

Een vergelijkende studie tussen elektro- vibratietraining en klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en lenigheid bij sporters

Iris Verhaegen

promotor :

Prof. dr. Koos VAN ZWIETEN

co-promotor :

Prof. dr. Peter LIPPENS

Inhoudsopgave

1 Inleiding	1
1.2 Whole Body Vibration	4
1.3 Elektrostimulatie	6
1.4 Roeien - inleiding	7
1.5 Doel van de studie	9
1.5.1 De roeitechniek	9
1.5.2 Korte beschrijving van de biomechanica van het roeien.....	14
1.5.3 Functionele anatomie	17
1.5.4 Actieve en passieve insufficiëntie	18
1.6 Lenigheid.....	25
2 Materiaal en methode	26
2.1 Apparatuur.....	26
2.1.1 Fitvibe.....	26
2.1.2 Elektrostimulatie	26
2.1.3 Sit and reach test	28
2.1.4 Krachtstoel	28
2.1.5 Sprongmeter	29
2.2 Medisch Ethische Commissie	30
2.3 Proefpersonen.....	30
2.4 Protocol	31
2.4.1 Prestudie	31
2.4.2 De interventie	32
2.4.3 De poststudie	33
2.5 Statistiek	34
3 Resultaten	35
3.1 Isometrische krachtwijziging in de m. quadriceps femoris.....	36
3.2 Wijzigingen in de lenigheid	38
3.3 Explosieve krachtwijziging in de m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius.....	39
3.3 Gemiddelde isometrische krachtwijziging in de m. quadriceps femoris	41
3.5 Gemiddelde wijziging in lenigheid	41
3.6 Gemiddelde explosieve krachtwijziging in m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius.....	42

4 Discussie.....	43
4.1 Isometrische en explosieve krachttoename	44
4.2 Geen verandering in lenigheid	46
Referenties.....	48
Bijlagen	55

Voorwoord

Bij het naderen van het einde van mijn 3^{de} bachelorjaar in de Biomedische Wetenschappen, moest ik nadenken over een onderwerp voor mijn thesis. Ik wilde toen onmiddellijk weer iets doen met Whole Body Vibration, het onderwerp waaraan mijn literatuurstudie in het 2^{de} bachelorjaar gewijd was. Ik heb toen contact opgenomen met professor Van Zwieten en hij was ook meteen enthousiast, eerst was er twijfel over de goedkeuring van het onderwerp maar uiteindelijk werd het goedgekeurd en kon er nagedacht worden over de aanpak van de studie.

Het einde is in zicht en graag zou ik enkele personen bedanken. Mijn grootste dank gaat naar Prof. Koos Jaap Van Zwieten die gedurende het hele traject een grote hulp is geweest met het uitzoeken van een protocol, het verzamelen van de benodigde materialen, het zoeken naar proefpersonen, het verbeteren van mijn eindverhandeling en de aanmoediging. Ook bedank ik graag mijn co-promotor Prof. Lippens en tweede beoordelaar Prof. Op't Eijnde voor hun stimulerende gesprekken. Prof. Zinkovsky, Prof. Zoubova en Prof. Schmidt die mij zeer goed geholpen hebben met het uitzoeken van het studie-opzet worden ook bedankt. Ik wens ook graag Johan Ex, Frank Temmerman en Rob Vlieg te danken van de firma Gymna Uniphy voor het leveren van de Fitvibe en Myaction Med, zo ook voor hun inbreng aan de opzet van het onderzoek. Prof. Manca en Ir. De Roeve, van de Universiteit Hasselt, Departement Fysica, worden bedankt voor het ter beschikking stellen van een proeflokaal. Prof. Meesen van het Revalidatie Research Instituut wordt bedankt voor zijn interesse en constructieve bijdrage. Ook een woord van dank aan Dries Schuurmans, sportcoördinator van de Universiteit Hasselt voor zijn stimulerende hulp in de zoektocht naar proefpersonen, en aan Prof. Raus en Prof. Stinissen voor het in leen geven van de krachtstoel. De heer Withofs dank ik graag voor het maken van de foto's in deze thesis. Tenslotte nog dank aan alle proefpersonen die meegeholpen hebben aan de studie, de roeiers die deelnamen aan de Hasselt Studenten Regatta, de handballers van Handbalclub STHV Juventus Meveren en medestudenten.

Graag zou ik ook een "dank u wel" willen geven aan mijn vrienden, vriendinnen en broer tijdens deze periode van mijn stage en het schrijven van mijn thesis voor hun morele steun en aan mijn papa voor zijn hulp bij de vele computer problemen.

Ik wil hierbij ook de kans nemen mijn ouders te danken omdat ze mij de kans hebben gegeven om te kunnen afstuderen als Master in de Klinische Moleculaire Wetenschappen en voor hun vele steun tijdens moeilijke momenten.

