trovato largo impiego alla fine degli anni '80 del XX secolo è il sistema ICR



Spacelabs, che è dotato oltre che di un microfono anche di un sensore oscillometrico, al quale è succeduto poi un ulteriore piccolo modello esclusivamente oscillometrico. Un passo avanti nello sviluppo delle metodiche non invasive si è avuto ad opera dell'industria giapponese (Takeda, Nippon, Colin), che ha poi immesso nel mercato strumenti meno rumorosi, di dimensioni ridotte e di costo contenuto rispetto ai precedenti modelli americani ed europei.<sup>14,15,16</sup>

Gli apparecchi oscillometrici, oggi molto più diffusi nell'uso comune, prevedono l'utilizzo di un manicotto da porre intorno al braccio e sono dotati di un trasduttore di pressione, una pompa atta a gonfiare il manicotto e una valvola per la progressiva deflazione della cuffia. Il tutto è regolato, acquisito ed elaborato da un microprocessore che di fatto calcola dalla pressione media (e non misura) i valori della pressione sistolica e diastolica.

Il segnale è convertito da algoritmi empirici (spesso misconosciuti agli utenti) basandosi sulle registrazioni delle oscillazioni pressorie all'interno del bracciale fino alla rilevazione del punto di massima oscillazione; ciò conduce all'individuazione di valori di pressione «massima» e «minima».



**Figura 11.** Moderni apparecchi elettronici per la misurazione in automatico della pressione omerale.

**Apparecchi automatici da polso.** Per alcuni anni sono stati disponibili soltanto apparecchi omerali, ormai quasi soltanto del tipo oscillometrico<sup>17</sup>, che sono stati ampiamente validati e sono oggi utilizzati anche nell'attività clinica routinaria. Come sopra accennato, essi hanno eliminato il problema della *terminal digit preference*<sup>18,19,20</sup>. Ultimamente, più che altro per ragioni di mercato ma anche per seguire la tendenza alla miniaturizzazione che è tipica dello spirito del tempo, si sono cominciati ad usare apparecchi da polso<sup>21</sup>, più piccoli e

comodi di quelli omerali e che hanno il vantaggio di non richiedere la svestizione<sup>22</sup> e di essere forse più attendibili di quelli omerali negli obesi<sup>23</sup>.

Sulla validità di tali strumenti o di alcuni di essi non vi è unanime accordo<sup>24,25</sup>, anche se uno sforzo di validazione è costantemente in atto per ogni modello<sup>22</sup>. Purtroppo tali apparecchi sono obiettivamente di difficile uso da parte del profano. Essi richiedono che il gomito sia appoggiato ad un piano e che l'avambraccio sia flesso sul braccio secondo un angolo tale da portare il polso a livello del cuore; l'accuratezza della misurazione risente sensibilmente degli effetti della differenza di altezza - rispetto al piano - fra il sensore e il cuore<sup>26,27</sup>: una misurazione accurata richiede infatti che polso e cuore siano allo stesso livello onde evitare gli effetti confondenti della pressione idrostatica dovuta al peso gravitario della colonna di sangue (Figura 12).



**Figura 12.** Un moderno apparecchio oscillometrico da polso.

Di fatto, un polso mantenuto più alto del livello del cuore porterà a valori misurati falsamente bassi, un polso più basso del piano orizzontale a valori falsamente alti. Per non invalidare la misurazione è necessario da parte del soggetto uno speciale grado di autonomo discernimento. Sato et al.<sup>27</sup> hanno suggerito alcuni modelli matematici che dovrebbero rendere la misurazione meno aleatoria anche in assenza dei sensori di posizione introdotti nei modelli più recenti. Il fatto stesso che detti autori abbiano avvertito la necessità di impegnarsi in una ricerca così tecnica rende ragione di come gli apparecchi da polso siano realmente più disagiati da usare in un contesto domestico e come la loro attendibilità sia meno certa rispetto a quelli omerali<sup>27</sup>.



## SCOPO

Scopo del lavoro che costituisce oggetto della presente tesi è:

- valutare la fattibilità della misurazione della pressione al polso con i moderni apparecchi automatici;
- confrontare le interazioni tra sede (ambulatorio/domicilio) e arto (omero/polso) di misurazione, nella rilevazione dei valori pressori;
- individuare i determinanti del  $\Delta$  braccio – polso;
- individuare i soggetti meno adatti all'utilizzo di devices oscillometrici da polso.

Le moderne tecnologie in campo sanitario hanno permesso anche ai profani di accedere a strumentazioni che paiono di facile ed immediato utilizzo, fra queste, infatti, quelle per l'automisurazione della pressione arteriosa. Il rischio, di fatto, di fronte a tale realtà, è la banalizzazione dell'atto stesso, facendolo sembrare un gesto meccanico e routinario, cosa che invece non è, da qui infatti la necessità di un training adeguato e di determinate abilità cognitive.

## MATERIALI E METODI

### **Studio di popolazione e protocollo generale**

Lo studio di popolazione GOLDEN (Growing Old with Less Disease Enhancing Neurofunctions) include 1006 soggetti che conducono uno stile di vita omogeneo, allocati nella Valle del fiume Illasi (in particolare nelle cittadine di Badia Calavena e Selva di Progno) nell'area dei Monti Lessini.

Come d'uso negli studi di popolazione generale, tutti i soggetti maggiorenni residenti in quest'area sono stati invitati mediante lettera e successiva telefonata a partecipare alla ricerca in base a liste fornite dall'Ufficio Anagrafe.

Come costantemente verificatosi negli studi di tal fatta condotti nella Regione Veneto del gruppo di ricerca al quale questa tesi si appoggia, la partecipazione è stata del 73%.

Come esplicitato nel protocollo ministeriale che ne costituisce la base, Il GOLDEN è uno studio epidemiologico, socio-economico e genetico volto a definire le caratteristiche genotipiche dell'invecchiamento sano e patologico e i fattori genetici e ambientali potenzialmente in grado di spiegare perché un soggetto sperimenti l'uno o l'altro tipo di vecchiaia. Particolare attenzione è stata rivolta, in questo senso, ai processi mentali e cognitivi. È stato usato a tal fine un modello basato su uno studio di coorte.

Ai fini del presente studio sono stati considerati i primi 597 soggetti reclutati (257 uomini e 340 donne di età compresa fra 18 e 89 anni, età media  $49.6 \pm 15.4$  anni).

