

---

# TILLÄMPNING AV VIBRATIONER PÅ MÄNNISKOKROPPEN

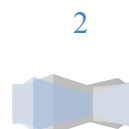
## Information vetenskaplig

---

# INDEX

---

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduktion                                                                                                       | 4  |
| <b>1. Vad är vibration?</b>                                                                                        | 5  |
| <b>2. Neurofysiologi för vibrationsförmålor: receptorer i människokroppen</b>                                      | 7  |
| <b>3. Klassificering av vibrationer</b>                                                                            | 9  |
| 3.1. Skillnaden mellan vibration och elektrostimulering                                                            | 9  |
| <b>4. Mekanisk vibration som en form av proprioceptiv stimulering</b>                                              | 10 |
| <b>5. Utveckling inom studier av mekaniska vibrationer tillämpade på kroppen</b>                                   | 13 |
| <b>människa</b>                                                                                                    |    |
| 5.1. FV: Den vetenskapliga vägen                                                                                   | 15 |
| 5.1.1. vibration mekanisk fokal (FV) och receptorer nerver muskulotendinös                                         | 16 |
| 5.2. MFV: Struktur utformad för att skapa positiva effekter som induceras av multipla vibrationer                  | 18 |
| fokal mekanik                                                                                                      |    |
| <b>6 Ett nytt protokoll för att applicera vibrationer på människokroppen: Repetitive Muscle Vibration (rMV)</b>    | 19 |
| 6.1 Den första studien på friska försökspersoner om potentialen hos rMV: Action av rMV på kontrollen av ledstyhhet | 20 |
| 6.2 Neurofysiologiska korrelat                                                                                     | 21 |



---

|                 |                                                                              |           |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b>        | <b>vibrationernas positiva effekter på människokroppen</b>                   | <b>24</b> |
| <b>Effekter</b> |                                                                              |           |
| 7.1             | Effekter på hormonsystemet                                                   | 25        |
| 7.2             | Effekter på det muskuloskeletala systemet                                    | 26        |
| 7.3             | Effekter på benvävnad                                                        | 27        |
| 7.4             | Effekter på äldre personer                                                   | 30        |
| 7.5             | Effekter på fetma och benskörhet                                             | 32        |
| 7.6             | Effekter vid smärtbehandling                                                 | 32        |
| 7.7             | Effekter på blodcirkulationen                                                | 33        |
| <b>8</b>        | <b>Forskning och tillämpning av vibration mekanisk från del av</b>           | <b>35</b> |
|                 | <b>Italian Universities:</b> Congress report of 13 December 2008 appeared on |           |
|                 | "Paginemediche.it"- Enkla upprepade mekaniska vibrationer ökar hjärnans      |           |
|                 | funktion och förbättrar kontrollen av ledmusklerna.                          |           |
|                 | <b>Bibliografi</b>                                                           | <b>38</b> |



## INLEDNING

Allt i universum vibrerar. Människan påverkas också av denna verklighet, som manifesterar sig utanför och inuti henne. Vibrationer är en livskraft. När det gäller människor kan vibrationer delas in i två grundläggande områden: fördelaktiga vibrationer och skadliga vibrationer.

I det oändliga spektrumet av vibrationer ligger människans perception i ett band som går från Esteroception, via sensorialitetens frekvenser (de fem sinnena), till Proprioception, via resonansfrekvenserna i de egna cellerna och organen. Livets påfrestningar och de vibrationer som uppstår till följd av dem påverkar påtagligt välbefinnandet och hälsan. Negativa sådana är t.ex. stress (introception) och buller (externotion).

Värdet av vibrationsterapi har varit känt sedan urminnes tider. Den har tillämpats genom ljud, föremål som slår mot kroppen och visuella effekter genom färger.

Under det senaste decenniet har vetenskapen genom forskning lyckats ge mekaniska vibrationer ett terapeutiskt ansikte med stora positiva resultat för människors hälsa. Mekaniska vibrationer har öppnat dörren till en verklig global terapi för människan.



## Kapitel 1

### VAD ÄR VIBRATION?

Termen "vibration" beskriver en oscillationsliknande rörelse runt en referensposition med regelbundna intervall.

Antalet kompletta cykler under en tidsenhet, t.ex. en sekund, kallas frekvens. Frekvensen mäts i Hertz (Hz). Hertz anger hur många svängningar (vibrationer) som sker under en sekund. Det vi är intresserade av är mekaniska vibrationer.

Med "mekanisk vibration" avses framför allt en mekanisk svängning kring en jämviktspunkt. Det bör också tydligt anges att nyligen införda termer **som "vibrationsenergi" inte har någon vetenskaplig betydelse.**

Oscillation är den rörelse som en rörlig punkt gör för att röra sig bort från och tillbaka sin startposition: i själva verket hänvisas ofta till små rörelser runt jämviktspositionen. Oscillatoriska rörelser kan ske periodiskt eller växelvis.



Om man observerar ett föremål i vibrationsrörelse (bilden ovan) kan se periodiska rörelser; tiden mellan två passager av en punkt till referensläget (jämvikts- eller utgångsläget) kallas period (eller cykel) [s].

Storleken på svängningarna kallas amplitud. Antalet svängningar per tidsenhet utgör frekvensen.

Varje dag utsätts människokroppen, medvetet och omedvetet, för olika typer av vibrationer, från de som alstras av en bil eller ett tåg till de som alstras av en bil eller ett tåg. från industriella maskiner eller verktyg som t.ex. tryckluftshammare, bormaskiner etc.

Låg-, medel- och högfrekventa vibrationer kan ha både positiva och negativa effekter på kroppen. Att utsättas för vibrationer kan få allvarliga återverkningar



på människokroppen, beroende på typen av svängning och den exponeringstid som kroppen utsätts för. **Avgörande är amplituden på kontaktytan med det vibrerande föremålet, vibrationens frekvens, amplituden (överförd vågeffekt), exponeringstiden och vibrationens utbredningsriktning.**

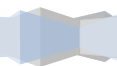
De negativa effekterna är relaterade till de energivågor som överförs från den vibrerande källan till den kropp som utsätts för exponering: dessa orsakar olika effekter på vävnader och organ innan de dämpas.

Människokroppen, liksom alla andra maskiner, kan bara tolerera vissa energinivåer (chockvågor) av vibrationer, över vilka den börjar försämrats och drabbas av långsiktiga skador.

**Människokroppen vibrerar inte som en enda massa med en naturlig frekvens, utan organen och varje enskilt segment i människokroppen har sin egen resonansfrekvens.** Detta leder till att de ingående vibrationerna förstärks eller dämpas av varje del av kroppen, beroende på dess egen resonansfrekvens.

spridning av ljud och oljud överförs energi i form av tryckvågor i luften: när det gäller vibrationer uppträder energi i form av vågor som sprids i en fast struktur. En kropp vibrerar när den beskriver en oscillerande rörelse runt ett statiskt jämviktsläge.

Exponering av hand- och armsystemet för vibrationer är t.ex. korrelerat med en ökad risk för vaskulära, neurologiska och muskuloskeletala skador på själva hand- och armsystemet (t.ex. tryckluftshammare).



## Kapitel 2

### NEUROFYSIOLOGI FÖR VIBRATIONSFÖRNIMMELSER: RECEPTORER I MÄNNISKOKROPPEN

Vibrationsuppfattning är i själva verket en mekanisk typ av känslighet och involverar därför receptorstrukturer som är känsliga för den mekaniska stimulansen, mekanoreceptorerna (Mouncastle och Rose, 1959 <sup>1</sup>). **Mekanoreceptorer är mikrostrukturer med olika funktioner som tar emot vibrationssignaler från olika delar av kroppen.**

Ur anatomisk-strukturell synvinkel är mekanoreceptorerna utrustade med både myeliniserade fibrer av olika kaliber och amyeliniserade fibrer och finns i olika **typer** av vävnad, såsom **hud, muskelvävnad, benhinnor, ledkapslar och ligament.** **Muskelmekanoreceptorer deltar särskilt i de reflexmässiga responsfenomen som uppstår vid sträckning av muskel-senenheten.**

Dessa typer av mekanoreceptorer utgör högt specialiserade strukturer och kallas "anulo-spiraländarna" i de neuromuskulära spindlarna. Ur funktionell synvinkel är de kopplade till myeliniserade fibrer tillhör Lloyds grupp Ia; dessa uppvisar en hög ledningshastighet på cirka  $100 \text{ m/s}^{-1}$  och reagerar selektivt på stimuli av vibrationstyp med frekvenser på 90-150 Hz (Hagbarth, 1973 <sup>2</sup>).

**På hudnivå kan dessutom fyra andra typer av mekanoreceptorer identifieras** hos människan med hjälp av mikroneurografiska tekniker, vilka kan klassificeras på basis av receptorfältets anpassning och storlek (Johansson och Valbo, 1983 <sup>3</sup>). Det är dock **inte alla av de fyra identifierade receptortyperna som visar sig vara känsliga för vibrationer**, och även de som **visar sig vara mottagliga för vibrationsstimulans uppvisar skillnader i respons beroende på frekvensen hos själva vibrationsstimulansen** (Mountcastle et al., 1969 <sup>4</sup>).

Mountcastle et al (1969) klassificerade, efter studier på djur, de receptorenheter som ansvarar för den **sensoriska mottagningen av tremor-vibrationsstimulansen** i tre klasser, som skiljer sig från varandra på grundval av typen av nervterminering, området för receptorns verkningsfält, de adaptiva egenskaperna och den dynamiska känsligheten.

**De tre klasser av mekanoreceptorer som identifierats på detta sätt är**

7



- **Mekanoreceptorer** med **snabb anpassning** är känsliga för rörelse. De finns huvudsakligen i **läderhuden** och motsvarar **Meissners korpuskler**, även kallade FA-1 (Fast Adaptation-1).
- **Mekanoreceptorer** med **långsam anpassning**, som också **finns i dermis**, motsvarar **Merkels skivor** eller SA-1 (Slow Adaptation-1). De visar mottaglighet både för rörelse och för intensiteten i det mekaniska stimulus som de utsätts för.
- **Pacinis blodkroppar** eller FA-2 (Fast Adaptation-2), som ligger i **den subkutana vävnaden**.

Studier som utfördes av Cosh <sup>5</sup> (1953) på tröskelvärde för vibrationsförnimmelser före och efter hudbedövning visade att receptortröskelvärde för vibrationskänslighet ligger på **subkutan nivå**. Av detta skäl kan **Pacinis blodkroppar** i alla avseenden betraktas **som de mekanoreceptorer som är mest involverade i vibrationsförnimmelser**. För att bekräfta denna hypotes bör det understrykas att tröskelvärde för vibrationsförnimmelser höjs hos äldre personer samtidigt som Pacini-kropparna försvinner (Cauna och Mannan, 1958 <sup>6</sup>).

När det gäller de mekanoreceptorer som finns i **läderhuden** är det **Meissner-kropparna** som spelar **den mest relevanta rollen** för **vibrationsuppfattningen**, men de uppvisar en selektiv aktivering för **lågfrekventa vibrationsstimuli**, mellan **5 och 40 Hz** (La Motte och Mountcastle, 1975 <sup>7</sup>). I detta avseende bör man komma ihåg att **psykofysisk på liminal nivå uppfattar lågfrekventa vibrationer, runt ett värde på 40 Hz, som en tremorförnimmelse**, även kallad **"fladder"** (Talbot et al., 1969 <sup>8</sup>). **För vibrationer med högre frekvens**, i storleksordningen cirka **100 Hz**, uppfattas **däremot en verklig vibrationskänsla**. Av denna anledning är det rimligt att tillskriva uppfattningen av **fladdereffekten** till Meissner-kropparna, vars optimala mottagning ligger i intervallet mellan 5 och 40 Hz, medan uppfattningen av den vibrerande stimulansen i huvudsak skulle tillskrivas Pacini-kropparna, som uppvisar en optimal vibrationsfrekvens runt 100 Hz, även om deras mottagningsområde i själva verket sträcker sig från 90 till 600 Hz (Loewenstein och Skalak, 1966 <sup>9</sup>).