Samenvatting

Inleiding: Recent zijn er enkele publicaties verschenen die het belang aangeven van elektrovibrostimulatie training voor het goed functioneren van het menselijke bewegingsstelsel. Sindsdien hebben reeds verschillende auteurs gesuggereerd dat voor gezonde sportpersonen de combinatie van elektrostimulatie en vibrostimulatie nuttig kan zijn bij het verhogen van de spierkracht, zowel wat explosiviteit als uithouding betreft. In deze studie wordt Elektrovibrostimulatie training vergeleken met klassieke weerstand training bij jonge sporters, meer specifiek bij roeiers.

Methode: 26 sporters, waaronder 10 roeiers met een leeftijd tussen 18-24 jaar worden verzameld en ingedeeld in 3 groepen, een electrovibrostimulatiegroep, een placebogroep en een controlegroep. Deze bevatten respectievelijk 11, 10 en 5 proefpersonen. Het onderzoek wordt vervolgens ook opgedeeld in 3 delen. Een prestudie waarin bij de 25 proefpersonen voor de studie een isometrische spierkrachtmeting, een explosieve krachtmeting en een lenigheidstest wordt uitgevoerd. Een interventie waaraan enkel de elektrovibrostimulatiegroep en de placebo groep deelneemt. De elektrovibrostimulatiegroep ondergaat deze 4 weken een trainingschema onder invloed van elektrovibrostimulatie terwijl de placebogroep hetzelfde trainingschema doorloopt zonder toevoeging van elektrovibrostimulatie. Tenslotte is er de poststudie waarin dezelfde testen worden uitgevoerd als in de prestudie zodat er een vergelijking gemaakt kan worden.

Resultaten: Voor de isometrische kracht geldt dat er een significante toename is van de isometrische kracht in de elektrovibrostimulatiegroep ($p < 0,001$). Deze isometrische kracht is echter niet significant toegenomen in de placebogroep en de controlegroep. Bij de gemiddelde waarden in lenigheid in de 3 groepen is er nergens een significante wijziging aantoonbaar. Voor de explosieve kracht geldt dat er een significante toename is van de explosieve kracht in de elektrovibrostimulatiegroep daar ($p < 0,001$). Deze explosieve kracht is echter niet significant toegenomen in de placebogroep en de controlegroep.

Conclusie: Elektrovibrostimulatie zorgt wel degelijk voor een verbetering van de isometrische en isokinetische kracht in vergelijking met de andere studiegroepen. De lenigheid blijft ongewijzigd, maar hiernaar is zeker verder onderzoek noodzakelijk waarbij gebruik gemaakt wordt van verschillende lenigheidstesten. Het is zeker ook de moeite waard om het effect van elektrovibrostimulatie verder te onderzoeken door gebruik te maken van isokinetische krachtmetingen.

1 Inleiding

Recent zijn er enkele publicaties verschenen die het belang aangeven van elektrovirostimulatie training voor het goed functioneren van het menselijke bewegingsstelsel (1-4). Sindsdien hebben reeds verschillende auteurs gesuggereerd dat voor gezonde sportpersonen deze combinatie van elektrostimulatie en virostimulatie nuttig kan zijn bij het verhogen van de spierkracht, zowel wat explosiviteit als uithouding betreft (5-7). In deze thesis wordt onderzoek gepresenteerd dat gebaseerd is op het principe gebruikt door Zinkovsky. In de originele experimentele set-up van Zinkovsky en zijn medewerkers worden de antagonist van een bepaalde beweging getraind met behulp van vibratie terwijl de agonisten en synergisten van die beweging onderworpen worden aan elektrostimulatie (1-6). Als uitleg van het begrip “antagonist” en “agonist” dient het volgende. Als een spier een beweging veroorzaakt, dan moet die beweging weer teniet gedaan kunnen worden. Dit kan niet door dezelfde spier gebeuren, maar wel door een andere spier, die een tegengestelde functie heeft. De ene noemt men dan de antagonist van de andere spier, die agonist genoemd wordt (9).

In Hasselt, België vindt er sedert 4 jaar ieder jaar een groot roei evenement plaats, de Hasselt Studenten Regatta. Dit is meer specifiek een grote roeiwedstrijd tussen de Universiteit Hasselt en de 3 Hogescholen van Hasselt, de PHL, de KHLIM en de Xios (10). De voorbereidingsperiode voor deze wedstrijd is voor de teams van de verschillende scholen kort. Vanwege deze korte voorbereidingsperiode werd er in het academiejaar 2006-2007 gezocht naar een alternatieve trainingmethode. Vanwege deze feiten zijn de roeiers van deze roeiteams ideale proefpersonen om deze studie mee te beginnen. Hieruit groeide gedurende het eerste trimester van het jaar 2007 het idee om de huidige studie op punt te stellen, waarbij het effect van normale krachtraining vergeleken wordt met het trainen met behulp van elektrovirostimulatie.