L'indagine è stata condotta in accordo con i principi della Dichiarazione di Helsinki e le Linee Guida internazionali ed è stata approvata dal Comitato Etico dell'Università di Padova, dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Verona, dal Comitato di Bioetica della Provincia di Vicenza e da quello dell'Unità Sanitaria Locale n° 20 «Veronese». Ogni soggetto ha espresso un consenso informato alla procedura e firmato la relativa modulistica in accordo con l'art. 32 della Costituzione Italiana, con la Legge n. 145 del 28 marzo 2001 (Ratifica della Convenzione di Orvieto del 4 aprile 1997), con la sentenza della Corte d'Assise di Firenze del 18 ottobre 1990, con la sentenza della Corte di Cassazione del 21 aprile 1992 e con l'art. 5 della Legge della Regione Veneto n. 34 del 14 dicembre 2007 («Norme in materia di tenuta, informatizzazione e conservazione delle cartelle cliniche e sui moduli di consenso informato»).

Il reddito lordo annuo pro capite nell'area presa in considerazione è in media 19900 euro.

La frequenza di maschi è del 43%.

Lo stato civile è rappresentato per il 20.3 da celibi o nubili, per il 74% da coniugati o conviventi, per il 2% da divorziati o separati e per il 3% vedovi o vedove.

**Anamnesi e antropometria.** Alla visita in ambulatorio, tutti i soggetti erano sottoposti ad un questionario di Rose<sup>28</sup> riguardante stile di vita, abitudine al fumo e all'alcol, abitudini alimentari, attività fisica, qualità di vita, uso di farmaci e anamnesi personale e familiare. La scolarità era definita come il numero di anni scolastici in base al titolo di studio più elevato. L'altezza (in metri) e il peso (in chilogrammi) erano misurati senza scarpe in indumenti leggeri. La superficie corporea era calcolata con l'algoritmo di DuBois e DuBois<sup>29</sup> da peso<sup>0.425</sup> in kg x altezza<sup>0.725</sup> in m x 71.84.

**Misurazione ambulatoriale della pressione arteriosa omerale.** In ambulatorio, la pressione arteriosa sistolica e diastolica (fase 5 di Korotkov) era misurata in triplicato ad intervalli di 10 minuti in posizione supina utilizzando un dispositivo automatico UA-767 Plus (A&D Medical, Abingdon, Oxfordshire, UK) con cuffia di dimensioni adeguate applicata all'omero; in caso di discrepanza fra le misurazioni sulle due braccia, era presa in considerazione la pressione arteriosa più elevata. Al fine di minimizzare l'effetto-camicia, per l'analisi dei dati era utilizzata la media delle due ultime misurazioni (in mmHg).

Era considerato iperteso chi presentava un valore di pressione sistolica  $\geq 140$  mmHg o di diastolica  $\geq 90$  mmHg o che aveva un'anamnesi positiva per ipertensione o un trattamento antipertensivo in atto o infine un'esenzione ospedaliera specifica (Cod. 031-401 o A31).

La pressione arteriosa differenziale (PP) era calcolata in mmHg dalla differenza fra sistolica e diastolica e la media<sup>2,54</sup> in mmHg dall'algoritmo diastolica +  $\frac{1}{3}$  PP.

Subito dopo la misurazione, il soggetto veniva istruito circa l'automisurazione della pressione arteriosa omerale con detto strumento. A tal fine gli era erogato un breve corso della durata di circa 15 minuti, nel quale gli erano illustrati la tecnica di misurazione e le modalità di reperimento della pulsazione omerale e di applicazione della cuffia da rispettarsi durante le successive automisurazioni domiciliari.

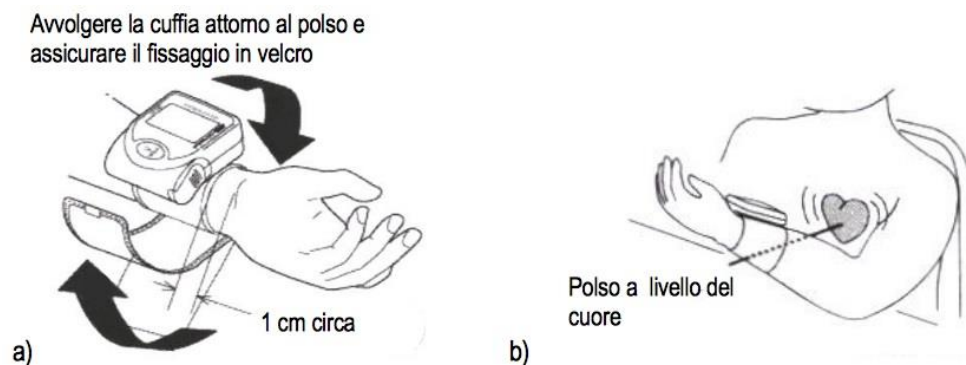
Prima di essere congedato e rinviato a domicilio, il soggetto doveva dimostrare di essere padrone della tecnica di misurazione.

**Misurazione ambulatoriale della pressione arteriosa al polso.** La pressione arteriosa era altresì misurata in triplicato allo stesso polso utilizzato per la pressione omerale mediante uno strumento automatico validato (UB-510, A&D Medical, Abingdon, Oxfordshire, UK), il cui modello generale di funzionamento è illustrato in Figura 13.

Anche in questo caso, era considerata al fine dell'analisi dei dati la media degli ultimi due rilievi.

Subito dopo la misurazione, il soggetto veniva istruito circa l'automisurazione della pressione arteriosa al polso con detto strumento. A tal fine gli era erogato un breve corso della durata di circa 15 minuti, nel quale gli erano illustrati la tecnica di misurazione, le modalità di applicazione del rilevatore al polso (Figura 13a) e la corretta posizione dell'avambraccio da rispettarsi durante le successive automisurazioni domiciliari (Figura 13b).

Ancora una volta, prima di essere congedato e rinvio a domicilio, il soggetto doveva dimostrare di essere padrone della tecnica di misurazione.



**Figura 13.** Istruzioni per l'applicazione del misuratore da polso (13 a) e per il corretto posizionamento dell'avambraccio (13 b).

**Rilevazioni strumentali e biumorali.** Tutti i soggetti erano sottoposti ad elettrocardiogramma basale a 12 derivazioni, a spirometria, a monitoraggio non invasivo della gittata sistolica, della portata cardiaca e dell'indice cardiaco (con impedenzometro Physioflow, Medatec, Ebersviller, Francia), alla rilevazione dell'onda sfingica e alla misurazione della pulse wave velocity (PWV) carotido-femorale con tonometro

Sphygmocor (AtCor Medical, Sidney, Australia) e alla misurazione della temperatura corporea.