## Kapitel 3 KLASSIFICERING

### AV VIBRATIONER

Vibrationer kan klassificeras enligt flera olika parametrar.

Förutom frekvensen kännetecknas vibrationer också av andra, om än mindre avgörande, närbesläktade parametrar, t.ex. amplitud, hastighet och acceleration.

Acceleration är en viktig parameter för att utvärdera kroppens reaktion på vibrationer, eftersom människor känner förändringen i en stimulans mer än dess fortsättning.

**För att uppnå maximal effekt måste man ta hänsyn till exponeringens varaktighet, det område där vibrationerna ges, den avgivna resonansfrekvensen, den ergonomiska faktorn (den posturala positionen), det psykologiska tillståndet och miljöfaktorer.**

Man måste därför ta hänsyn till vibrationens användningsområde. Av denna anledning kan vibrationer delas in i:

- vibrationer som överförs från en enda källa till hela kroppen;
- vibrationer med flera källor och som involverar hela kroppen.

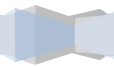
### 3.1 SKILLNADEN MELLAN ELEKTROSTIMULERING OCH VIBRATION

Elektrostimulering verkar vara fruktbart i posttraumatisk, postoperativ eller som massage för att återaktivera initial funktion eller för användning av smärtstillande strömmar som TENS.

Vi talar inte om prestationsrelaterade fördelar och korrekt biomekanisk funktion.

**Till skillnad från vibration är den muskulära responsen vid elektrisk stimulering begränsad. Dessutom innebär den inte stimulering proprioceptiva system i muskler, senor och leder, elektrisk stimulering inte påverkar Pacinis och Meissners mekanoreceptorer på samma sätt som mekanisk stimulering.**

Medan mekanisk vibration aktiverar hela muskelsystemet genom 9 proprioceptiva systemet, erhåller elektrostimulatoren endast kontraktion av agonistmusklerna, vilket resulterar i en brist på stimulering av det proprioceptiva systemet till nackdel för de viktiga funktionerna för intermuskulär koordination.



## Kapitel 4

### MEKANISK VIBRATION SOM EN FORM AV PROPRIOCEPTIV STIMULERING

Den ryske fysiologen Pavlov visade 1927 att en lämplig association av två lämpliga stimuli kunde förändra vissa motoriska och/eller beteendemässiga funktioner hos katten (associativa neuronala betingningsparadigm, för temporal association av två stimuli). Senare definierades detta fenomen på cellnivå och vi kom att tala om **långtidspotentiering (LTP), dvs. en långsiktig (månader) förstärkning av utvalda nervnätverk.**

Varje år publiceras flera hundra vetenskapliga publikationer som visar på en mängd olika metoder för att framkalla LTP-fenomen i neuronala nätverk. **Effekterna av associativ betingning kännetecknas av en varaktighet på veckor eller månader i motsats till minuter eller timmar av betingning,** en stor amplitud av effekter och helt fysiologiska mekanismer eftersom dessa förfaranden endast kan aktivera fysiologiska mekanismer. Mot bakgrund av detta verkade det vara möjligt att framkalla en **form av LTP i det proprioceptiva nätverket och därmed snabbt förbättra muskelprestationen på lång sikt med hjälp av en mycket enkel och helt icke-invasiv metod.**

Under de senaste 10 åren har flera forskargrupper, som tillhör **olika universitetsinstitut** (*Department of Science of the Locomotor Apparatus and School of Sports Medicine University of Rome "La Sapienza", Chair of Physical Medicine and Rehabilitation. Department of Internal Medicine, Section of Human Physiology och Department of Medical and Surgical Specialties, Section of Orthopaedics, University of Perugia, Institute of Human Physiology, Catholic University of Rome, Department of Science and Society, Faculty of Motor Sciences, University of Cassino*) försökt identifiera en mekanisk vibrationsstimulans som dels inte orsakar några skador, dels har terapeutiska effekter **genom att påverka det proprioceptiva kontrollnätverket.**

Detta ledde till forskning om användningen av sekvenser av mekaniska mikrostimuli, som uppfattas som vibrationer av patienten, men som i själva verket utgör **en kod som kan läsas av det centrala nervsystemet och som markant kan förbättra utvalda motoriska funktioner.** Det har konstaterats att denna mycket enkla och helt icke-invasiva procedur **inducerar en form av LTP i det proprioceptiva nätverket, vilket förbättrar snabb och långsiktig muskelprestanda.**

Nyligen utförda undersökningar visar att det finns två aspekter: för att få bestående effekter måste mekanisk vibration pågå under tillräckligt lång tid (10-15 minuter). det gäller ökningen



av muskeltonus i gravitationsmusklerna måste den mekaniska vibrationen ha en frekvens<sup>(10)</sup> som det proprioceptiva kretssystemet verkar särskilt känsligt för (90-120 Hz), och måste administreras till avslappnade muskler. För att stärka skelettmusklerna krävs dessutom, förutom den signal som den mekaniska vibrationsstimuleringen ger upphov till, att patienten medverkar genom att kontrahera målmusklerna. Den mekaniska stimuleringen är därför förknippad med en samtidig frivillig kontraktion av den stimulerade muskeln: på detta sätt når två samtidiga stimuli muskelkontrollnätverket, en inducerad av patienten och den andra som ges av vibrationen.

Den ideala applikationen utvecklas i 3 behandlingar på 10 minuter per dag under 3 på varandra följande dagar. Varje session bör avbrytas med 3 till 10 minuters muskelavslappning och upphävande av den vibrerande stimulansen (cykeln med 3 sessioner kan utföras inom tidsram på 45 minuter per dag under 3 på varandra följande dagar). Resultaten av denna forskning har presenterats vid konferenser<sup>11</sup>.

De ensidiga effekterna på friska försökspersoner och den snabba effekten (24 timmar) hos ortopediska patienter tyder på att behandlingen har en direkt inverkan på det centrala nervsystemet. Återhämtningen av stabilitet på ett ben med slutna ögon hos patienter med ACL-rekonstruktion (främre korsband) gör det dessutom möjligt för oss att dra slutsatsen att **den utförda behandlingen modifierade analysen av den proprioceptiva informationen. Att effekterna kvarstår tyder slutligen på att det faktiskt har skett en induktion av plastiska förändringar i det proprioceptiva kretsloppet.** Inga biverkningar observerades någonsin.

**Detta är en helt ny väg som syftar till att "omprogrammera" (nästan som en slags datoruppgradering) nervnätverken för muskelkontroll.** Detta nya område inom träning (sport, men även rehabilitering) bygger på en grundläggande princip: **muskelprestanda beror inte på den tillgängliga muskelmassan, utan på hur den hanteras.**

Ett makroskopiskt exempel är sprinters: Mennea och hans samtida hade en muskelmassa som var mer än 50 procent lägre än dagens sprinters, men deras tider var mycket svåra att slå. De var mycket effektivare muskelmaskiner än dagens sprinters. Orsaken till detta har länge varit känd inom neurofysiologin: deras nervsystem kunde styra musklerna optimalt, och deras träning syftade till att göra prestationen smidig för att uppnå maximal effektivitet.

**Idag, tyvärr med hjälp av kemi, eftersträvas mer kraft för den kontraktila massan men prestationen blir mindre och mindre effektiv.**

11



**Eftersom effektiviteten därför beror mycket mer på kontrollen av muskelmassan än på dess volym, är det viktigt att öka denna funktion.** Det finns tekniker, baserade på bearbetning av mekaniska vibrationssignalsekvenser, som är utformade för att uppnå former av LTP (Long Term Potentiation) på specifika nervfunktioner. Tack vare dessa tekniker är det möjligt att agera direkt på neuromuskulär kontroll med utomordentligt kraftfulla effekter (ökningar på flera tiotals procentenheter), snabba (med tillämpningar på några minuter som upprepas under korta perioder) och ihållande (veckor eller månader).

Anmärkningsvärt är att detta nya system inte bara ger ganska imponerande effekter i storlek, utan också tar formen av en metod som är antitesen till doping. Doping innebär nämligen att utövaren pressas till att överskrida sina egna möjligheter och förbrukar mycket mer energi organismen är villig att göra. Att förbättra den motoriska kontrollen innebär å andra sidan att optimera den atletiska gesten, vilket gör det möjligt att spara energi i varje rörelse och därmed möjliggöra ett större antal rörelser med samma energiförbrukning.

**Den förbättrade kontrollen gör att du kan koncentrera och uttrycka explosiv kraft utan att öka den:** prestationen förbättras genom bättre muskelhantering.



## Kapitel 5

### UTVECKLING INOM STUDIER AV MEKANISKA VIBRATIONER TILLÄMPADE PÅ MÄNNISKOKROPPEN

Cykliskt återuppväcks intresset för möjliga terapeutiska eller idrottsliga tillämpningar av mekanisk vibration i den vetenskapliga världen, och denna forskning har under årens lopp resulterat i en imponerande litteratur.

**Det första vetenskapliga arbetet** med att använda vibrationer i terapeutiskt syfte på människor (s.k. terapeutisk vibrationsträning) **går tillbaka till 1949**, då **Whedon et al.** rapporterade om de **positiva effekterna** av att använda vibrationer som genererades av en speciell oscillerande säng på metaboliska abnormiteter hos sängliggande patienter i gipsavgjutningar.

En efterföljande experimentell studie (Hettinger, 1956) visade att administrering **av vibrationer med en frekvens på 50 Hz och en acceleration på 10 g kunde öka muskelns tvärsnittsarea samt minska fettvävnaden i själva muskeln.**

Inom det rent terapeutiska området, nästan fyrtio år senare, patenterade Schiessl (1997) användningen av en maskin som kunde generera svängningar av rotationstyp, samtidigt som Fritton et al (1997) utvecklade en maskin baserad på svängningar av translationstyp (en teknik som senare övergavs på grund av dess dåliga resultat). I båda fallen var tillämpningsområdet för dessa apparater att försöka **stimulera bentillväxt tack vare specifika frekvenser som vi kan definiera som "osteogena".**

Ett år senare **visade** experimentellt arbete av **Flieger et al (1998)** att **det hos djur som utsattes för vibrationer fanns en ökning av benproliferationen.**

**Från 1994 och fram till idag** har **professor C. Rubin** inriktat sina studier på att förstå de cellulära mekanismer som ansvarar för **bentillväxt, läkning och homeostas**, och i synnerhet på att analysera hur biofysiska stimuli (mekaniska och andra) förmedlar dessa reaktioner<sup>12</sup>. Resultaten av hans arbete visar hur dessa stimuli **hämmar osteopeni**, främjar bentillväxt i proteser eller i skelettdefekter och till och med **påskyndar läkningen av frakturer.**

Fram till 1987 var dock alla studier som rörde mekaniska vibrationer inriktade på  effekter skelettsystemet, därav behandling av osteoporos och återhämtning efter trauma,

benavkalkning, bendegeneration och minskad kalcifikation hos astronauter. Det var först i slutet av 1980-talet som de första studierna presenterades om möjligheten att **öka den kontraktila kapaciteten hos muskler som utsätts för vibrationsstress** (Nazarov och Spivak, 1987). Sedan dess har forskningen inom detta specifika område blivit allt mer omfattande och fördelarna med kontrollerade vibrationer började analyseras även ur muskulär synvinkel.