1.1 Literatuuroverzicht

Deze thesis kan opgedeeld worden in 3 luiken, Whole Body Vibration, elektrostimulatie en roeien. Over deze 3 luiken is heel wat literatuur te vinden, hieronder een klein overzicht.

Pionierstudies in dit onderzoek zijn de studies van Zinkovsky in 1996 en 1997. Zinkovsky gebruikt hierin elektrovirostimulatie om jonge sporters te trainen. Hij gebruikt hier nog geen Whole Body Vibration voor maar stimuleert de sporters lokaal met vibraties. Hij gaat uit van het principe dat antagonist blootgesteld moeten worden aan vibratie en dat agonisten

dienen blootgesteld te worden aan elektrostimulatie. Vibrostimulatie helpt de spierantagonisten om te relaxeren en zorgt ervoor dat ze tijdens excentrische contractie toenemen in lengte. Elektrostimulatie op zijn beurt verhoogt de kracht van de contractie van de agonisten. Zinkovsky kwam tot het besluit dat elektrovibrostimulatie de kracht deed toenemen en als uitleg hiervoor haalde hij de begrippen actieve en passieve insufficiëntie van spieren aan (35). Om de kracht en mogelijk ook de gewrichtsmobiliteit te laten toenemen moet de zone van actieve insufficiëntie van de agonisten verkleind worden en moeten de antagonisten een deel van hun passieve insufficiëntie overwinnen. De agonisten gaan bijgevolg gedurende contractie sterker worden en de antagonisten gaan gedurende contractie beter rekken (1-4).

Later kwamen er veel studies naar het effect van Whole Body Vibration. Uit onderzoeken naar vibratietraining op korte termijn blijkt dat de effecten van vibratietraining op korte termijn positief zijn maar verschillende kanttekeningen hebben voor het behalen van deze positieve resultaten. In het onderzoek van Torvinen *et al.* (2002) is er een verbetering van de spierkracht, isometrische extensie kracht van de onderste extremiteiten en een verbetering van de lichaamsbalans, wat positieve resultaten zijn. Deze resultaten zijn twee minuten na de interventie gemeten, echter na 60 minuten zijn deze resultaten niet meer significant en heeft vibratietraining geen aantoonbare effecten meer. Dit duidt erop dat de effecten op korte termijn wel heel erg kortstondig zijn en dat de spierkracht niet toeneemt na vibratietraining (11). In het onderzoek van Rittweger *et al.* (2002), is er geen verbetering in spierkracht, integendeel wordt er aangegeven dat de spronghoogte en de vrijwillige kracht van de knie extensoren daalde na een interventie met vibratietraining bij verschillende proefpersonen. De baseline waarde keerde na 15 minuten na de interventie terug naar de normale waarde (12). In het onderzoek van Bosco *et al.* (1998), wordt er beschreven dat de gemiddelde kracht toeneemt na vibratietraining. De kanttekening bij dit onderzoek is dat er met het controlebeen statische oefeningen gedaan zijn. Met dit onderzoek kan geen positief antwoord worden gegeven op de vraag of vibratietraining spierkracht verhoogt. In het onderzoek had een controle groep aanwezig moeten zijn om een uitspraak te doen over de effecten van de vibratietraining (13). Het onderzoek van de Ruiten *et al.* (2003), heeft geen positief resultaat, de maximale snelheid van de vrijwillige contractie is niet toegenomen na vibratietraining, de spierkracht daalde en nam na verloop van tijd niet toe. Drie uur na de vibratietraining waren de resultaten terug op de baseline metingen en zijn er geen meetbare effecten gemeten op korte termijn (14).

Algemeen kan men dus zeggen dat de spierkracht op korte termijn niet toeneemt.

Er werden ook studies gedaan naar het effect op lange termijn. Deze onderzoeken zijn over het algemeen positief van aard. Echter zijn er verschillende factoren die de uitkomsten hebben kunnen beïnvloeden. Er is één onderzoek, dat van Delecluse *et al.* (2003), dat weinig kanttekeningen heeft en een positief resultaat heeft voor de spierkracht. In deze studie van Delecluse *et al.*, is de isometrische kracht en dynamische kracht van bovenbeenstrekkingen en de spronghoogte toegenomen. Op de resultaten van de spronghoogte is aan te merken dat de krachttrainingsgroep bij baseline hoger sprong (265 mm) dan het gemiddelde van de andere 3 groepen (245 mm). Dit laat minder ruimte voor verbetering in de spronghoogte van de krachttrainingsgroep. Uiteindelijk sprong de krachttrainingsgroep na de training evenveel nog hoger (280 mm) dan de vibratiegroep (260 mm). Er zijn geen kanttekeningen voor de toename van de isometrische kracht en dynamische kracht van bovenbeenstrekkingen. Dit effect kan niet verklaard worden door alternatieve verklaringen en kan dus gezien worden als een rechtstreeks effect van vibratietraining (5).