L'indice cardiaco era calcolato in  $l \times \text{min}^{-1}$  da (gittata sistolica in ml x frequenza cardiaca in bpm) / superficie corporea (in  $\text{m}^2$ ).

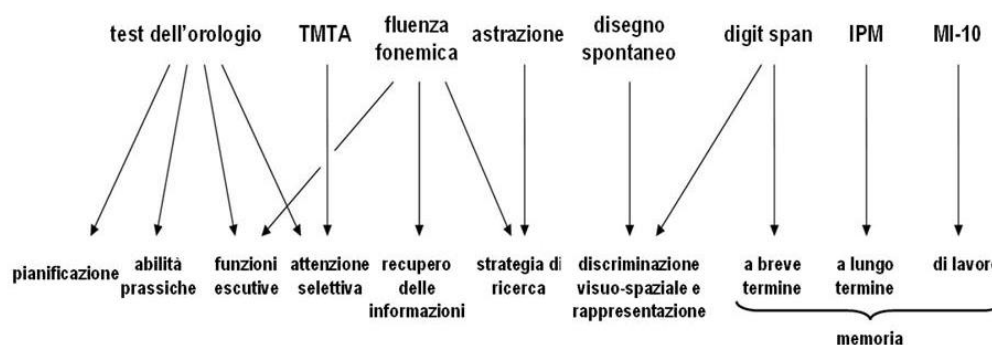
Tutti erano sottoposti ad un prelievo di sangue venoso periferico a digiuno. Il volume espiratorio forzato al primo secondo ( $\text{FEV}_1$ ) era misurato con spirometria a secco. I soggetti con  $\text{FEV}_1 < 70\%$  del valore teorico individuale, con tosse produttiva al mattino o sintomi di broncospasmo erano etichettati come affetti da bronco pneumopatia cronica ostruttiva polmonare (BPCO).

**Automisurazione della pressione arteriosa a domicilio.** Ad ogni soggetto era richiesto di automisurare la pressione arteriosa a domicilio per una settimana dopo la visita ambulatoriale, sia all'omero che al polso, utilizzando gli stessi strumenti (per omero e per polso) usati nello screening iniziale, strumenti che gli venivano forniti in dotazione per 7 giorni. Benché le pressioni così rilevate fossero registrate nella memoria a stato solido dei devices, al soggetto si richiedeva di riportarle in un diario prestampato che gli veniva consegnato. Scopo di tale diario era da un lato assicurarsi una versione cartacea dei dati nel caso di un crash dell'apparecchio, sia documentare la capacità del soggetto di autogestire la propria situazione sanitaria. Nella pratica, il soggetto doveva trascrivere di volta in volta sul diario i valori pressori evidenziati dal display.

Ogni soggetto era invitato ad automisurare la pressione arteriosa 3 volte all'omero e 3 volte al polso ogni mattina e ogni pomeriggio per 7 giorni consecutivi. Per l'analisi dei dati era considerata, per ogni mattina e ogni pomeriggio, la media delle ultime due misurazioni all'omero e al polso. Tali valori medi erano poi ulteriormente mediati nei 7 giorni per la mattina e per il pomeriggio, ottenendo 7 valori medi mattutini e pomeridiani.

**Valutazione neuropsicologica.** Un neuropsicologo effettuava individualmente una valutazione cognitiva di ogni soggetto mediante il Mini Mental State Examination (MMSE)<sup>30</sup>, il test delle prove prassiche<sup>31</sup> e una batteria comprendente 8 tests validati del tipo «paper and pencil» (Figura 14) somministrati in una singola sessione della durata di circa 1 ora<sup>32</sup>.

Nel dettaglio, nel test del disegno dell'orologio (CLOX) il partecipante veniva istruito a disegnare un orologio indicante le ore 2:45 mettendo le lancette ed i numeri sulla superficie «così che anche un bambino potesse leggerli». Le istruzioni venivano ripetute fino a che non erano comprese chiaramente, ma una volta che il soggetto iniziava a disegnare, nessun altro suggerimento poteva essere fornito<sup>33</sup>.



**Figura 14.** Campo di applicazione dei test neuropsicologici usati nello studio.

Il test della fluenza verbale richiedeva al partecipante di generare nomi appropriati in un periodo di tempo limitato<sup>34</sup>. Nel trail making test A (TMTA) al partecipante era chiesto di unire con una linea continua numeri progressivi<sup>35</sup>. Il digit span test consisteva nella memorizzazione e ripetizione di una serie di numeri<sup>36</sup>. Nel test di memoria di prosa immediata veniva presentato al singolo partecipante un testo di prosa di 30 parole richiedendone l'immediata ripetizione. Nel test dell'astrazione veniva richiesto di includere nella stessa categoria parole con elementi comuni. Nel test del disegno spontaneo era richiesto di disegnare un fiore specifico. Nel test della memoria con interferenza a 10 secondi (MI-10) i soggetti dovevano ripetere una tripletta di 3 consonanti dopo un intervallo di tempo durante il quale contavano al rovescio partendo da 3 numeri casuali presentati dall'esaminatore. Trascorsi i 10 secondi, dovevano ripetere le lettere memorizzate all'inizio<sup>33,37</sup>.

Circa le singole funzioni esaminate, il MMSE è volto studiare le prestazioni e il declino cognitivo, nonché le risorse neurologiche. Le funzioni esecutive sono studiate attraverso il test dell'orologio (CLOX) e la fluenza verbale. L'attenzione selettiva è esaminata con il

TMTA. L'abilità visiva della discriminazione e rappresentazione spaziale è studiata attraverso il digit span e il test del disegno spontaneo. La memoria di lavoro è esaminata dal test di memoria con MI-10, la memoria a breve termine dal digit span e la memoria a lungo termine dal test della prosa immediata. Il recupero di informazioni è accertato dal significato del test di fluenza verbale. L'abilità nelle strategie di ricerca è analizzata attraverso la fluenza verbale e il test di astrazione. La capacità di pianificazione e l'abilità di comprensione sono studiate per mezzo del CLOX (Figura 14).

L'abilità prassica era valutata per mezzo di sei item che esploravano la capacità dei soggetti di compiere gesti con e senza significato<sup>31</sup>. In particolare, venivano richieste la pantomima dell'uso di oggetti comuni (uno spazzolino e un martello), l'esecuzione su richiesta verbale dell'esaminatore di gesti significativi e la copia di gesti senza significato. Tali prove consentivano di valutare l'eventuale presenza di difficoltà nell'ideare il gesto da realizzare (aprassia ideativa), nell'implementare la volontà di movimento in un atto motorio (aprassia ideomotoria) o nel ricordare a che cosa serva (amnesia dell'oggetto) e come si usi l'oggetto (aprassia di utilizzazione).