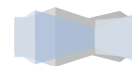
Ryssarna Nazarov och Spirav arbetade för den ryska regeringen och deras vibrationsstudier användes för att stödja astronauternas gymnastiska aktiviteter i rymden. I början av 1990-talet lyckades amerikanerna vistas i rymden i högst 120 dagar och hade alltid svåra muskel- och benproblem, medan de ryska astronauterna lyckades slå rekord efter rekord genom att stationera två astronauter i rymden på omloppsstationen MIR i 450 dagar.

Sedan dess har forskningen inom detta specifika område blivit mer detaljerad, främst tack vare de studier som utförts **av professor Carmelo Bosco, en av de största företrädarna för studien av människokroppens respons på mekaniska vibrationer**. Han utarbetade en träningsmetod (AV - Vibratory Training) som kan förbättra kraften, motståndet och hastigheten hos den undersökta personen att utföra enkla övningar på en vibrerande plattform med vissa frekvenser, vilket också gör det möjligt att behandla äldre skadade utan att behöva ta till obehagliga omskolningsterapier <sup>13</sup>.

**År 2007** publicerades en artikel som samordnats av fakulteten för idrottsvetenskap vid universitetet i Lyon (Frankrike) och Interfaculty School of Sport Sciences i Turin i tidskriften "New athletic Research in Science Sport" (Bisciotti, 2007). <sup>14</sup> I artikeln sägs följande:

*"Effekterna av kontrollerad tillförsel av vibrationer på människokroppen har varit kända sedan 1949, då det första vetenskapliga arbetet inom detta specifika område publicerades. Det var dock inte förrän fyrtio år senare som vibrationernas terapeutiska värde erkändes vetenskapligt med avseende på deras osteogena effekt, vilket motiverar deras tillämpning inom geriatrisk medicin i allmänhet och vid vissa specifika patologier som osteoporos. Dessutom har de fysiologiska effekterna av vibrationer nyligen utnyttjats för att framkalla särskilda anpassningar i form av ökad kontraktil styrka i olika avseenden, även inom idrottsområdet. Ett annat, om än inte särskilt välkänt, terapeutiskt område för vibrationer är funktionell rehabilitering. Syftet med denna artikel är att illustrera de neurofysiologiska principerna för vibrationsarbete."*

Idag kan vi **definiera två former** mekaniska vibrationer kan nå våra kroppar:



1. Den förstnämnda typen kan kraftfullt och selektivt stimulera vissa typer av nervreceptorer som är involverade i motorisk kontroll. Den är därför begränsad till enstaka muskler eller små grupper av angränsande muskler och kallas därför **Focal Vibration (FV)**;
2. Den andra formen involverar hela kroppen. Den tillämpas med hållning i fullständig funktionell avlastning, med leder i avkapacitering. Den appliceras på exakta punkter, med riktade frekvenser. Denna tillämpning, med begränsad bestrålning och i symmetriska punkter, orsakar inte generering och spridning av låga harmoniska frekvenser, som är skadliga för människokroppens strukturer, utan innebär endast stimulering av hudens mekanoreceptorer. Denna form kallas **Multi Focal Vibration (Keope MFV)**.

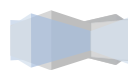
## 5.1 FOKAL VIBRATION (FV): DET VETENSKAPLIGA SPÅRET

PV möjliggör en mycket exakt användning av vibrationsstimulansen. Det används ofta inom forskningen för att aktivera det proprioceptiva systemet i enskilda muskler eller leder. Försök har länge gjorts att använda den för terapeutiska ändamål, eftersom dess verkan på neuromuskulära spindlar är välkänd<sup>15</sup>.

Medan den vibrerande plattformen har en massiv spridning längs kroppen, bestämd av en enda källa belägen i plantarområdet, förblir PV och MFV begränsade till små områden, vilket förhindrar det typiska fenomenet med utbredningen av mekaniska signaler genom inhomogena strukturer såsom biologiska vävnader (fett, hud, muskler, ben, brosk, bindväv etc.), dvs. förvrängningen av den applicerade signalen. Vid PV och även vid MFV är det känt vilken signal som används, vilka nervändar som stimuleras och vilken signal som når centrum.

Under de senaste åren har man identifierat ett antal parametrar i PV som kan ge bestående förändringar av den motoriska kontrollen. Forskningen har framför allt lyft fram **tre relevanta aspekter**:

1. Som redan har dokumenterats utförligt av många författare<sup>16</sup> måste vibrationsfrekvensen vara en "ren" signal som består av en enda harmonisk, dvs. en enda frekvens som kan ge upphov till ett "drivande" fenomen;
2. Effekterna kvarstår endast om en ren frekvens mellan 90 och 120 Hz <sup>17</sup> används (när det gäller stimulering av muskeltonus);
3. Effekterna kvarstår om stimuleringen fortsätter i minst 10 minuter <sup>18</sup>. Dessutom kan PV och MFV modifiera den kortikala excitabiliteten i området <sup>15</sup> primärdrivning, både under vibrationen och efter vibrationens slut <sup>19</sup>. Vissa forskargrupper har därför tagit sig an problemet på ett systematiskt sätt,



för att definiera ett tillämpningsprotokoll som kan ge upprepningsbara resultat och som därmed kan bedömas i de underliggande mekanismerna <sup>20 21 22 23</sup>.

### 5.1.1 FOKAL MEKANISK VIBRATION (FV) OCH MUSKULOTENDINÖSA NERVRECEPTORER

Muskler och senor har två typer av nervreceptorer som innerveras av fibrer av medelstor och stor kaliber, dvs. med hög ledningshastighet, de neuromuskulära spindlarna och Golgi Tendon Organ (GTO).

Den förstnämnda skulle med hjälp av känsliga fibrer som konventionellt kallas Ia (primär, med ledningshastighet mellan 72 och 120 m/s) och II (sekundär, med ledningshastighet mellan 24 och 72 m/s) ha funktionen att kontrollera hastigheten och omfattningen av muskelfibrernas förlängning eller förkortning<sup>24</sup>.

De senare, vars nervfibrer kallas Ib (med en ledningshastighet på mellan 72 och 120 m/s), anses vara utformade för att upptäcka de påfrestningar som utvecklas av enskilda motoriska enheter <sup>25</sup>.

År 1963 visade professor R. Bianconi, den första professorn i humanfysiologi vid Roms katolska universitet, hur mekanisk vibration, applicerad på en enda muskel med lämpliga amplituder och frekvenser, selektivt kunde aktivera primära (Ia) och sekundära (IIb) spindelaferenter eller GTO, beroende på stimulusens egenskaper.

Dessutom visade det sig inte bara att det var möjligt att aktivera utvalda receptorklasser på ett helt icke-invasivt sätt, utan en annan aspekt av utomordentlig betydelse för forskningen framhövs också: **på grund av vissa egenskaper hos frekvensen och amplituden hos den applicerade vibrationen genererar dessa receptorer frekvenser av aktionspotentialer som är trogna frekvensen hos den applicerade vibrationen, vilket leder (det "drivande fenomenet") de aktiverade afferenterna till en urladdningsfrekvens som är identisk med stimuleringsfrekvensen** <sup>26 27</sup>.

Driving" gör det möjligt att driva en PRIMÄR FUSAL AFFEKTION vid frekvenser på 20, 30 eller 100 Hz genom att applicera vibrationer vid frekvenser på 20, 30 eller 100 Hz, utan att behöva använda elektriska stimuli eller kirurgiskt isolera nervfibrer, utan helt enkelt genom att applicera en mekanisk vibration på en enda muskel.

Med lämpliga frekvenser och amplitud av vibrationer är det möjligt både välja aktiverade afferenter och bestämmer frekvensen av aktionspotentialer som skickas till det centrala nervsystemet.



För första gången kunde frekvenser av fördefinierade aktionspotentialer skickas till specifika centra i det centrala nervsystemet (de som arbetar med hjälp av information från spindlarna och GTO:erna) och välja vibrationsparametrarna på lämpligt sätt, samtidigt som man följde icke-invasiva aktiveringslägen och fysiologiska afferenta banor. Detta var en radikal förändring av stimuleringsmetoderna för känsliga nervbanor jämfört med de metoder som används för bioelektrisk stimulering av hela nervstammar eller till och med enskilda fibrer, vilka är mycket icke-fysiologiska och ospecifika.



## 5.2 MULTI FOKAL VIBRATION (KEOPE MFV)

### STRUKTUR UTFORMAD FÖR ATT SKAPA POSITIVA EFFEKTER SOM FRAMKALLAS AV FLERA FOKALA MEKANISKA VIBRATIONER

År 1991 påbörjade och avslutade forskningscentret för mänskligt beteende (Centro di Ricerca sul Comportamento Umano - Centro A.M. di Sirtori - LC) arbetet med att konstruera en idealisk ergonomisk struktur för att applicera vibrationer på människokroppen.

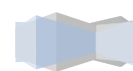
Människokroppen kan betraktas som ett system med  $n$  frihetsgrader, den vibrerar inte som en enda massa med en enda naturlig frekvens, utan varje massa, dvs. var och en av dess delar har sin egen specifika resonansfrekvens, och därför **kan inte vibrationsapplikationen utföras med utgångspunkt från en enda punkt i kroppen och sedan sprida effekterna till resten av kroppen**. Detta ger inte bara inte de önskade resultaten, utan genererar negativa effekter på hela organismen.

**Det optimala uppnås genom att vibrationerna lokaliseras till specifika kroppsområden på ett mycket exakt sätt, så att vibrationens effekt fokuseras till det önskade området**, där det sedan är nödvändigt att applicera **vibrationerna** och undvika onödig spridning. Som förklarades i föregående kapitel är just detta centrala elementet bakom fokal applicering.

Under de senaste åren har AM-centret identifierat ett **nytt sätt att använda vibrationer** på människokroppen: Multi Focal **Vibration**, som fungerar genom **mekanisk vibration vid riktade frekvenser** som appliceras **på specifika områden i kroppen**, motsvarande exakta infästningar av ; **områden som involverar hela det muskuloskeletala systemet**.

Detta möjliggjordes av en tidigare uppfinning: Keope, den enda väsentliga ergonomiska strukturen som gör **det** möjligt för människokroppen att inta **en hållning i fullständig funktionell avlastning**. Denna struktur minimerar kroppskontakten, vilket eliminerar onödig kompression och förbättrar blodcirkulationen, lungventilationen och minskar hjärtarbetet. Dessutom gör denna struktur **det möjligt att använda vibrationer för att avkapacitera kotleder och stora leder**.

Genom att använda ett antal mikrovibratorer i specifika områden med riktade frekvenser kan man maximera vibrationernas positiva effekter, som har påvisats i flera vetenskapliga undersökningar under de senaste åren.



## Kapitel 6

### ETT PROTOKOLL FÖR ATT APPLICERA VIBRATIONER PÅ MÄNNISKOKROPPEN

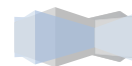
Som vi påpekade i de föregående kapitlen har det varit känt i mer än 40 år att mekanisk vibration lokaliserad till enskilda muskler kan aktivera de muskulotendinösa proprioceptorerna på ett kraftfullt sätt. Eftersom denna stimulering är helt smärtfri och icke-invasiv har man under lång tid försökt använda denna metod för att förbättra den motoriska kontrollen. Förbättringarna, när de fanns, försvann dock några ögonblick efter att vibrationen avslutats.

Nyligen har man identifierat vibrationsparametrar och ett applikationsprotokoll som kan framkalla plastiska, och därmed bestående, förändringar i den motoriska kontrollen. Dessa resultat öppnar nya och oanade möjligheter för rehabilitering, eftersom kontrollen av ledstyvhet till stor del undgår vårt medvetande, vilket utgör ett allvarligt hinder för sjukgymnastens arbete.