In het onderzoek van Torvinen *et al.* (2002), onderging de vibratiegroep een vibratietraining met daarbij verschillende oefeningen op de trilplaat. De controlegroep onderging geen training of oefeningen. Dat de spronghoogte toenam kan een gevolg zijn van de oefeningen die gedaan zijn op de trilplaat en hoeven niet van de vibratietraining te komen. Wanneer de controle groep dezelfde oefeningen had ondergaan, had er een vergelijking gemaakt kunnen worden tussen de vibratiegroep en de controlegroep (15). Bij het onderzoek van Roelants *et al.* (2004), is geen gebruik gemaakt van een placebogroep, dus kan men niet vanzelfsprekend aannemen dat de effecten van vibratietraining te danken zijn aan de vibratietraining of aan de oefeningen die gedaan zijn op de trilplaat. Wel kan er een vergelijking worden gemaakt tussen de vibratiegroep en de krachttrainingsgroep, maar zoals al eerder gezegd weet men niet of de gevonden effecten komen van de vibratietraining of van de oefeningen die gedaan zijn op de trilplaat (16).

Er is ook veel onderzoek geleverd naar het gebruik van elektrostimulatie ter bevordering van de spierkracht. Een review hieromtrent wordt gegeven door Müller *et al.* (2004) (6). Maffiuletti beweert dat elektrostimulatie krachtversterking teweeg kan brengen in de spier zelf door middel van hypertrofie of hyperplasie. Ook zou de motorunit rekrutering en synchronisering verbeteren, waardoor sneller meer spiervezels aangezet worden tot contractie (17, 18). Uit de studies van Maffiuletti *et al.* (2002) over de effectiviteit van elektrostimulatie als krachtwinstmethode in de m. gastrocnemius is gebleken dat

vooral de motor unit recruitment significant verbetert, waardoor de spier beter getraind kan worden. Gesteld wordt dat een combinatie van elektrostimulatie en weerstandstraining effectief zou zijn als krachttraining, maar hierover zijn verdere studies nodig (6, 17, 18).

We komen na Zinkovsky geen studies meer tegen waar elektrostimulatie en vibratietraining gecombineerd worden.

Een derde luik in dit onderzoek is het roeien. het technische aspect van deze sport is in 1988 door Mazzone (19) besproken, hij somt hierbij de bewegingen en spieren op per roeifase, hij doet dit niet kwantitatief maar eerder volgens trainingschema's. In 1996 zijn er Jensen *et al.* die een statistisch bewijs geven dat vooral de kracht in de benen belangrijk is tijdens het roeien (20). Vervolgens is het Kleshnev die in 2002 en 2004 een traditionele mechanische uitleg van voortbeweging van de boot geeft, op grond van hefboom-mechanica (21, 22). Het zijn dus Kleshnev en Jensen die theoretische veronderstellingen maken die later in de praktijk worden onderzocht. In 2004 is er een eerste overzichtelijke presentatie van krachtmetingen in roeiboten onder leiding van Adrian (23). Nowicky *et al.* gaan tenslotte in 2005 hoekveranderingen meten in de romp en de extremiteiten. In dit laatste onderzoek wordt er ook gebruik gemaakt van EMG van de Rectus Femoris, de Biceps Femoris, de Erector Spinae en de Rectus Abdominis (24). Telkens komt men tot het besluit dat in het roeien de beenspieren een belangrijke rol spelen.

1.2 Whole Body Vibration

Vibratie is niet iets dat nog maar enkele jaren bestaat. Vibratie is een verschijnsel dat al eeuwen in de belangstelling staat (25).

Vanaf het einde van de 19^{de} eeuw ontdekte men dat vibratie naast negatieve effecten ook wel positieve effecten kon hebben. Men ontdekte dat vibratie pijn kon verzachten. Vanaf dat moment werd er begonnen aan allerlei studies.

Halverwege de jaren '20 van de vorige eeuw is de Whole Body Vibration interesse beginnen op te roepen bij de topsporters. Atleten konden op een bepaald moment niet meer harder gaan trainen zonder overtraind te geraken, dus moest er gezocht worden naar methoden om het herstelproces daarvan, en de aanpassingsprocessen te versnellen. Ze gingen gebruik maken van vibratietrainingen waarbij mechanische trillingen van de trilplaat worden overgedragen op het lichaam. Spieren reageren op deze trillingen met maximale reflexmatig opgewekte contracties. Er wordt vanaf dan gesproken over de Tonische Vibratie Reflex. Tegenwoordig is

deze aandacht voor Whole Body Vibration weer sterk aan het toenemen en dit dan vooral in het vakgebied van revalidatie en sport (8).