### **Analisi statistica**

Per la gestione del database e per l'analisi statistica è stata usata la versione 9.3 del software Statistical Analysis System (SAS Institute, Cary, United States). L'ipotesi nulla è stata sempre rigettata per un valore di  $p$  inferiore a 0.05.

Una power analysis condotta a priori sulla base di precedenti esperienze dello stesso laboratorio ha indicato che ponendo una differenza di circa 1 tra i gruppi e una variazione standard di circa 2 per ogni test, 100 partecipanti per gruppo erano sufficienti con una potenza di 0.90 e un livello di test di 0.10 per l'errore  $\beta$  e di 0.20 per l'errore  $\alpha$ . L'assunzione di linearità era accertata per ciascuna variabile con l'analisi dei residui e l'assunzione di normalità con il test di Kolmogorov-Smirnov<sup>38</sup>.

Nell'analisi della varianza fra gruppi, le variabili continue sono state espresse come media e deviazione standard. I valori mancanti (<10% e distribuiti completamente in modo casuale) sono stati trattati con il metodo di delezione delle coppie. L'analisi della varianza includeva come covariabili l'età, il sesso, la variabile categorica ipertensione arteriosa (o in alternativa in altro modello la pressione differenziale), la frequenza cardiaca, l'abitudine al fumo, la lunghezza dell'avambraccio, gli score dei test neuropsicologici e - man mano che

fossero indicati dal modello - la sede (ambulatorio, domicilio) e la posizione di misurazione (omero, polso).

Per verificare l'associazione fra variabili continue è stata utilizzata la regressione lineare multipla aggiustata per le stesse covariabili.

La regressione logistica avente come variabile dipendente i soggetti con pressione sistolica domiciliare al polso superiore a quella all'omero e come variabili indipendenti quelle incluse nella regressione lineare è stata usata per individuare i predittori della differenza stessa e generarne l'odds ratio con i limiti fiduciali al 95% (95%CI).

I valori di età e pressione arteriosa erano collineari e sono stati preventivamente trasformati in funzione logaritmica, dopodiché nessuna collinearità era più presente tra le variabili indipendenti.



## RISULTATI

### Caratteristiche generali della popolazione

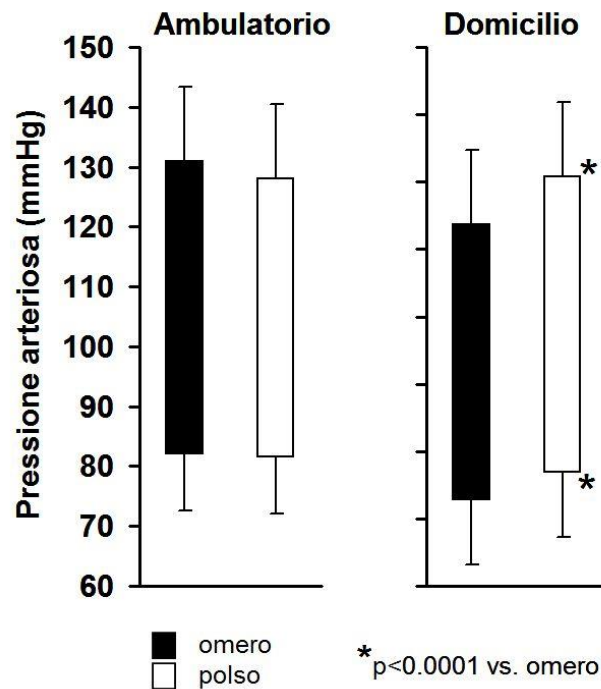
Le caratteristiche generali della popolazione studiata sono riassunte in Tabella I, che evidenzia altresì la stratificazione per sesso. Secondo l'esperienza dello stesso gruppo di ricerca presso il quale la presente tesi è stata elaborata, tali caratteristiche sono assimilabili a quelle della popolazione generale del Veneto<sup>39,40</sup>.

**Tabella I:** Caratteristiche generali della popolazione studiata con stratificazione per sesso. \*p<0.05 vs. uomini. PAS, PAD: pressione arteriosa sistolica e diastolica; LDL: low-density-lipoprotein cholesterol nel siero, calcolato secondo la formula di Friedewald<sup>41</sup>: LDL = colesterolo totale - (colesterolo HDL + trigliceridi / 5); HDL: high-density-lipoprotein cholesterol nel siero; PWV: pulse wave velocity carotido-femorale.

	Tutta la popolazione (n=597)	Uomini (n=257)	Donne (n=340)
Età (anni)	49.6 ± 15.4	50.4 ± 15.7	49.1 ± 15.2
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25.7 ± 4.5	26.6 ± 4.1	25.0 ± 4.6*
Avambraccio (cm)	23.6 ± 3.0	24.5 ± 3.2	22.9 ± 2.6*
PAS (mmHg)	131.1 ± 19.2	135.9 ± 17.3	127.4 ± 19.3*
PAD (mmHg)	82.0 ± 10.8	84.7 ± 10.9	80.0 ± 10.3*
Frequenza cardiaca (bpm)	68.3 ± 9.4	66.5 ± 10.0	69.7 ± 8.8*
LDL (mg/dl)	127.2 ± 30.8	131.6 ± 31.0	124.0 ± 30.3*
Trigliceridemia (mg/dl)	104.4 ± 70.5	123.1 ± 88.7	90.2 ± 47.9*
HDL (mg/dl)	60.1 ± 17.1	53.3 ± 14.0	65.4 ± 17.4*
Indice cardiaco (l/min/m <sup>2</sup> )	2.9 ± 1.4	2.9 ± 1.4	2.8 ± 1.3*
Fumo (0: no; 1: sì)	88 (14.7%)	41 (16.0%)	47 (13.8%)
Alcool (0: no; 1: sì)	264 (44.2)	164 (63.8%)	100 (29.4%)*
Diabete (0: no; 1: sì)	16 (2.7%)	12 (4.7%)	4 (1.2%)*
BPCO (0: no; 1: sì)	9 (98.5%)	5 (1.9%)	4 (1.2%)
PWV (m/sec)	7.0 ± 2.8	6.7 ± 2.4	7.4 ± 3.3*

### Pressione arteriosa in ambulatorio

I valori crudi di pressione arteriosa rilevati con metodo oscillometrico nel corso dello screening iniziale da un operatore esperto erano in media 131.1±19.2 / 82.0±10.8 mmHg a livello omerale e 128.0±19.0 / 81.3±12.1 mmHg a livello del polso. I valori aggiustati per età, sesso, scolarità, lunghezza dell'avambraccio, abilità nelle prove prassiche e pressione differenziale sono illustrati in Figura 15 (pannello di sinistra).