**Institute of Human Physiology, Catholic University of the Sacred Heart i Rom, och Institute of Physical Medicine and Rehabilitation University La Sapienza i Rom** genomförde en serie experiment.

Resultaten visade att exponering för sådana vibrationer under 10 minuter, tre gånger om dagen under tre dagar i följd, är tillräckligt för att uppnå maximal effekt med kortast möjliga appliceringstid. Det observerades också att 30 minuters kontinuerlig vibration, utan ens ett mycket kort intervall, minskar effekterna markant, förmodligen på grund av tillvänjningsfenomenet. På grund av denna repetitiva vibrationsexponering introducerades namnet rMV (Repetitive Muscle Vibration).

Slutligen är effekterna endast märkbara om försökspersonen håller den muskel som ska behandlas i en lätt frivillig, isometrisk kontraktion under hela den period då vibrationen är aktiverad. Ursprungligen valdes detta tillstånd för att underlätta överföringen av den mekaniska vibrationen i muskelsammanhang, tack vare ökade styvhet som induceras av muskelkontraktionen och för att öka känsligheten hos de neuromuskulära spindlarna genom den samtidiga aktiveringen av gammakretsarna. Därefter tillskrevs det denna aspekt av protokollet en mycket större roll.



## 6.1 DEN FÖRSTA STUDIEN PÅ FRISKA FÖRSÖKSPERSONER OM POTENTIALEN OF rMV: rMV:s inverkan på kontroll av ledstyhhet

En dubbelblind studie, som avgörande för att definiera effekterna och förstå verkningsmekanismerna för detta särskilda integrerade system, bestående av ett protokoll och en "ad hoc"-anordning, genomfördes på friska försökspersoner<sup>28</sup> genom att applicera rMV på Quadriceps-muskeln.

Studien tyder på att långvarig vibration kan ge en bestående förändring (tester utförda 15 dagar efter behandlingen) av den motoriska kontrollen i den behandlade huvudleden. I synnerhet visade försökspersonerna en markant ökning (+40%) i utmattningsresistens vid upprepad träning (benförlängningsrörelser under belastning).

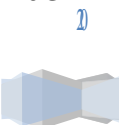
Denna ökning tillskrevs en förbättrad kontroll av , som orsakades av en minskad impedans i leden till följd av muskelkoaktiveringar. Den parallella minskningen av stigtiden för den maximala isometriska kontraktionskraften (som förblev oförändrad före och efter behandlingen) tillskrevs den finare ledstabiliseringen, som manifesterades av den sannolika minskningen av koaktiveringar, vilket gjorde det möjligt för nervsystemet att explodera Quadriceps-kraften mer effektivt.

Sammanfattningsvis presenterade protokoll som utarbetats några helt nya effekter och föreslog möjliga mekanismer. Det påpekades särskilt att:

1. applicering av en vibration med låg amplitud ( $< 0,1$  mm), vid 100 Hz, under 10 minuter i följd, 3 gånger om dagen, under 3 dagar i följd, kan framkalla viktiga och bestående förändringar i motorisk prestanda.
2. rMV verkar verka direkt på den motoriska , vilket ökar ledkontrollen och i synnerhet kontrollen av ledstyhhet.

De innovationer som introducerades genom denna studie var verkligen iögonfallande, i själva verket beskrev denna första studie ett integrerat system som består av ett protokoll och en särskild instrumentering som kan inducera effekter på motorisk kontroll som varar minst 15 dagar och med stor intensitet på bara 90 minuter.

Verkningsmekanismen verkade dessutom ligga i en modifiering av kontrollen ledstelhet, alltså i en direkt verkan på det centrala nervsystemet och på en parameter: **ledstelhet**. Ledstelhet är en av de mest komplexa och  
bestämningsfaktorer i motorisk kontroll. I synnerhet är kontrollen av ledstyhhet kärnan i motorisk rehabilitering och hanteras helt utanför kontrollen av



frivillig och därför endast kan ändras av terapeuten genom indirekta och därför svåra, tidskrävande och osäkra vägar.

Det är en aspekt som påverkar nästan alla motoriska patologier, man tänker på spasticitet eller muskulär hypotoni (respektive överskott och underskott i ledstyvhet) och de konsekvenser som dessa har i motoriska brister, livskvalitet och det hinder de utgör för terapeut-patientduon att komma fram till korrekta motoriska strategier.

Som ett resultat av dessa avdrag utvidgades studien till att omfatta situationer där ledstyvheten uttryckligen ändrades, antingen i form av en minskning eller en ökning.

## 6.2 NEUROFYSIOLOGISKA KORRELAT

Båda de studier som beskrivs ovan tyder på att **rMV kan framkalla plastiska förändringar i det centrala nervsystemet**, särskilt i **kontrollkretsarna för den behandlade muskeln** och kanske i funktionellt relaterade kretsar. Dessa resultat gjorde det nödvändigt att leta efter neurofysiologiska korrelat till de data som erhöles från den motoriska prestandastudien.

Den utlösta mekanismen visade sig kunna modifiera styrningen av ledstelheten, en mycket komplex styrning som kräver samverkan mellan många grupper av motoriska enheter som tillhör anatomiskt olika muskler, med små och snabba förändringar under den motoriska handlingen. **Plastiska förändringar i nervsystemet måste därför sökas "uppströms" i det centrala nervsystemet. Uppmärksamheten riktades därför mot den primära motoriska cortex (M1).**

Med hjälp av en icke-invasiv och relativt enkel teknik, transkraniell magnetstimulering (TMS), kan mikroområden i denna region stimuleras. De aktiverade pyramidcellerna aktiverar i sin tur motoriska populationer i ryggraden och den elektriska muskelsignal som framkallas (Magnetic Evoked Potential, MEP) av sådan kortikal stimulering kan registreras med hjälp av en yt-EMG. Det är således möjligt att studera den kortikala utbredningen av de områden som är involverade i kontrollen av vissa muskler, deras excitabilitetsnivå och, med hjälp av något mer komplexa procedurer, kontrollmekanismer som utövas av kortikala kretsar på samma områden.

För denna studie, som genomfördes av Barbara Marconi <sup>29</sup>, forskare vid Fondazione S. Lucia och EBRI Foundation, tillsammans med andra samarbetspartners, applicerades rMV på muskeln Radiala böjmuskeln i karpus på friska personer.



Tillämpningen av TMS visade att rMV-behandlingen stimulerade intrakortikala hämmande mekanismer i de områden som är relaterade till den behandlade muskeln, medan de områden som motsvarar antagonistmuskeln (fingrarnas gemensamma sträckare) underlättades. **Effekterna uppstod endast i kombinationen frivillig muskelsammandragning + vibration och** kvarstod i minst 15 dagar, med en återgång till situationen före rMV inom 30 dagar efter behandlingen.

**Behovet av att associera frivillig muskelsammandragning + vibration tillsammans tyder på att det plastiska fenomenet induceras av en mekanism av associativ typ, som involverar en associerad aktivering av olika cellpopulationer.**

När det gäller den funktionella betydelsen tror man att en ökad hämning i de intrakortikala kretsarna i M1 gynnar identifieringen av de muskler som ska användas under rörelsen, vilket minskar oönskade sammandragningar eller, i en mer allmän mening, oönskade sammandragningar. Denna mekanism accentueras naturligtvis av processer ömsesidig kortikal hämning, varigenom aktiveringen av en muskelgrupp hämmar antagonisten och vice versa. Behandling med rMV verkar därför aktivera båda dessa mekanismer, som funktionellt antas bidra till regleringen av samkontraktioner.

Sammandragningsmekanismen är, på gott och ont, avgörande för våra rörelser, men den utgör också, som redan nämnts, ett stort problem vid träning och rehabilitering.

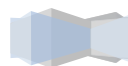
Co-kontraktioner är avgörande för att reglera ledstyvhet, men samtidigt orsakar de ökad energi- och ämnesomsättning, minskad muskulär effektivitet, ökad trötthet och minskad hastighet i utförandet. Resultaten av TMS-studien verkade således överensstämma med vad som hade antagits i tidigare studier <sup>30 31</sup>: **rMV verkar kunna förbättra motoriska kontrollmekanismer, som tros vara involverade i ledkontroll.**

**Möjligheten att rMV ger en minskning av samkontraktioner och förbättrad hantering av agonist/antagonist är också förenlig med den ökade utmattningshållfasthet och minskade tid för kraftexplosion som observerats hos friska försökspersoner.**

Det är mycket svårt att förbättra sammandragningar, som å ena sidan är nödvändiga och å andra sidan utgör ett hinder för motoriskt utförande, liksom gemensam kontroll i vidare bemärkelse.

Det handlar i själva verket om justeringar som undgår vår vilja och vårt medvetande och som beror på

helt och hållet av det centrala nervsystemet. Varje ingrepp i dem är därför endast mycket indirekt och därför extremt tidskrävande och tröttande, vilket kännetecknar idrottsträning och motorisk rehabilitering. **rMV, som bygger på dessa**



**resultat verkar den kunna verka direkt, snabbt och helt icke-invasivt på dessa mekanismer.**

I Marconis studie återgick situationen till den före rMV inom 30 dagar, medan försökspersonerna med främre korsbandsrekonstruktion, som följdes upp till 120 dagar efter behandlingen, utan att behandlingen upprepades, fortsatte att öka sin prestationsförmåga. Dessa skillnader beror sannolikt på att de plastiska effekterna inte konsolideras i lika hög grad vid behandling av karpus radialisböjare hos friska försökspersoner som hos patienter med främre korsbandsrekonstruktion. I det förstnämnda fallet fortsatte den behandlade muskelgruppen att användas på samma sätt som före behandlingen efter rMV-behandlingen. Hos de senare stimulerade rehabiliteringen å andra sidan knäkontrollen ytterligare. Den neuromotoriska situationen för karpusflexorn återfördes därför fysiologiskt till den "normala" situationen hos friska försökspersoner, medan rehabiliteringen hos de opererade patienterna bidrog till att öka och framför allt befästa effekterna av rMV.

Dessa överväganden understryker vikten av samspelet mellan rMV och träning, baserat på både de experimentella data som erhållits från användningen av rMV och vad som är känt från neurofysiologi.

Sammanfattningsvis verkar några punkter vara relevanta i den olika forskningen om rMV:

- ✓ **rMV är ett icke-invasivt protokoll som bygger på vibrationer med särskilt låg amplitud.** Stimuleringen verkar vara fullt tolererbar **från 4 år och uppåt**, lätt att tillämpa, även om den baseras på en mycket strikt uppsättning regler. På samma sätt måste vibrationsparametrarna vara helt konstanta och små variationer kan omintetgöra resultaten, vilket gör instrumenteringen nästan oföränderlig ur teknisk synvinkel.
- ✓ rMV kan inte skiljas från rehabilitering, det är endast en metod som är avsedd att öppna nya dörrar för rehabilitering genom att förbättra kontrollen av ledstelhet med direkt påverkan på det centrala nervsystemet. Specifik och målinriktad rehabilitering bör göra det mesta av vad som har uppnåtts. Efterföljande interventioner på en patient med rMV bör definieras tillsammans med terapeuterna eller, ännu bättre, genomföras av terapeuterna själva i enlighet med den fastställda behandlingsplanen.
- ✓ rMV ger bevis för det som rehabiliteringen länge har hävdat, nämligen att kronicitet inte innebär slutet på förbättringen. Viktiga resultat, ofta som visades på video vid konferenser erhöles mer än 10 år efter skadan.
- ✓ rMV för sjukgymnastik innebär en **möjlighet att komma in på områden som nästan är övergivna idag: personer över 80 år**, kroniska neurologiska skador.