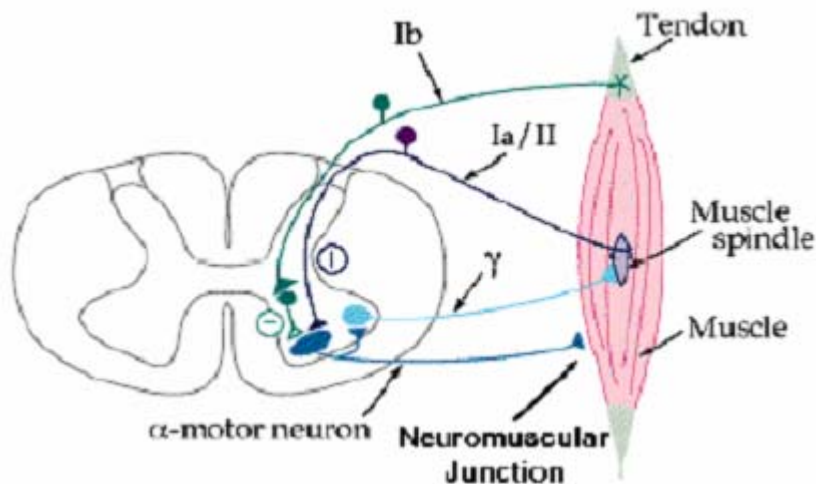
Whole Body Vibration zorgt ervoor met behulp van een trilplaat, dat het hele lichaam integraal beïnvloed wordt. Gedurende een vibratiesessie staat een proefpersoon op een platform dat verticale sinusoidale vibraties aan een frequentie van 30-40 Hz genereert. Deze mechanische stimuli worden overgebracht op het lichaam waar ze sensorische receptoren stimuleren, de spierspoeltjes. Dit leidt tot activatie van de alpha-motoneuronen en initieert spiercontracties die men kan vergelijken met de Tonische Vibratie Reflex (5) (zie figuur 1).

Deze Tonische Vibratie Reflex kan men uitleggen aan de hand van de beweging van armen en benen. De beweging van armen en benen komt tot stand door het gecoördineerd samenspannen van verschillende spieren. Het zenuwstelsel en in het bijzonder het ruggenmerg bezit de daarvoor benodigde structuur. Zo bevinden zich in het ruggenmerg de directe activators voor de spieren, de alfa-neuronen. Deze neuronen leveren via hun axonen de vereiste elektrische innervatie aan de spiervezels. De motorneuronen ontvangen op hun beurt commando's van interneuronen gelegen in het ruggenmerg, welke geactiveerd worden door piramide cellen in de motorische hersenschors en door perifere sensorische afferente projecties. Daarnaast is er ook directe activatie van de alpha-motorneuronen mogelijk enerzijds vanuit de hersenschors door piramidecellen en anderzijds vanuit de spieren door terugkoppeling van de primaire Ia afferenten. Eén enkele spier wordt geactiveerd door een groep alpha-motorneuronen die samen de motoneuron-pool van de spier vormen. De verzameling spiervezels die door hetzelfde motoneuron wordt geactiveerd, wordt een motorunit genoemd.

In de skeletspier bevinden zich de gespecialiseerde structuren die we de spierspoeltjes noemen. Een spierspoel bestaat uit verschillende typen van gespecialiseerde skeletspiervezels die omhuld zitten in een fibreus kapsel. In de equatoriale regio van het spierspoeltje zitten rondom de spiervezels Ia sensorische axonen gewonden. De spierspoeltjes samen met deze Ia axonen zijn gespecialiseerd in het detecteren van veranderingen in spierlengte en we noemen ze om deze reden ook wel de proprioceptoren.

Wanneer we onze spieren willen trainen, treedt de tonische vibratie reflex op, ook wel de myotatische reflex genoemd. Door het induceren van vibratie verlengen onze spieren zich, en dit wordt ook door de spierspoeltjes gedetecteerd. Het strekken van de equatoriale regio van het spierspoeltje leidt tot depolarisatie van de Ia axonen door het opengaan van de

mechanosensitieve ionenkanalen. Deze verhoogde actiepotentialen van het Ia axon veroorzaken ter hoogte van de synaps een depolarisatie van de spiermembranen. De alpha-motorneuronen antwoorden hierop door een verhoging in hun actiepotentiaal frequentie, en de skeletspieren zullen hierdoor vervolgens samentrekken (26).



Figuur 1: De tonische vibratie reflex of myotatische reflex (Beekhuizen, 2004) (27).

1.3 Elektrostimulatie

Elektrostimulatie is een techniek die spieren tot contractie stimuleert, door de motorische zenuwen die er op synapseren tot een actiepotentiaal te dwingen met behulp van een pulserende elektrische ontlading. De ontlading wordt geleverd met behulp van percutane elektroden. De sterkte van de contractie wordt gemoduleerd door de frequentie en intensiteit van de pulsen te regelen, gebaseerd op observaties van zenuwactiviteit tijdens normale spiercontracties.