**Figura 15.** Valori pressori (aggiustati per i confounders elencati nel testo), misurati con metodica oscillometrica all'omero e al polso in ambulatorio e a domicilio (questi ultimi rappresentano le medie di 7 misurazioni giornaliere consecutive). Non vi è differenza fra i valori sistolici e diastolici misurati all'omero in ambulatorio e quelli misurati al polso a domicilio.

### Pressione arteriosa a domicilio

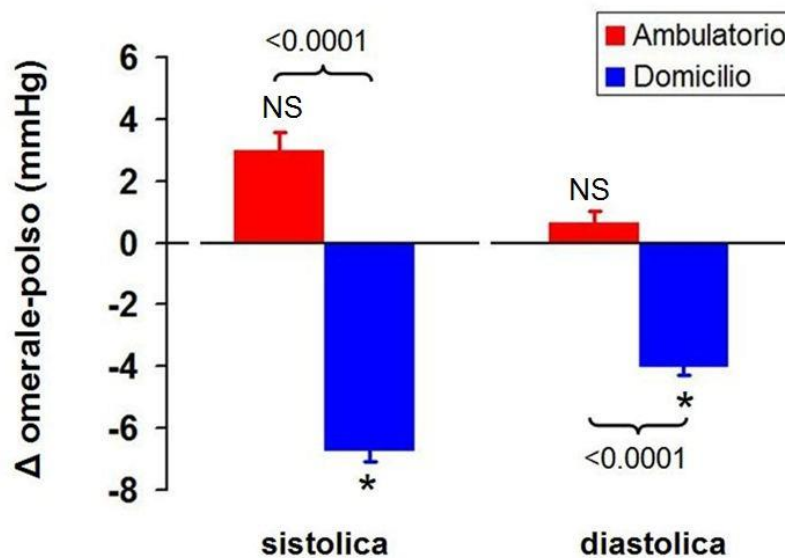
La media settimanale dei valori crudi di pressione arteriosa automisurati di mattina in posizione seduta nei 7 giorni successivi lo screening era  $114.1 \pm 13.9 / 72.6 \pm 9.0$  mmHg a livello omerale e  $120.8 \pm 15.5 / 76.6 \pm 10.2$  mmHg a livello del polso; i valori aggiustati per i confounders sopra elencati sono illustrati in Figura 15 (pannello di destra).

La differenza di pressione fra le due misurazioni è riassunta in Figura 16 ed era statisticamente significativa sia per la sistolica che per la diastolica. Dei 597 soggetti studiati, 469 (78.6%) rilevavano a domicilio una pressione sistolica più alta e 450 (75.4%) una diastolica più alta al polso che all'omero.

### Confronto fra pressione all'omero e al polso

Nel corso dello screening in ambulatorio, l'operatore rilevava valori più elevati di sistolica (+2.4%,  $p < 0.05$ ) e di diastolica (+0.9%, NS) all'omero che al polso, mentre nel corso delle automisurazioni domiciliari settimanali mattutine i soggetti rilevavano valori

significativamente più bassi sia di sistolica (-5.9%,  $p<0.05$ ) che di diastolica (-5.5%,  $p<0.05$ ) all'omero che al polso (Figura 16).



**Figura 16.** Differenza fra la pressione rilevata all'omero e al polso in ambulatorio da personale esperto e a domicilio dai soggetti in auto misurazione; \* $p<0.0001$  vs. omero. È altresì indicata la differenza significativa fra ambulatorio e domicilio (NS: differenza non significativa).

### Confronto fra pressione in ambulatorio e a domicilio

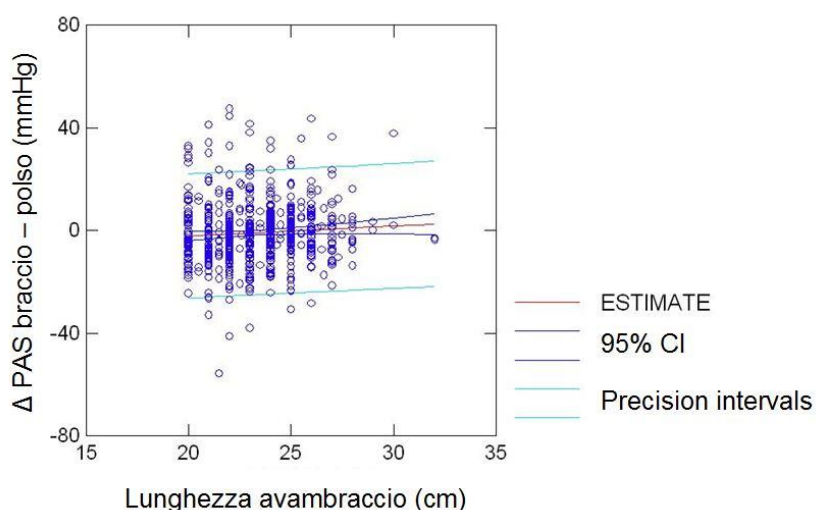
Rispetto ai valori rilevati in ambulatorio da un operatore, la sistolica a domicilio era del 13% più bassa ( $p<0.05$ ) quando misurata all'omero e del 5.6% più bassa ( $p<0.05$ ) quando automisurata al polso. La diastolica era dell'11.5% ( $p<0.05$ ) e del 5.8% più bassa ( $p<0.05$ ), rispettivamente (Figura 15).

### Determinanti della differenza braccio – polso

**Pressione sistolica.** Quando la pressione sistolica era rilevata in ambulatorio, la differenza braccio-polso era determinata in regressione multipla direttamente dal sesso femminile. Quando era automisurata a domicilio, era determinata direttamente dal sesso femminile e dalla lunghezza dell'avambraccio e inversamente dall'abilità nelle prove prassiche (Tabella II, pannello superiore). Scolarità, età anagrafica, circonferenza del braccio e performance ad altri test neuropsicologici erano rigettati da questo modello generale. Quando al modello

era aggiunta l'abilità nel test della memoria con interferenza a 30 secondi, l'abilità nelle prove prassiche perdeva ogni valore predittivo.

In regressione logistica avente come variabili indipendenti quelle già incluse nella regressione lineare multipla, la variabile dipendente «soggetti con pressione sistolica domiciliare superiore al polso (value: 1) che al braccio (value: 0)» era predetta direttamente dalla lunghezza dell'avambraccio (odds ratio 1.104, 95%CI 1.027-1.186) e inversamente dall'abilità nelle prove prassiche (odds ratio 0.198, 95%CI 0.042-0.928).