## Kapitel 7

### VIBRATIONERS POSITIVA EFFEKTER PÅ MÄNNISKOKROPPEN

Det muskuloskeletala systemet utgör en komplex biologisk maskin som ansvarar för människans rörelseförmåga. För att kunna utföra och uppfylla sina olika funktionella krav ändrar detta system ständigt struktur och ämnesomsättning och svarar på användning med förändringar i både form och styrka. De två systemen är utformade för att kunna motstå samma spänningsnivå som benstrukturen utsätts för.

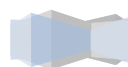
Konstant "överbelastning" (kroppsrörelse) ger en biologisk stimulans genom strukturella och metaboliska faktorer, vilket håller vävnaderna, både ben och muskler, inom en funktionell säkerhetsgräns. Långvarigt sängläge eller immobilisering till följd av skada kan försvaga strukturerna i sådan utsträckning att funktionen begränsas. Vissa vanliga sjukdomar, som osteoporos eller myosit, minskar kvaliteten och kvantiteten på ben- och muskelstrukturer med tillhörande degeneration, vilket visar sig i form av kliniska symtom. När den dagliga belastningen minskar drastiskt uppstår en anmärkningsvärd muskelatrofi med en halveringstid på cirka 8-10 dagar och en selektiv nedbrytning av den proteinstruktur som utgör den kontraktila komponenten i muskeln, särskilt på bekostnad av de långsamma fibrerna. Detta är den orsaken till dysfunktion och minskad styrka i både ben och muskler vid hög ålder.

Det har visat sig att övningar med kort varaktighet men mycket hög intensitet ger positiva effekter på ben-, muskel- och ledstrukturer, så till den grad att både massa och styrka bibehålls på en hög nivå som svar på dessa cykliska ansträngningar. Människan är dock normalt stillasittande, särskilt på äldre dagar. Och ofta är den fysiska aktiviteten reducerad till enkel förflyttning för normala dagliga funktioner. **Människans dagliga förflyttning utgör den minsta mekaniska stimulans som säkerställer grundläggande muskeltonus. Det är därför som det rekommenderas att äldre människor promenerar mycket.** Denna stimulans, som i allmänhet krävs för att övervinna tyngdkraften, **är knappt tillräcklig för att skydda skelettet från frakturer.** I själva verket genereras ett tåg av chockvågor under förflyttning, vid påverkan på marken, och överförs genom hela kroppen. Dessa vibrationer överförs genom foten, benet, ryggraden och nacken. Detta utgör en stark stimulans för benbildning under människans livstid. Tyvärr är **den moderna uppfattningen**

**av liv begränsningar allvarligt aktiviteten**  
**rörelse,** med en stark ökning

24

av hypokinesi och detta leder till en negativ effekt på rörelseapparaten. För att kompensera för bristen på rörelse används flera



projekt för att stimulera och förmå befolkningen att öka den fysiska aktiviteten, men på grund av brist på utrustning och en felaktig livsstil sker detta tyvärr inte. Eller så sker det i mycket små mängder. Ofta otillräckligt för att undvika risker.

Här har forskning visat att mekanisk vibration är en stark stimulans för hela organismen och särskilt för det neuromuskulära och skelettala systemet. Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste positiva effekterna av mekaniska vibrationer, som har konstaterats genom vetenskaplig forskning under de senaste 40 åren.

## 7.1 VIBRATIONERS EFFEKTER PÅ HORMONSYSTEMET

Det har länge varit känt att det finns ett samband mellan den idrottsdisciplin som utövas och idrottarens hormonella profil. Upprepad träning kan i själva verket framkalla ett betydande hormonellt svar, inte bara när det gäller anpassning till själva träningen utan också i form av ett långsiktigt svar på den.

På samma sätt kan mekaniska vibrationer i människokroppen också ge upphov till ett adaptivt hormonellt svar, t.ex. en ökning av plasmakoncentrationen testosteron (T) och tillväxthormon (GH), samtidigt som koncentrationen av kortisol (C) minskar. Ökningen av T och GH beror på muskelns metabo-receptorer, medan minskningen av C sannolikt beror på en otillräcklig stimulerande effekt av den centrala motorstyrningen och den nervösa återkopplingen i skelettmusklerna.

Enligt en studie av professor Carmelo Bosco (2000) åtföljs variationen i koncentrationen av dessa hormoner också av en ökning av den mekaniska kraften i de muskler som utsätts för vibrationer, vilket leder till hypotesen att även om de två fenomenen uppträder oberoende varandra kan de ha gemensamma underliggande mekanismer.

Bland de hormoner vars utsöndring stimuleras kraftigt av mekaniska vibrationer måste vi först nämna serotonin (5-hydroxytryptamin), en biogen amin som härrör från dekarboxylering av 5-hydroxytryptofan. Serotonin produceras av enterokromaffincellerna i tarmslemhinnan och finns i nervsystemet, glatt muskulatur och blodplättar. Det är en kraftfull vasokonstriktor

lokal och har en allmän blodtryckssänkande effekt, spelar den också en viktig roll i hemostas, vilket stimulerar reparationen av skadade kärl. 25



Vibrationer stimulerar också **produktionen av neurotrofiner**, en familj av proteiner som NGF tillhör och som verkar **genom att reglera den naturliga celldöd av nervceller som sker under utvecklingen**. **Neurotrofiner kan också stimulera överlevnaden av distinkta populationer av nervceller in vitro.**

**Endorfiner**, opioida neuropeptider som efterliknar morfinets smärtstillande verkan och beteendemässiga effekter (morfinliknande verkan), **stimuleras också kraftigt av vibrationsexponering.**

Slutligen måste vi komma ihåg hur **vibrationer stimulerar utsöndringen av IGF-I, eller somatomedin C, som är en av de två polypeptidtillväxtfaktorerna** (den andra är IGF-II) och består av molekyler **som består av 70 aminosyror, med 45% homologi till insulin**. **IGF-I:s fysiologiska roll är att förmedla tillväxthormonets verkan och stimulera skelettets utveckling.**

## 7.2 DE EFFEKTER AV VIBRATION PÅ SYSTEM SKELETTMUSKELSYSTEMET

Under förflyttning, vid kontakt med marken, genereras en vågtåg som överförs till hela kroppen via foten, benet, ryggraden och nacken. Denna vågtågvåg utgör en stark stimulans för hela organismen, särskilt för rörelseapparaten, eftersom den utgör den minsta mekaniska stimulans som säkerställer att den grundläggande muskeltonus bibehålls. Faktum är att muskler och ben interagerar och reagerar kontinuerligt under inverkan av en konstant belastning, representerad av kroppens vikt.

När denna dagliga belastning uteblir, t.ex. på grund av långvarigt sängläge eller immobilisering till följd av skada, kan strukturerna försvagas i sådan utsträckning att deras funktioner begränsas, vilket framför allt leder till muskelatrofi.

**Mekaniska vibrationer med hög intensitet och kort varaktighet har visat sig ha positiva effekter på ben-, muskel- och ledstrukturen så att både vävnadsmassa och styrka bibehålls på en hög nivå, vilket leder till minskad muskel- och benförlust <sup>32</sup>.**

Dessa förändringar i den neuromuskulära responsen kan huvudsakligen hänföras till den **aktiviteten i de övre motoriska centrumen** och den betydande förbättringen av 26 nervkommandon som reglerar det neuromuskulära svaret.



**Mekaniska vibrationer**, som appliceras lokalt på muskel- och/eller senstrukturen (40 Hz), orsakar aktivering av de neuromuskulära spindelreceptorerna (muskelspindelreceptorer), på nivån för det direkt belastade muskel-senkomplexet, men även för angränsande muskelgrupper.

**Denna typ av svar från muskeln på vibrationsbelastning kallas "tonisk vibrationsreflex" (RTV).**

Det är vetenskapligt dokumenterat att RTV framkallar en ökning av kontraktionskraften hos de involverade muskelgrupperna och detta resulterar i en tydlig förändring av både kraft-hastighetsförhållandet och kraft-effektförhållandet <sup>33</sup>.

Vibrationsträning kan således liknas vid en serie sammandragningar med liten amplitud, som leder till blygsamma men signifikanta rytmiska förändringar i längden på det muskel-senkomplex som utsätts för vibrationer. Detta speciella mekaniska beteende framkallar en underlättad excitabilitet i ryggmärgsreflexen.

I detta avseende **har vissa studier faktiskt föreslagit att RTV huvudsakligen, om inte uteslutande, verkar genom alfa-motorneuron** och inte använder samma efferenta kortikala mönster som frivillig rörelse. Det är emellertid också **möjligt att RTV, som induceras av själva vibrationerna, leder till en ökad rekrytering av motoriska enheter genom en aktivering av neuromuskulära spindlar och polysynaptiska aktiveringsmönster** <sup>34</sup>.

### 7.3 VIBRATIONERS EFFEKTER PÅ BENVÄVNAD

Skelettsystemet har i huvudsak tre funktioner:

- Den första är att ge mekaniskt stöd till muskler och senor så att rörelse är möjlig;
- Det andra är att skydda vitala organ;
- medan den tredje är att tillhandahålla en organisk kalciumreserv som syftar till att stabilisera kalcemi.

Av dessa skäl utgör skelettet, oavsett biologisk ålder, inte en inert massa utan tvärtom en plastisk enhet i ständig förnyelse: bara på processen med benremodellering under tillväxt, eller behovet av lämpliga reparativa fenomen vid fraktur, utan att glömma reservens roll organiskt kalcium.

Det plastiska beteendet styrs av två mycket specifika fysiologiska fenomen:

- osteoreaktivitet, som tillhandahålls av osteoklaster;



- osteoformation som kan hänföras osteoblastaktivitet.

Förhållandet mellan dessa två fenomen, som är fysiologiskt antagonistiska till varandra, resulterar i att benmassa kan bibehållas, förloras eller förvärras.

Det har länge varit känt att den mekaniska faktorn spelar en avgörande roll i den dynamiska kontrollen av benremodelleringen, vilket gör att benstrukturen kan anpassas till stress. Av detta skäl kan minskning av skelettets mekaniska belastning vara ett allvarligt problem när det gäller att bibehålla benmassan. Till exempel **kan immobilisering i gips vara orsaken till en betydande och snabb benförlust, som är lätt reversibel hos vuxna men i stort sett definitiv hos geriatriska patienter.**

De mekanismer genom vilka fysisk aktivitet kan ha en positiv inverkan på benets remodelleringsprocess är relativt komplexa. Ur cellulär synvinkel verkar det som om endast osteoblaster är utrustade med mekanoreceptorer och att de av just denna anledning kan reagera positivt på en ökning av kompressionskrafterna. Av samma fysiologiska skäl kan en minskning av den senare minska den osteoblastiska aktiviteten, vilket lämnar benresorptionsprocessen oförändrad.

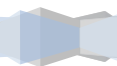
De uppenbara förbättringar av muskelfunktionen som uppstår vid vibrationsbehandlingar ger upphov till mycket effektiva påfrestningar på de biologiska funktionerna i de ben som de är placerade på. Faktum är att den kraft som genereras av muskelvävnaden är starkt korrelerad till utvecklingen av benmassan och dess förmåga till mekaniskt motstånd.

Benstruktur som utsätts för hög mekanisk belastning, som vid intensiv träning, kan undertrycka benets remodelleringsmekanism och därmed underlätta den konservativa processen. Det är dock endast intensiv långvarig träning som har visat sig ha en positiv inverkan på benmineraltätheten (BMD). Effekten av muskulär belastning är särskilt tydlig på den tvärgående axeln, som är den svagaste och därför mest benägen att drabbas av frakturer.