Er wordt gespeculeerd dat elektrostimulatie krachtversterking teweeg kan brengen in de spier zelf door middel van hypertrofie of hyperplasie. Ook zou de motorunit rekrutering en synchronisering verbeteren, waardoor sneller meer spiervezels aangezet worden tot contractie (17, 18).

Een groot voordeel van elektrostimulatie is dat met de techniek ook gemakkelijker specifieke spieren getraind kunnen worden die normaal moeilijk te bereiken zijn met gewichtstraining. Een ander groot voordeel is dat in principe de motorische component van het centrale zenuwstelsel en de mentale factor worden overbrugd. Hierdoor zou het mogelijk worden om een spier langer en intensiever de training te laten ondergaan, omdat de signalen van vermoeidheid, gegeven door het centrale zenuwstelsel genegeerd worden.

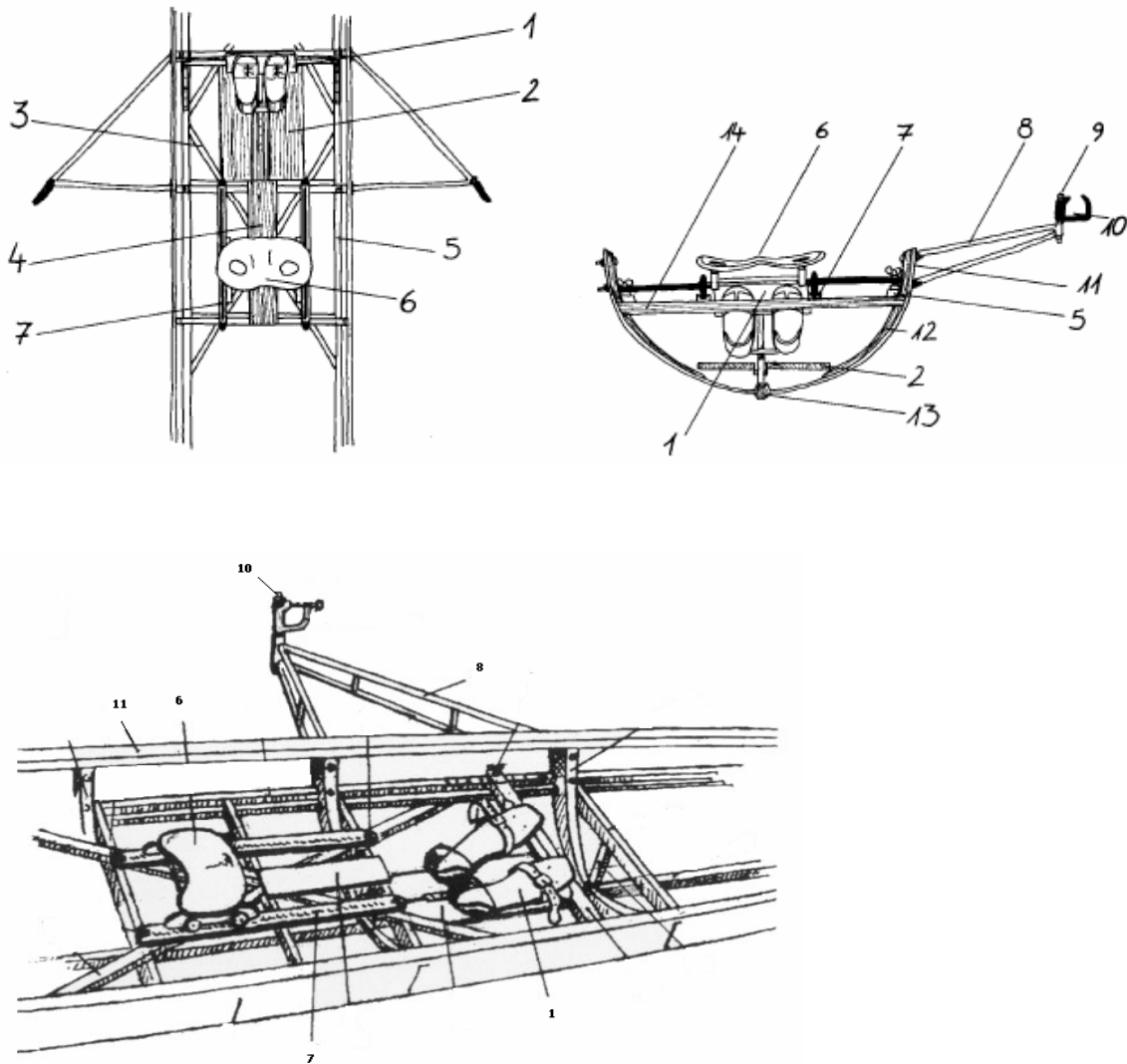
Uit de studies van Maffiuletti *et al.* (2002) over de effectiviteit van elektrostimulatietraining als krachtwinstmethode is echter gebleken dat vooral de motor unit recruitment significant

verbetert. De spier zelf versterkt ook, maar komt tot een stagnatiepunt. Gesteld wordt dat een combinatie van elektrostimulatie en weerstandstraining effectief zou zijn als krachttraining, maar hierover zijn verdere studies nodig (6, 17, 18).