**Figura 17.** Regressione multipla fra differenza ( $\Delta$ ) di pressione sistolica fra omero e polso e lunghezza dell'avambraccio, aggiustata per le covariabili indicate nel testo.

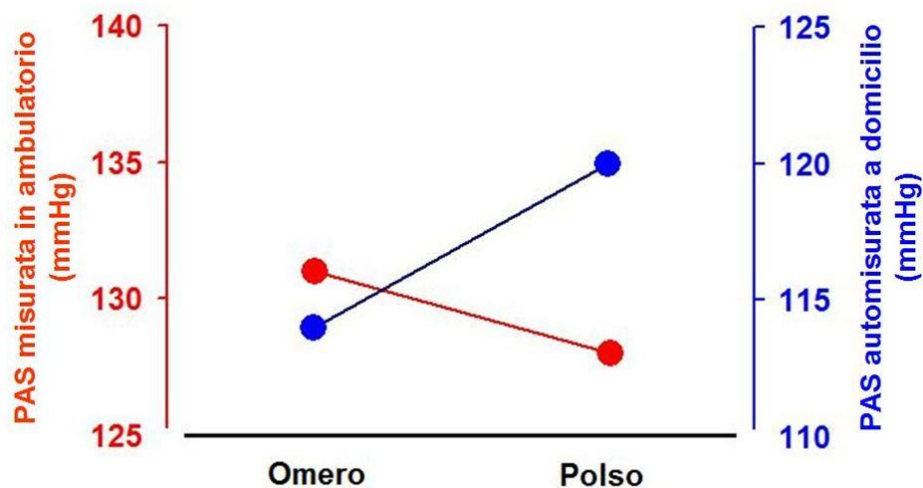
**Tabella II.** Covariate della regressione multivariata avente come variabile dipendente la differenza fra pressione sistolica automisurata a domicilio al braccio e al polso. Il modello include una costante.

Covariata	Coefficiente	Errore standard	p
<b>Pressione sistolica</b>			
Età (anni)	-0.0190	0.037	0.6 (NS)
Lunghezza avambraccio (cm)	0.618	0.210	<b>&lt;0.004</b>
Prove prassiche (score)	-6.607	3.353	<b>&lt;0.05</b>
<b>Pressione diastolica</b>			
Età (anni)	-0.005	0.013	<0.7137
Lunghezza avambraccio (cm)	0.424	0.079	<b>&lt;0.00001</b>
Prove prassiche (score)	-3.137	-0.053	<b>&lt;0.0789</b>

**Pressione diastolica.** Quando la pressione diastolica era rilevata in ambulatorio, la differenza braccio-polso era determinata in regressione multipla direttamente dal sesso femminile e dalla diagnosi d'ipertensione. A domicilio (Tabella II, pannello inferiore), la differenza braccio-polso era determinata direttamente dal sesso femminile, dalla lunghezza dell'avambraccio e dall'abilità nelle prove prassiche. Scolarità, età anagrafica, circonferenza del braccio e performance ad altri test neuropsicologici erano rigettati da questo modello generale.

### Interazione fra luogo di misurazione e arto impiegato

Per la sistolica emergeva una netta interazione fra sede di misurazione (ambulatorio, domicilio) e arto di applicazione del device (braccio, polso)(Figura 18), ma non per la diastolica.



**Figura 18.** Interazione fra sede di misurazione (ambulatorio, domicilio) e punto di applicazione del rilevatore (omero, polso).

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati della presente ricerca evidenziano come la misurazione della pressione arteriosa, anche con i metodi elettronici ora disponibili, non sia un atto banale e puramente ripetitivo (consistente nel «rilevare un numero da un display») ma necessiti – come già avveniva con il più antico Riva-Rocci – di attenzione, capacità cognitive e addestramento<sup>9</sup>. Infatti, una netta differenza si è riscontrata fra la rilevazione dei valori pressori «gold standard» effettuata in ambulatorio da personale qualificato e quella «sul campo» effettuata in automisurazione dai soggetti di studio a domicilio.

Nel caso della misurazione gold standard, effettuata secondo le linee guida e i libretti d'istruzione dei vari apparecchi, si registravano – in accordo con la letteratura<sup>25,26</sup> – valori di sistolica e diastolica più alti al braccio che al polso, mentre nel caso dell'automisurazione tali valori palesavano un trend opposto, essendo più bassi al braccio che al polso. Sede di misurazione (ambulatorio, domicilio) e sede di rilevamento del segnale (omero, polso) interagivano in modo significativo.

Tali differenze di rilevazione implicano per forza di cose un errore di misurazione sul campo, cioè a domicilio, errore i cui determinanti erano in pratica la lunghezza dell'avambraccio e l'abilità nelle prove prassiche.

Come noto<sup>26,27</sup>, una maggiore lunghezza dell'avambraccio comporta un'amplificazione dell'errore di posizionamento del sensore al polso, che spesso non è collocato come richiesto dalla linee guida all'altezza del cuore: quanto maggiore la lunghezza dell'avambraccio, tanto maggiore sarà l'errore<sup>27</sup> (Figura 4).

I dati della presente ricerca indicano che molti soggetti tendevano a mantenere nell'automisurazione domiciliare il polso più basso del cuore e anche più basso del piano orizzontale (il che aggiungeva alla pressione reale quella derivante dal peso della colonna di sangue), un errore che come intuibile era magnificato da un avambraccio più lungo. Ciò era confermato dalla regressione logistica, che attribuiva alla lunghezza dell'avambraccio il 10% della varianza sistolica.

Appare quindi evidente come alcuni soggetti, in realtà la maggioranza, nonostante le istruzioni ricevute in occasione del *survey* iniziale, tendessero a misurare anche la pressione al polso mantenendo l'arto superiore verticale e parallelo al corpo come spesso si vede fare nella misurazione omerale (soprattutto in ortostatismo), anziché tenere il gomito

appoggiato su un piano e l'avambraccio inclinato così da portare il polso a livello del cuore come prescritto per la misurazione al polso. Basandosi sull'inversione della differenza braccio meno polso, l'errore si verificava per la sistolica nel 78.6% dei casi e per la diastolica nel 75.4% dei casi.

È probabile che l'insistenza posta negli ultimi anni sulla misurazione ortostatica della pressione e l'enfasi posta sull'opportunità di tenere l'arto rilassato abbia contribuito a formare nei soggetti un immaginario collettivo di «braccio pendente» che ha inficiato la misurazione al polso. In realtà naturalmente, i consigli di cui sopra sono validi solo nella misurazione omerale.