På grund av sin höga intensitet och varaktighet är fysiska övningar inte särskilt lämpliga för äldre personer eller personer med frakturer.

Användningen av vibrationer möjliggör å andra sidan en intensiv stress på skelett- och muskelapparaten utan att kräva en hög grad av engagemang från patientens sida, vilket därmed visar sig vara en särskilt lämplig interventionsstrategi i vissa fall. Även om si är studerar en förklaring otvetydig och tydlig av

fenomen, **mekaniska vibrationers inverkan på mekanismerna i 28 benremodellering är uppenbar och rapporteras i många kliniska studier som utförts på patienter**



som lider av benfrakturer eller osteoporos. I båda fallen visade försökspersoner som behandlades med vibrationsbehandling en verklig förstärkning av <sup>den osteogena</sup> aktiviteten<sup>35</sup>.

Tillämpningen av vibrationsbehandling kan därför påverka benmetabolismen positivt, även i närvaro av osteoporotisk degeneration, och med tanke på bevisen för att vibrationsbehandling kan främja en ökning av BMD, kan det konstateras att det är ett terapeutiskt medel som väljs inom geriatrisk medicin som en del av terapierna för behandling och förebyggande av osteoporos.

Osteoporos är en metabolisk osteopati med komplex etiologi som kännetecknas av en lokaliserad eller generaliserad minskning av benvävnad, vars osteoidmatris, till följd av en obalans mellan syntes- och nedbrytningshastigheten, samtidigt som den förblir normalt mineraliserad, är kvantitativt reducerad. Vid radiologisk undersökning ses benförtunning, förtunning och numerisk reduktion av trabekler samt en ökning av mörgrutrymmena. Man skiljer mellan en senil och postmenopausal form och en form som är sekundär långvarig immobilisering eller endokrina störningar. Särskilt hos kvinnor leder östrogenbristen under klimakteriet till en snabbare benomsättning och förlust av benmassa, vilket är anledningen till att var fjärde kvinna drabbas av osteoporos, medan motsvarande siffra för män är var åttonde. Med tanke på den gradvisa ökningen av befolkningens medelålder har osteoporos nu antagit dimensionerna ett verkligt socioekonomiskt problem, som drabbar den äldre befolkningen (och inte bara) på global nivå. Enbart i Italien uppgår de sociala kostnaderna för denna sjukdom till 500 miljoner euro per år. Träning rekommenderas starkt för patienter som lider av osteoporos, både som en del av behandlingen och som en form av förebyggande terapi. Den fysiologiska mekaniska stimulering som träning ger upphov har visat sig vara särskilt användbar både för att begränsa benförlusten och för att stimulera en ökning av benmassan. Osteoporos åtföljs i själva verket av en ökad benägenhet för frakturer.

Just på grund av de effekter som mekanisk vibration har på osteoporotiska patienter kan den också (och framför allt) med häpnadsväckande resultat användas på patienter med frakturer i övre och nedre extremiteterna. Vibrationer framkallar i själva verket en accelererad bentillväxt som gör det möjligt att svetsa det brutna benet på extremt kortare tid än normalt, med uppenbara kliniskt-ekonomiska fördelar först och främst för patienten, men också för den nationella sjukvården. Det bör noteras att förekomsten av höftfrakturer till följd av enkla fall, når i befolkningen

äldre siffror i storleksordningen 90%, utan att ta hänsyn till så kallade höftfrakturer orsakade av benskörhet enbart på grund av osteoporos, så vibrationer är i detta fall yttersta vikt och nytta

36.



## 7.4 VIBRATIONERNAS EFFEKTER PÅ ÄLDRE PERSONER

Hos äldre personer minskar de mekanoreceptorer som finns i osteoblasterna, och som normalt svarar på en ökning av de pålagda krafterna, sitt svar vid samma totala belastning. Den osteoblastiska aktiviteten blir därmed gradvis åtskild från den osteoklastiska aktiviteten, vilket leder till en kaskad av fysiologiska fenomen som resulterar i en mer eller mindre betydande förlust av benmassa.

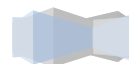
Dessutom är det allmänt känt att åldrandet leder till en alltmer stillasittande livsstil och **olika sjukdomar**, däribland (som tidigare nämnts) **benskörhet**.

Förmågan hos rMV att påverka sammandragningskontrollen har lett till två till synes motsatta interventionsområden, men som i själva verket har en gemensam nämnare, förändrad ledkontroll: **instabilitet hos äldre och neurologiska sjukdomar som kännetecknas av spasticitet**.

Dålig ledkontroll vid spasticitet visar sig framför allt i obalansen mellan agonister och antagonister och i dyssynergi. **Hos äldre spelar dålig ledkontroll säkerligen en viktig roll när det gäller förlust av stabilitet och minskad styrka**. Särskilt stabilitetsförlusten är av stor betydelse, eftersom **fallolyckor är en enorm samhällskostnad**: Enbart **lårbensfrakturerna** orsakar direkta och indirekta kostnader på över **en miljard euro per år** och **mer än 16 000 personer över 65 år dör varje år**. Dessutom är bilden av instabilitet hos äldre en typisk ond cirkel som fall accelererar. Personen känner sig svag och instabil och minskar därför sin fysiska aktivitet och även sina dagliga aktiviteter. Denna minskning accentuerar trötthet och instabilitet, och cirkeln sluts.

Under lång tid försökte man kompensera för detta genom att försöka öka försökspersonens styrka med hjälp av till och med högimpaktsträning, vilket dock knappast är acceptabelt för äldre försökspersoner. På senare tid har man dock fått bevis för den roll som sammandragningar spelar hos äldre och den förlust av proprioceptiv kontroll som utvecklas. Faktum är att **förlusten av kontroll (alltså detta mer än förlusten av styrka) de äldre att stelnar till, vilket gör att de använder sig mer av co-contractions**<sup>37</sup>. Man kan paradoxalt nog säga att den äldre personen står styrka snarare än med balans.

Den första studien om effekterna av rMV-behandling på äldre genomfördes vid universitetet i Perugia, samarbete med Catholic University och Sapienza University of Rome. Även i denna studie som presenterades i preliminär form<sup>200438</sup> och som nu granskas av Eur J Appl Physiol, utförd på ett dubbelblindt sätt och med både rMV och en



falsk stimulering stimulerades **quadriceps hos kvinnor över 60 år**. Patienterna fick **endast en rMV-behandling** och ingen av dem deltog i program för fysisk aktivitet före behandlingen och under studieperioden (90 dagar).

Återigen, 24 timmar efter avslutad behandling, förbättrades de analyserade indexen (kraft i hopp och kroppssvängning i monopodal hållning) signifikant, och **under de kommande 90 dagarna accentuerades förbättringen och nådde och bibehölls fram till den 90:e dagen av studien en ökning på cirka 35% i benkraft och cirka 40% i stabilitet**.

Att resultaten höll i sig så länge i detta fall tillskrevs konsolideringen av plasteffekterna genom den spontana ökningen av enkla dagliga aktiviteter. Deltagarna i studien, som **behandlades med rMV** (i de andra två grupperna observerades ingen effekt), **rapporterade alla, även om de inte utförde någon specifik träning, att de rörde sig med mindre trötthet och lättare under dagen, för att handla, städa, gå i trappor** osv. Bilden tyder på att rMV har brutit den onda cirkel som beskrivits, vilket gynnar ökning och underhåll genom konsolidering av de plastiska effekterna.

Denna studie bekräftade inte bara de hypoteser som formulerats av Marconi och medarbetare, utan visade också en **markant ökning av benkraften**. Det senare resultatet kan förklaras av förbättrad ledstabilitet och minskade samkontraktioner, men frågan väcktes om det inte också kunde vara fråga om förbättrad **rekrytering av motoriska enheter**.

**Den senare hypotesen har i själva verket bekräftats** av en ny studie med TMS, även den utförd av Dr Marconis grupp och som för närvarande håller på att sammanställas.

Försökspersoner över 65 år som genomgår rMV uppvisar en betydande tröskelsänkning i de neuronala populationer som styr quadriceps, parallellt med en ökning av intrakortikal hämning och ömsesidig facilitering av benböjarna. Förbättringen av dessa tre parametrar, som vanligtvis försämras åldern, och deras ihållande förbättring under minst en månad (hos äldre försökspersoner är TMS mycket obekvämt och inte många tester kan utföras), visar att rMV motverkar den motoriska försämring som är typisk för åldrandet. Samtidigt finns det bevis för att denna försämring inte på något sätt är irreversibel och att det tvärtom finns betydande plastreserver även i det centrala nervsystemet hos äldre personer.



## 7.5 DE EFFEKTER AV VIBRATION PÅ OBESITET OCH BENSKÖRHEIT

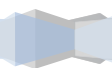
Av de senaste studierna som utförts av professor C. Rubin (2009) framgår hur mekaniska med låg magnitud (LMMS) kan **undertrycka tillväxten av subkutant och visceralt fett och** samtidigt främja **benregenerering**. Dessa processer sker tack vare den direkta **stimuleringen** med mekaniska signaler **av pluripotenta mesenkymala stamceller (MSC)**, som är omogna celler med förmåga till självförnyelse och kontinuerlig differentiering till vävnadsspecifika celler. Faktum är **att osteoblastogenesen och adipogenesen**, som leder till **bildandet av osteoblaster respektive adipocyter**, har sitt ursprung i dessa celler, bland många andra differentieringsvägar.

Mekanisk stimulering av MSC aktiverar osteoblastogenesen på ett direkt proportionellt sätt och adipogenesen på ett indirekt proportionellt sätt genom aktivering av transkriptionsfaktorerna Runx2, för osteoblaster, som främjar differentiering, och PPAR $\gamma$ -faktorn, för adipocyter, som hämmar den. **På så sätt kan denna metod utgöra en säker, icke-invasiv och icke-farmakologisk strategi för att förebygga fetma och till och med osteoporos** <sup>39</sup>.

Just när det gäller den sistnämnda sjukdomen genomfördes nyligen en studie (Foti C, Annino G, Bosco C et al., 2009)<sup>40</sup> på en grupp osteoporotiska kvinnor för att visa de positiva effekterna av vibrationsbehandling i kombination med fysisk aktivitet. I studien ingick 26 kvinnor i åldern 63 år som led av denna sjukdom. De delades in i två grupper, en kontroll- och en försöksgrupp. Alla genomgick ett träningsprogram under en timme, tre gånger i veckan under 4 månader, och endast experimentgruppen utsattes för lågintensiv vibration med en frekvens på 30 Hz efter träningen. I slutet av studien visade försöksgruppen en ökning av bentätheten, medan det i kontrollgruppen inte fanns några signifikanta förändringar. Det visades således att **denna metod**, i kombination fysisk aktivitet, **utgör en stark, icke-invasiv och den enda icke-farmakologiska interventionen för behandling av osteoporos**.

## 7.6 EFFEKTERNA AV VIBRATIONER I SMÄRTBEHANDLING

Vibrationernas smärtstillande effekt bygger på den teori om "gait control" som Melzack och Wall formulerade redan 1965 och som utgör den vetenskapliga grunden för TENS-strömmar (Transkutan Elektrisk Nervstimulering). Exakt som i fallet med användningen av



av TENS, skulle vibrationerna också visa sig ge upphov till slags afferent "spärr" längs de myeliniserade fibrerna av typ Ia, med en sådan intensitet att den skulle kunna beskrivas som en verklig "busy line"-effekt <sup>41</sup>.