1.4 Roeien - inleiding

Vanwege de jaarlijkse organisatie van de Hasselt Studenten Regatta (10) groeide het idee om deze roeiers te gebruiken als proefpersonen. Wanneer er dieper wordt ingegaan op het roeien, zien we dat roeien bewegings-technisch veel interessante aspecten heeft. Deze aspecten komen ter sprake in deel 1.4. Roeien is een complete sport waarbij zowel de explosieve kracht als de conditie van belang zijn maar waar ook de techniek in orde moet zijn. Met alleen veel kracht en geen techniek kom je niet ver. Er moet dus gezorgd worden dat zowel de techniek op punt gesteld is en dat de roeiers over voldoende kracht beschikken. Alhoewel een goede techniek de basis van alles is, wordt bij het roeien in een ploeg ook zeer veel aandacht aan de synchronisatie besteed. Niet alleen moeten de roeibewegingen synchroon lopen, en dit tot in de kleinste details, tijdens het roeien moet je volgzaam zijn, luisteren naar stuurman en coach, en de slag volgen (19, 28).

De wedstrijdboten, roeiboten bedoeld om wedstrijden te roeien, zijn lang en smal en zo gebouwd dat er een minimale weerstand is van het water. De roeiers, meestal acht, zitten achter elkaar en roeien ieder met één riem. Echter bij de zogenaamde dubbelvier, bijvoorbeeld, roeit iedere roeier met twee riemen (zie figuur 3) De voetenbankjes van de roeiers zitten vast in de boot, de zitbankjes lopen op wieljes over slidings naar voren en naar achteren. Op deze wijze kan optimaal gebruik gemaakt worden van de beenkracht van de roeier. De riemen zitten in een dol, die door middel van een rigger een eind buiten de zijkant van de boot (dolboord) haar draaipunt heeft (zie figuur 2)(29).



Figuur 2: Schets van het bovenaanzicht, een dwarsdoorsnede en zijaanzicht van een roeiboot: voetenplank (1), bodemplank (2), opstapplank (4), (dol)boord (5), zitbank(6), slidings (7), (out)rigger (8), dol (10) (Grabow, 2003) (29).



Figuur 3: Een roeiboot waarbij elke roeier 2 riemen heeft, de zogenaamde dubbelvier (<http://www.amstelroei.nl/>).

1.5 Doel van de studie

De primaire doelstelling van dit onderzoek bestaat erin de superioriteit te bewijzen van elektro-vibratie training versus klassieke krachttraining bij eerst en vooral roeiers aangevuld door jonge sporters die minstens 2 keer per week aan sport doen.

Gezien de beperkte tijd en de beschikbare apparatuur moeten er keuzes gemaakt worden - niet alle spieren gebruikt bij het roeien kunnen voor elektrovibrostimulatie aan bod komen. In dit onderzoek is er geopteerd voor elektrostimulatie van de Quadriceps femoris spier en de Gastrocnemius lateralis- en Gastrocnemius medialis spier.

De **keuze van deze spieren** kan verantwoord worden vanuit de roeitechniek, de biomechanica van het roeien, de anatomie en het concept van de actieve en passieve insufficiëntie zones van skeletspieren. Daarom worden deze verschillende aspecten hier eerst uitgebreid besproken (30).

1.5.1 De roeitechniek

De roeibeweging bestaat uit een aantal onderdelen, die vloeiend na elkaar worden uitgevoerd. Het gaat hierbij om de zogenaamde inpik, de doorhaal, de uitpik, de wegzet en het oprijden. De volgorde waarin hierbij de verschillende lichaamsdelen ingezet worden is zeer belangrijk: eerst de benen, gevolgd door een extensie van de rug en als laatste een snelle armbeweging.

Hieronder zullen de verschillende onderdelen van de haal verder worden toegelicht. De verschillende spieren die bij elke fase gebruikt worden zijn op theoretische basis beschreven door Mazzone in 1988 (19).