Un determinante di tale errato comportamento è da ricercarsi nel pattern cognitivo e più precisamente nell'abilità a destreggiarsi nel mondo reale adattando il proprio comportamento alle circostanze del momento per ottenere un risultato. Tale assetto cognitivo era esplorato dalle prove prassiche, che infatti erano inversamente correlate all'ampiezza dell'inversione del rilevamento: quanto peggiore l'abilità nelle prove prassiche, tanto più alta l'inversione della differenza braccio meno polso. Ciò era confermato dalla regressione logistica, che attribuiva alla scarsa abilità nelle prove prassiche il 20% della varianza sistolica (la rimanente quota di varianza attiene evidentemente ad altri fattori quali la mancata aderenza della cuffia al particolare polso del singolo paziente, l'incompleta occlusione arteriosa, un possibile malfunzionamento del software, errori nella validazione pre-commercializzazione ecc.).

Differenze anatomiche non modificabili (lunghezza dell'avambraccio) e differenze cognitive potenzialmente modificabili (abilità prassiche) concorrono pertanto alla formazione di un buon risultato della misurazione pressoria con gli strumenti da polso. La preliminare istruzione dei soggetti da parte di personale qualificato circa le corrette modalità di misurazione con detto strumento, così come il grado di scolarizzazione, le abilità mnemoniche ecc. non paiono sufficienti a soverchiare questi determinanti di cattiva misurazione. Il pressurometro da polso si qualifica quindi come uno strumento di difficile uso da parte della popolazione generale<sup>42,43</sup>, sia per ragioni legate all'anatomia corporea, sia per inadeguatezza cognitiva all'esecuzione dell'atto. All'errore contribuisce certamente un deficit di memorizzazione delle istruzioni ricevute; infatti l'aggiunta al modello multivariato domiciliare dell'abilità nella memoria con interferenza a 30 secondi aboliva il valore predittivo delle prove prassiche. È chiaro che l'istruzione non avveniva in

condizioni ideali (ad esempio in un'aula e in piena attenzione da parte del soggetto), ma nel contesto di uno studio epidemiologico, con il soggetto spaventato dall'ambiente e certamente non focalizzato sul breve corso didattico; è esattamente questa la situazione esplorata dal test cognitivo noto come memoria con interferenza.

In conclusione, la misurazione con pressurometro da polso non regge la prova sul campo, risultando inadeguata e financo invertita rispetto al gold standard ambulatoriale nella maggioranza dei soggetti della popolazione generale, con parziale vanificazione dell'effetto dell'automisurazione. Persone con avambraccio lungo e/o cognitivo non ottimale (specie nelle prove prassiche) non costituiscono il target ideale per questo tipo di apparecchiature, che richiedono un corso di addestramento erogato con calma, con precisione e con il rispetto dei tempi tipici di ogni individuo.

Non essendo plausibile nella pratica quotidiana sottoporre preliminarmente i soggetti a test neuropsicologici, non rimane che sconsigliare a titolo precauzionale l'impiego di apparecchi da polso a persone anziane, nelle quali verosimilmente il pattern cognitivo deve ritenersi aprioristicamente peggiore. In costoro rimane raccomandabile l'uso domiciliare del misuratore omerale, assai meno soggetto ad errore umano.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) Higgs ZC, Macafee DA, Braithwaite BD, Maxwell-Armstrong CA. The Seldinger technique: 50 years on. *Lancet* 2005; 366: 1407-9.
- 2) Pessina AC, Semplicini A, Palatini P, Mormino P, Casiglia E, Hlede M et al. Blood pressure variability in “labile” and “established” hypertension. *Biotelem Patient Monit* 1980; 7: 96-104.
- 3) Mos L, Del Torre M, Valle F, Munari L, Casiglia E, Palatini P et al. Intraarterial blood pressure recording during underwater activity. *Proc. of the 15th Annual Meeting European Undersea Biomedical Society*, N.Bitterman & R.Lincoln eds., 1989, 9-9-1989, Eilat, Israel (pag.153-157).
- 4) Plichart M, Seux ML, Caillard L, Chaussade E, Vidal JS, Bouilly C et al. Home blood pressure measurement in elderly patients with cognitive impairment: comparison of agreement between relative-measured blood pressure and automated blood pressure measurement. *Blood Press Monit* 2013; 18: 208-214.
- 5) Myers MG. Eliminating the human factor in office blood pressure measurement. *J Clin Hypertens* 2014; 16: 83-86.
- 6) Hager H, Mandadi G, Pulley D, Eagon JC, Mascha E, Nutter B et al. A comparison of noninvasive blood pressure measurement on the wrist with invasive arterial blood pressure monitoring in patients undergoing bariatric surgery. *Obes Surg* 2009; 19: 717-724.
- 7) Parati G, Stergiou GS, Asmar R, Bilo G, de Leeuw P, Imai Y et al. European Society of Hypertension Practice Guidelines for home blood pressure monitoring. *J Hum Hypertens* 2010; 24: 779-785.
- 8) Pickering TG, Houston Miller N, Ogedegbe G, Krakoff LR, Artinian NT, Goff D. Call to action on use and reimbursement for home blood pressure monitoring: executive summary. A joint scientific statement from the American Heart Association, American Society of Hypertension, and Preventive Cardiovascular Nurses Association. *Hypertension* 2008; 52: 1-9.