Ur såväl klinisk som experimentell synvinkel förefaller det vara berättigat att påstå att vibrationer har en neurofysiologisk effekt, men endast en segmentell sådan. Detta påstående stöds ytterligare både av den snabbhet med vilken den smärtstillande effekten registreras och av dess lika snabba avtagande, faktorer som skulle vittna om den "rena" spinala segmentella hämning som vibrationerna utövar på Ia afferenterna med avseende på överföringen av nociceptiv input <sup>42</sup>.

Vibrationer, användning av värme och kyla samt elektriska strömmar är i litteraturen de metoder som oftast nämns som medel för perifer stimulering i smärtstillande syfte <sup>43</sup>, även om vibrationer bland dessa verkar vara den minst använda metoden. I bibliografin kan man se hur vibrationer i huvudsak har använts i smärtstillande syfte vid smärta av kefalt ursprung <sup>44</sup>, vid muskuloskeletal smärta <sup>45 46 47</sup>, vid vissa smärtsamma patologier av neurogent ursprung och vid ländryggssmärta <sup>48 49</sup>.

Applikationstiderna för de vibrationer som används för antalgiska ändamål varierar, beroende på de olika experimentella arbetsprotokollen, från 5 till 30 minuter, medan det frekvensvärde som i allmänhet anses vara mest effektivt för detta ändamål är cirka 100 Hz. Generellt sett innebär appliceringstekniken att vibrationerna utförs homolateralt, på den dermatomer där smärtan är registrerad, genom att ett visst tryck appliceras med vibrationsutrustningen. Efter 5 minuters vibrationsbehandling försvinner smärtan eller minskar åtminstone märkbart, för att sedan återkomma 5-10 minuter efter det att behandlingen avslutats. Omvänt, om vibrationsbehandlingen pågår i 30 minuter kan den antalgiska effekten kvarstå i upp till 5 timmar <sup>50 51</sup>. **Det är också intressant att notera hur applicering av vibrationer med en frekvens på 100 Hz och en amplitud på 1,5 mm, med hjälp av en vibrerande cylinder som placeras på hälsenan, vid ländryggssmärta av medelhög intensitet och som inte är förknippad med rotkompression, drastiskt kan minska smärtans intensitet på kort tid**<sup>52</sup>.

## 7.7 DE EFFEKTER AV VIBRATION PÅ BLODCIRKULATIONEN

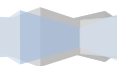
33

Tillämpningen av mekaniska vibrationer på kroppen ger också en ökning av blodcirkulationen, med en ökning av den genomsnittliga hastigheten för blodflödet och  betydande sänkning av motståndsex, mätt med Doppler-undersökningar.

Eftersom ingen ökning av maxhastigheten kunde konstateras inom det enskilda kärlet är det dock möjligt att ökningen av medelhastigheten beror på att mindre blodkärl vidgas, vilket minskar det perifera motståndet.

**Denna ökning av blodcirkulationen har en gynnsam effekt på ämnesomsättningen, syretillförseln till vävnaderna och bidrar till att sänka blodtrycket.**

**Detta gör vibrationer särskilt lämpliga vid cirkulationsrubbingar som åderförkalkning eller dålig lymfatisk dränering.**



## Kapitel 8

### FORSKNING OCH TILLÄMPNING AV MEKANISK VIBRATION VID ITALIENSKA UNIVERSITET

Rapport från kongressen den 13 december 2008 publicerades på  
"Paginemediche.it".

#### ENKLA, UPPREPADE MEKANISKA VIBRATIONER ÖKAR HJÄRNANS FUNKTION OCH FÖRBÄTTRAR MUSKEL- OCH LEDKONTROLLEN <sup>53</sup>

Nya och uppmuntrande resultat av en procedur som kallas "rMN" (Repeated Muscle Vibration), som erhållits inom områdena neurologi, ortopedi, stabilitet hos äldre och återhämtning från trötthet hos friska försökspersoner, publiceras i decembernumret av Journal of Neurological Science. Studierna genomfördes av forskare vid Institutet för humanfysiologi vid Roms katolska universitet i samarbete med Santa Lucia-stiftelsen och EBRI, Perugias universitet och La Sapienza-universitetet i Rom.

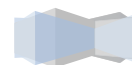
De fysiologiska grunderna och resultaten av förfarandet presenterades vid det vetenskapliga seminarium med titeln "Proprioceptive Stimulation, Control and Motor Rehabilitation. New clinical evidence and neurophysiological correlates", som ägde rum lördagen den 13 december 2008 på Agostino Gemelli University Polyclinic, under ledning av den katolske fysiologen Guido Maria Filippi. Bland talarna fanns professor Vito Enrico Pettorossi (Institute of Human Physiology, University of Perugia), dr Filippo Camerota (Institute of Physical Medicine and Rehabilitation, La Sapienza University of Rome) och dr Diego Ricciardi (Department of Gerontological and Geriatric Sciences - Policlinico Gemelli, Rom).

Protokollet bygger på ett specifikt instrument som utvecklar en sekvens av mekaniska signaler med mycket liten amplitud, vilka läses av specifika nervsensorer i musklerna och skickas till det centrala nervsystemet. Det som ser ut som en liten mekanisk vibration är i själva verket en kod som kan omprogrammera utvalda delar av nervsystemet. Denna procedur är den första som på ett enkelt, icke-invasivt och ihållande sätt påverkar musklernas nervstyrning. Tack vare studier som utförts av Dr. Barbara Marconi (Santa Lucia Foundation och EBRI) och Prof. Guido M. Filippi (Catholic University) kan denna stimulering ändra funktionen hos specifika kortikala områden i

motorisk kontroll, aktiverar mekanismer som kan främja en markant förbättring av  
motoriska funktioner.

35

Dessa resultat (som nu publiceras i Journal of Neurological Sciences) observerades av



forskarna Marconi och Filippi på friska försökspersoner, på patienter som lider av kroniska följder av stroke (spasticitet), till och med flera år efter skadan och på försökspersoner över 70 år. Detta är det första experimentella beviset på att det finns en sådan möjlighet, som dessutom kan uppnås med ett enkelt, icke-invasivt förfarande som i huvudsak är fritt från biverkningar. Metoden, som bygger på lokala mikrovibrationer och som forskarna har gett namnet "rMV" (Repeated Muscle Vibration), har utvecklats av professor Filippi, som är lektor vid institutet för humanfysiologi vid Roms katolska universitet. Genom att applicera särskilda sekvenser av mikromekaniska vibrationer på vissa muskler i kroppen kan man öka funktionerna i vissa delar av hjärnan och förbättra muskelfunktionen.

### Protokollet

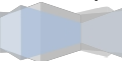
Denna procedur, som är mycket enkel att utföra (protokollet innebär att mikrovibrationen appliceras 3 gånger om dagen, 10 minuter varje gång, under 3 dagar i följd på de enskilda muskler som man vill påverka), har visat sig kunna ge både positiva och överraskande effekter i ett mycket brett spektrum av situationer: inom det neurologiska området, vid rehabilitering efter stroke och spasticitet och slapphet, för att kontrollera trötthet och smärta och styrka hos äldre personer som riskerar att falla och vid ortopediska sjukdomar.

Denna förstärkning är "långvarig", eftersom den efter några minuters stimulering bibehålls under veckor och månader. Efterföljande användning av denna förstärkning (fysioterapi, träning) konsoliderar, förstärker och upprätthåller effekterna under månader, i vissa situationer under många månader.

### Resultat inom neurologi, ortopedi, äldre och friska försökspersoner

Mer specifikt inom det neurologiska området har rMV, på basis av tillgängliga data, visat sig öka den motoriska kontrollen av det som återstår efter en neurologisk skada hos personer som har kvar även minimal kvarvarande frivillig rörlighet. Förbättringar hos personer med spastiska former (från , trauma), men med kvarvarande frivilliga rörelser, är också betydande.

Inom det ortopediska området har metoden visat sig vara mycket effektiv i situationer där immobilisering, efter operationer eller ledsmärta leder till dålig muskelanvändning. Till exempel har preliminära studier som genomförts vid Policlinico Gemelli i Rom visat att smärtan vid svår artros minskat med upp till 50% bara två veckor efter behandlingen.

Hos äldre har rMV-behandling med fokus på quadriceps, i de studier som hittills utförts av forskare vid Cattolica tillsammans med kollegor  från universitetet i Perugia (professor Enrico Pettorossi) och La Sapienza i Rom, resulterat i

samarbete med Roms kommun, en kraftökning på 70-75% och en stabilitet på 30-35%. En studie som genomfördes på 200 personer över 65 år på Roms äldrecenter visade att risken för fallolyckor minskade hos 83% av deltagarna och att 89% återfick normal hälsa. Förbättringen av muskelprestanda är dock inte begränsad till patologiska eller försvagade personer, utan kan utvidgas till friska personer eller idrottsmän. Behandling med rMN visade en ökning av uthålligheten vid utmattning med över 40% och en ökning av den explosiva styrkan med 27% hos unga individer som inte hade genomgått någon form av träning månaderna före och under studien.

*"Hur omfattande procedurens tillämplighet än kan verka och hur överraskande omfattningen av dess effekter än är", förklarar Filippi, fysiolog på Cattolica, "måste man komma ihåg att, som framgår av de studier som genomförts i samarbete mellan EBRI och Cattolica di Roma, förbättrar proceduren nervnätverken och mekanismerna som reglerar muskelkontrollen, vilket minimerar onödiga sammandragningar (som förekommer vid spasticitet, hos äldre som är rädda för att falla, hos personer som inte förvärvat adekvat*

*'flyt' i den atletiska gesten), vilket gynnar rekryteringen av muskelfibrer (som saknas hos stillasittande människor på grund av vana eller terapeutiska begränsningar). Det är alltså en direkt och riktad verkan på utvalda nervnätverk, som spelar en viktig roll för att kontrollera och samordna alla våra rörelser".*

*"För att eliminera alla falska förväntningar, varnar Filippi, "måste det sägas att behandlingen varken kan utföra mirakel eller ersätta traditionell rehabilitering. rMV öppnar nya och viktiga dörrar för fysioterapi, som därför måste ingripa på ett specialiserat sätt och skräddarsys för den enskilda patienten".*

*"Att förbättra funktionen i specifika områden i hjärnan innebär att förbättra prestandan hos våra motorer som är musklerna när det gäller styrka, motståndskraft mot trötthet och koordination. I synnerhet tar sig dålig koordination uttryck i spasticitet, muskelbristningar, dålig ledfunktion, och från detta kommer smärta, artrit och artros. Att påverka koordinationen innebär alltså att påverka livskvaliteten", förklarar fysiologen Filippi.*

rMN-vibrationen har strikta parametrar: applicering av mikrovibrationen 3 gånger om dagen, 10 minuter varje gång, under 3 dagar i följd på de enskilda muskler du vill påverka, inklusive en frekvens på 100 cykler per sekund. Instrumentet gör det möjligt att producera denna vibration och framför allt att leverera den till musklerna som den är, utan överdriven distorsion.

*"Denna lokala vibration av enskilda muskler", tillägger Filippi, "är en mild men kraftfull stimulans för de hundratala nervsensorer som finns i musklerna. Dessa "läser av" de 100 cyklerna per sekund och skickar dem till de nervcentra som styr den behandlade muskeln. Den frekvens som används utgör en "kod" för dessa centra, vilket leder till en förstärkning av kontrollnätverken*

*nervsystemet. Det centrala nervsystemet blir " på att kontrollera och samordna de olika muskler".*



## BIBLIOGRAFI

---

- <sup>1</sup>Mountcastle V.B., Rose J.: Touch and kinesthesia in neurophysiology. I: Magoun H.W.. (Ed). Handbok i fysiologi. Amerikanska fysiologiska sällskapet. Vol 1: 387-430, 1959.
- <sup>2</sup>Hagbarth K.E.: Effekten av muskelvibration hos normal människa och hos patienter med motorisk sjukdom. I: Ny utveckling inom elektromyografi och klinisk neurofysiologi. Desmet J.E. Ed. sid 428-443. Kargel, Basel, 1973.
- <sup>3</sup>Johansson R.S., Valbo A.B.: Taktill sensorisk kodning i den glabrosa huden på den mänskliga handen. Trends in Neurosis. 6: 27-32, 1983.
- <sup>4</sup>Mountcastle V.B., Talbot W.H., Sakata H., Hyvarinen J.: Cortical neuronalmechanism in flutter-vibration studied in unanesthetized mnkeys. Neuronal periodicitet och frekvensdiskriminering. J Neurophysiol.32: 452- 484, 1969.
- <sup>5</sup>Cosh J.A.: Studier av vibrationskänslans natur. Clin Sci. 12: 131-151,1953.
- <sup>6</sup>Cauna N., Mannan G.: Strukturen hos människans digitala Pacinian corpuscles och dess funktionella betydelse. J Anat (London). 92: 1-20, 1958.
- <sup>7</sup>La Motte R.H., Mountcastle V.B.: Människors och apors förmåga att skilja mellan vibrationsstimuli av olika frekvens och amplitud: akorrelation mellan neurala händelser och psykofysiska händelser. J Neurofysiol. 38:593-559, 1975.
- <sup>8</sup>Mountcastle V.B., Talbot W.H., Sakata H., Hyvarinen J.: Cortical neuronalmechanism in flutter-vibration studied in unanesthetized mnkeys. Neuronal periodicitet och frekvensdiskriminering. J Neurophysiol.32: 452- 484, 1969.
- <sup>9</sup>Loewenstein W.R., Skalak R.: Mekanisk transmission i en Paciniancorpuscle. En analys och en teori. J Physio. 182: 346-37, 1966.
- <sup>10</sup>Rosenkranz K, Rothwell JC. J Physiol 2003; 551.2:649-660; **Rosenkranz K, Rothwell JC.** J Physiol 2004; 561:307-320.
- <sup>11</sup>Effekter av mekanisk proprioceptorstimulering hos postmenopausala osteoporotiska kvinnor. SINFER National Congress 21-23 september 2004 CHIETI; Effekt av vibrerande proprioceptiv aktivering på hållningen hos patienter efter ACL-rekonstruktion. Assisi 8th Intern. Conf. Orthopaedics, Biomechanics, Sport Rehabilitation 19-21 november 2004; Persistance des effets de la stimulation mécanique sur le contrôle et l'efficacité musculaire. 35° Congres National S.F.M.K.S 3-4-5 Juin 2005saint-Tropez - France; Treatment with vibratory energy in patients with infantile cerebral palsy SIMFER Catania 2005.
- <sup>12</sup>Luu Y. K., Pessin J. E., Judex S., Rubin J., Rubin T.C. - Mechanical signals as a non-invasive means to influence mesenchymal stem cell fate, promoting bone and suppressing the fat phenotype. IBMS Bone KEY 6(4):132-149, 2009.
- <sup>13</sup>Bosco C., Colli R., Introini E., Cardinale M., Tsarpela O., Madella A., Tihanyi J., Viru A. - Adaptiva svar från mänskliga skelettmuskler på vibrationsexponering. Klinisk fysiologi 19.2:183-187, 1999.
- <sup>14</sup>Gian Nicola Bisciotti - Fakulteten för idrottsvetenskap, universitetet i Lyon (Frankrike); Interfaculty University School of Sport Sciences i Turin (Italien); F.C. Internazionale athletic trainer (Italien) - "Tillämpningen av vibrationer inom rehabiliteringsmedicin (New Athletic Research in Science Sport) 2007
- <sup>(15)</sup>G.M. Filippi, F. Camerota, V.M. Saraceni - Artikel "Mekanisk vibration och motorisk rehabilitering En ny möjlighet" - Sci Riabilitaz 2007; 8(2): 55-61.
- <sup>16</sup>Bianconi R. och van der Meulen J. J. Neurophysiol. 1963; 26:177-90; . Brown MC, Engberg I, Matthews PBC. J. Physiol. 1967;192;773-800; Matthews PBC. Edward Arnold, London; 1972.



- 
- <sup>17</sup>Rosenkranz K, Rothwell JC J Physiol 2003;551: 649-660; Rosenkranz K, Rothwell JC. J Physiol. 2004;561: 307-320.
- <sup>18</sup>Rosenkranz K, Rothwell JC. J. Physiol. 2004;561:307-320
- <sup>19</sup>Heath CJ, Hore J & Phillips CG... J Physiol 1976;257:199-227; Hore J, Preston JB & Cheney PD. J Neurophysiol 1976;39:484-500; Jones EG & Porter R. Brain Res Rev, 1980;203:1-43
- <sup>20</sup>Brunetti, Scarponi, Roscini, Mannarino Pettorossi, Azzena GB, Filippi GM. SIMFER 2004.
- <sup>21</sup>Brunetti O, Filippi GM, Liti A, Panichi R, Roscini M, Pettorossi VE. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006;14:1180-1187;
- <sup>22</sup>Fattorini L, Ferraresi A, Rodio A, Azzena GB, Filippi GM. Eur J Appl Physiol 2006;98:79-87.
- <sup>23</sup>Litta-Modignani R, Blivaiss Bb, Magid Eb, Priede I. Aerosp Med. 1964;35:662-7.
- <sup>24</sup>Matthews PBC. Edward Arnold, London; 1972
- <sup>25</sup>Jami L, Petit J. Exp Brain Res. 1976 Mar 15;24(5):485-93
- <sup>26</sup>Brown MC, Engberg I, Matthews PBC. J. Physiol. 1967;192:773-800.
- (<sup>27</sup>) R. och van der Meulen J. J. Neurophysiol. 1963; 26:177-90; Matthews PBC. Edward Arnold, London; 1972.
- <sup>28</sup>Fattorini L, Ferraresi A, Rodio A, Azzena GB, Filippi GM. Eur J Appl Physiol 2006;98:79-87
- <sup>29</sup>Marconi B, Filippi GM, Koch G, Pecchioli C, Salerno S, Don R, Camerota F, Saraceni VM, Caltagirone C. J Neurol Sci 2008;275:51-59
- <sup>30</sup>Brunetti, Scarponi, Roscini, Mannarino Pettorossi, Azzena GB, Filippi GM. SIMFER 2004.
- <sup>31</sup>Fattorini L, Ferraresi A, Rodio A, Azzena GB, Filippi GM. Eur J Appl Physiol 2006;98:79-87.
- <sup>32</sup>Runge M., Rehfeld G., Resnicek E. - Balansträning och motion hos geriatrika patienter. J Musculoskel Interact 1: 54-58, 2000.
- <sup>33</sup>Cormie P, Deane RS, Triplett NT, McBride JM - Akuta effekter av helkroppsvibrationer på muskelaktivitet, styrka och kraft. J Strength Cond Res. 2006 maj;20(2):257-61.
- <sup>34</sup>Bisciotti G. N. - Neurofysiologiska aspekter och tillämpningar av vibrationsträning, Ph. D. Research Centre for Scientific Innovation of the Faculty of Sport Sciences of the Claude Bernard University of Lyon (F), 2005.
- <sup>35</sup>Chestnut C.H. - Benmassa och motion (översikt). Amer J of Med 95(5A):345-365, 1993.
- <sup>36</sup>Gutin B., Kasper M.J. - Kan kraftfull träning spela en roll i förebyggandet av osteoporos? (översikt). Osteop Int 2:55-69, 1992.
- <sup>37</sup>Hortobágyi T, del Olmo MF, Rothwell JC Exp Brain Res 2006;171:22-329
- <sup>38</sup>Brunetti, Scarponi, Roscini, Mannarino Pettorossi, Azzena GB, Filippi GM. SIMFER 2004.
- <sup>39</sup>Bisciotti G. N. - Fysisk aktivitet och osteoporos, New Athletic Research in Science Sport.195, 2006
- <sup>40</sup>Foti C., Annino G., D'Ottavio S., Masala S., Sensi F., Tsarpela O., Tranquilli C., Bosco C. - Effekten av lågfrekventa helkroppsvibrationer med hög magnitud hos fysiskt aktiva osteoporotiska kvinnor: en pilotstudie. Med Sport, 2008.
- <sup>41</sup>Bini G., Cruccu G., Hagbarth K.E., Schady W., Torebjork E.: Smärtstillande effekt av vibrationer och kylning på smärta framkallad av intraneural elektrisk stimulering. Smärta. 18: 239-28, 1984.
- <sup>42</sup>Ottoson D., Ekblom A., Hansson P.: Vibrationsstimulans för lindring av smärta av dentalt ursprung. Smärta. 10: 36-45, 1981.



- 
- <sup>43</sup>Procacci P., Maresca M.: Traitements de la douleur par les stimulations périphériques. I: Abdelmoumène M., Cambier J., Ctchlove R., Cosyns P., Jacob M., Maresca M., Meyerson B.A., Michaud G. Procacci P.: La douleur. Masson (Eds), Paris. 59-70, 1979.
- <sup>44</sup>Lunderberg T., Ottoson D., Håkansson S., Meyersson B.A.: Vibrationsstimulering för kontroll av svårbehandlad kronisk orofacial smärta. I: Bonica J.J., Lindbloom U., Iggo A.: Advances in pain research and therapy. Vol 5. Raven Press (Eds). New York. 555-561, 1983.
- <sup>45</sup>Lunderberg T.: Den smärtstillande effekten av vibrationsstimulering och transkutan elektrisk nervstimulering (TENS) jämfört med aspirin. Brain Res. 284: 201-209, 1984.
- <sup>46</sup>Lunderberg T., Abrahamsson P., Bonesson L., Haker E.: Vibrationsstimulering jämfört med placebo vid smärtlindring. Scand J Rehab Med. 19: 153-158, 1987.
- <sup>47</sup>Lunderberg T., Nordemar T., Ottoson D.: Smärtlindring genom vibrationsstimulering. Smärta. 20: 25-44, 1984.
- <sup>48</sup>Casale R., Giordan A., Tiengo M.: Spinal nociceptiv reflexrespons. Variation av det nociceptiva reflexsvaret. Rall och lumbosciatalgisk smärta framkallad av TENS och vibration. Minerva Anest. 51: 217-229, 1985.
- <sup>49</sup>Casale R., Tiengo M.: Flexion withdrawal reflex: en länk mellan smärta och rörlighet. I: Tiengo M et al. Framsteg inom smärtforskning och terapi. Vol. 10. Raven Press (Eds), New York. 77-83, 1987.
- <sup>50</sup>Kemppainen P.: Modification of human dentalpain threshold by conditioning vibrotactile stimulation at tight frequency. Arch Oral Biol. 10: 959-962, 1983.
- <sup>51</sup>Bini G., Cruccu G., Hagbarth K.E., Schady W., Torebjork E.: Analgetisk effekt av vibration och kylning på smärta som induceras av intraneural elektrisk stimulering. Smärta. 18: 239-28, 1984.
- <sup>52</sup>Casale R., Tiengo M.: Flexion withdrawal reflex: en länk mellan smärta och rörlighet. I: Tiengo M et al. Framsteg inom smärtforskning och terapi. Vol. 10. Raven Press (Eds), New York. 77-83, 1987.
- <sup>53</sup>Policlinico Gemelli, Aricolo publicerades den 15 december 2008 på [Paginemediche.it](http://Paginemediche.it) news