- 9) McManus RJ, Wood S, Bray EP, Glasziou P, Hayen A, Heneghan C et al. Self-monitoring in hypertension: a web-based survey of primary care physicians. *J Hum Hypert* 2014; 28: 123-127.
- 10) Braam RL, Thien T. Home blood pressure measurement with oscillometric upper-arm devices. *Neth J Med* 2003; 61: 307-312.
- 11) Manning DM, Kuchirka C, Kaminski J. Miscuffing: inappropriate blood pressure cuff application. *Circulation* 1983; 68: 763-766.
- 12) Mourad JJ, Lopez-Sublet M, Aoun-Bahous S, Villeneuve F, Jaboureck O, Dourmap-Collas C et al. Impact of miscuffing during home blood pressure measurement on the prevalence of masked hypertension. *Am J Hypertens* 2013; 26: 1205-1209.
- 13) Dal Palù C, Pessina AC, Palatini P. monitoraggio continuo della pressione arteriosa e ipertensione. Geugy, Varese, 1988.
- 14) Kennedy HL, Padgett NE, Horan MJ. Performance reliability of the Del Mar Avionics non invasive ambulatory blood pressure instrument in clinical use. *Ambul Electrocard* 1979; 1-13.
- 15) Krakoff LR. The Spacelabs 90202. Proc. 12th Scient. Meeting Int. Soc. Hypertens. Kyoto, May 1988.
- 16) Waeber B, Porchet M, Delabays A, Mooser V, Nussberger J, Brunner MR. Non invasive ambulatory blood pressure monitoring in normal subjects using the Sandoz Pressur System: evaluation in normal subjects. Proc. 12th Scient. Meeting Int. Soc Hypertens, Kyoto, May 1988.
- 17) Fuchs SC, Mello RG, Fuchs FC. Home blood pressure monitoring is better predictor of cardiovascular disease and target organ damage than office blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Curr Cardiol Rep* 2013 (DOI: 10.1007/s11886-013-0413-z).
- 18) Mengden T, Asmar R, Kandra A, Di Giovanni R, Brudi P, Parati G. Use of automated blood pressure measurements in clinical trials and registration studies: data from the VALTOP Study. *Blood Press Monit* 2010; 15: 188-194.
- 19) Niyonsenga T, Vanasse A, Courteau J, Cloutier L. Impact of terminal digit preference by family physicians and sphygmomanometer calibration errors on blood pressure value: implication for hypertension screening. *J Clin Hypertens* 2008; 10: 341-347.

- 20) Graves JW, Bailey KR, Grossardt BR, Gullerud RE, Meverden RA, Grill DE et al. The impact of observer and patient factors on the occurrence of digit preference for zero in blood pressure measurement in a hypertension specialty clinic: evidence for the need of continued observation. *Am J Hypertens* 2006; 19: 567-572.
- 21) Shirasaki O, Terada H, Niwano K, Nakanishi T, Kanai M, Miyawaki Y et al. The Japan Home-health Apparatus Industrial Association: investigation of home-use electronic sphygmomanometers. *Blood Press Monit* 2001; 6: 303-307.
- 22) Westhoff TH, Schmidt S, Meissner R, Zidek W, van der Giet M. The impact of pulse pressure on the accuracy of wrist blood pressure measurement. *J Hum Hypertens* 2009; 23: 391-395.
- 23) De Senarclens O, Feihl F, Giusti V, Engelberger RP, Rodieux F, Gomez P et al. Brachial or wrist blood pressure in obese patients: which is the best? *Blood Press Monit* 2008; 13: 149-151.
- 24) Palatini P, Longo D, Toffanin G, Bertolo O, Zaetta V, Pessina AC. Wrist blood pressure overestimates blood pressure measured at the upper arm. *Blood Press Monit* 2004; 9: 77-81.
- 25) Dourmap-Collas C, Girerd X, Begasse F, Marquand A, Asplanato M, Jaboureck O et al. Systolic blood pressures are not comparable when home blood pressure is measured with a wrist or an arm validated monitor. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2005; 98: 774-778.
- 26) Khoshdel AR, Carney S, Gillies A. The impact of arm position and pulse pressure on the validation of a wrist-cuff blood pressure measurement device in a high risk population. *Int J Gen Med* 2010; 3: 119-125.
- 27) Sato H, Koshimizu H, Yamashita S, Ogura T. Blood pressure monitor with a position sensor for wrist placement to eliminate hydrostatic pressure effect on blood pressure measurement. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2013; 2013:1835-1838.
- 28) Rose GA, Blackburn H, Gillum RF, Prineas RJ. *Cardiovascular survey methods*. 2nd ed. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1982.
- 29) DuBois D, DuBois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Int Med* 1916 17: 863-871.

- 30) Magni E, Binetti G, Bianchetti A, Rozzini R, Trabucchi M. Mini-Mental State Examination: a normative study in Italian elderly population. *Eur J Neurol* 1996; 3: 198-202.
- 31) Mondini S, Mapelli D, Vestri A, Arcara G, Bisiacchi PS. I test neuropsicologici dell'ENB-2. In: *Esame neuropsicologico breve 2*. Raffaello Cortina Editore, Milan, Italy, 2011.
- 32) Casiglia E, Giordano N, Tikhonoff V, Boschetti G, Mazza A, Caffi S et al. Cognitive functions across the GNB3 C825T polymorphism in an elderly Italian population. *Neurol Res Int* 2013 (DOI:10.1155/2013/597034).
- 33) Grande LJ, Rudolph JL, Milberg WP, Barber CE, Mc Glinchey RE. Detecting cognitive impairment in individuals at risk for cardiovascular disease: the "clock-in-the-box" screening test. *Int J Geriatr Psychiat* 2011; 26: 969-975.
- 34) Lezak MD, Howieson DB, Loring DW. *Neuropsychological Assessment*. 4th ed. Oxford University Press, Oxford, UK; 2004.
- 35) Reitan RM. Validity of the Trail making test as an indicator of organic brain damage. *Percept Mot Skills* 1958; 8: 271-276.
- 36) Wechsler D (eds). *The Measurement of adult intelligence*. Williams and Wilkins, Baltimore, USA, 1939.
- 37) Peterson LR, Gentile A. Proactive interference as a function of time between tests. *J Exp Psychol* 1965; 70: 473-478.
- 38) Nilsson ED, Elmstahl S, Minthon L, Nilsson PM, Pihlsgard M, Tufvesson E et al. Nonlinear association between pulse wave velocity and cognitive function: a population-based study. *J Hypertens* 2014; 32: 2152-2157.
- 39) Casiglia E, Spolaore P, Ginocchio G, Colangeli G, Maschio O, Marchioro M et al. Proteinuria predicts mortality among elderly but not among «very old» subjects. *J of Nephrol* 1993; 5: 89-93.
- 40) Casiglia E, Tikhonoff V, Mazza A, Rynkiewicz A, Limon J, Caffi S et al. C-344T polymorphism of the aldosterone synthase gene and blood pressure in the elderly: a population-based study. *J Hypertens* 2005; 23: 1991-1996.

- 41) Friedewald WT, Levy RI, Frederickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparation ultracentrifuge. *Clin Chem* 1972; 18: 499-502.
- 42) Uen S, Fimmers R, Brieger M, Nickenig G, Mengden T. Reproducibility of wrist home blood pressure measurement with position sensor and automatic data storage. *BMC Cardiovasc Disord* 2009 (DOI: 10.1186/1471-2261-9-20).
- 43) Mourad A, Gillies A, Carney S. Inaccuracy of wrist-cuff oscillometric blood pressure devices: an arm position artefact? *Blood Press Monit* 2005; 10: 67-71.