1.5.1.1 De inpik (Eng.: "Catch")

Dit is het startpunt van de haal. De onderbenen maken een hoek van 90 graden met de bovenbenen. De armen zijn volledig gestrekt waarbij de polsen in een rechte lijn met de armen zijn. Verder moet men ontspannen zitten. Het blad staat verticaal en raakt bijna het water, met een lichte beweging vanuit de schouders valt het blad in het water, zodanig dat het volledig bedekt is met water - dus net onder het wateroppervlak. Belangrijk is het feit, dat de inpik onderdeel is van de recovery en niet van de haal.

1.5.1.2 De beentrap (Eng.: "Drive – legs emphasized")

Het eerste gedeelte van de haal wordt volledig gemaakt vanuit de beentrap. Nadat het blad in het water is gekomen, wordt er licht op het voetenbord getrapt. Gedurende het uittrappen

neemt de kracht toe: een zogenaamde opbouwende haal naar de eindhaal toe. Hierbij blijven de armen gestrekt en het lichaam ingebogen. De beweging zit voornamelijk in de benen. Het blad blijft te allen tijde volledig door het water bedekt.

1.5.1.3 De rugzwaai (Eng.: “Drive - body swing emphasized”)

Wanneer de benen bijna gestrekt zijn, wordt deze beweging gevolgd door een korte rugzwaai. Belangrijk is dat deze beweging vloeiend is en dat er niet te ver achterover gevallen wordt. De armen zijn nog steeds gestrekt en blijven gedurende zowel de beentrap als de rugzwaai op dezelfde hoogte. Dus niet naar beneden duwen of omhoog trekken. Het blad is nog steeds volledig onder water.

1.5.1.4 De eindhaal (Eng.: “Drive - arm pull through emphasized”)

Halverwege de rugzwaai begint de eindhaal; deze wordt gevormd door de armbeweging. Belangrijk hierbij is, dat de riemen recht naar achteren worden getrokken. Het hoofd blijft omhoog, de buikspieren zijn aangespannen, de schouders blijven ontspannen en de schouderbladen komen naar elkaar toe. Het is de bedoeling, dat uiteindelijk de been- rug- en armbeweging gelijktijdig klaar zijn.

1.5.1.5 De uitpik (Eng.: “Finish”)

Bij de uitpik wordt het blad uit het water gedrukt. De houding zoals bereikt in de eindhaal wordt vastgehouden, waarbij het 'hoog zitten' een belangrijk aandachtspunt is. Een snelle beweging vanuit de ellebogen leidt ertoe dat het blad verticaal uit het water komt.

1.5.1.6 De wegzet (Eng.: “Finish”)

De wegzet bestaat uit twee onderdelen: het draaien van het blad en het rechtmaken van de armen. Het is de bedoeling, dat de armen met dezelfde snelheid weggezet worden als waarmee ze aangehaald zijn. Tijdens deze onderdelen van de haal zijn alleen de armen in beweging. Het blad wordt gedraaid door een beweging vanuit de polsen; daarna worden de ellebogen gestrekt.

1.5.1.7 Inbuigen (Eng.: “Recovery”)

Inbuigen en oprijden vormen samen de recovery; hierbij is het belangrijk om het even rustiger aan te doen op de slidings. Tijdens de training en de wedstrijd is dit het gedeelte om op adem

te komen. Na de snelle wegzet wordt er ingebogen, hierbij wordt er “gescharnierd” vanuit het bekken. Op zich buigt de rug zelf dus niet in; de flexiebeweging komt vanuit het heupgewricht. Belangrijk is te zorgen voor een ontspannen lichaam. Als de armen gestrekt zijn en de rug ingebogen is begint het oprijden.

1.5.1.8 Oprijden (Eng.: “Recovery”)

Tijdens het oprijden wordt het blad gedraaid naar een verticale positie. Dit gebeurt met name op het moment dat de handen de enkels net gepasseerd zijn. Daarnaast wordt er in een rustig en gelijkmatig tempo naar voren gereden. Ook op het einde moet het contact met het voetenveld blijven bestaan, hierdoor wordt voorkomen dat er een versnelling in het rijden optreedt. Tijdens het rijden blijven de handen op gelijke hoogte; het blad blijft hierdoor dicht bij het water. Nadat de bladen gedraaid zijn, worden de handen weer omhoog en met de handvaten naar buiten bewogen. Hierdoor nadert het blad het water en is de inpikbeweging begonnen. Er moet voor gezorgd worden dat deze beweging goed getimed wordt, zodat er na het oprijden niet stilgezeten wordt (30).

Tijdens het roeien is de beentrap fase een belangrijke fase en het initiële deel van deze fase vraagt veel kracht van de benen (19). De quadriceps femoris spier strekt de knieën en de voeten worden plantair geflexeerd door de soleus- en de gastrocnemius spier. Hierdoor is de keuze van de spieren, die we gebruiken tijdens deze studie, gevallen op de m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius.



De inpik (“catch”)
Fase 1



De inpik (“catch”)
Fase 1, begin Fase 2



De beentrap “drive - legs emphasized”
Fase 2



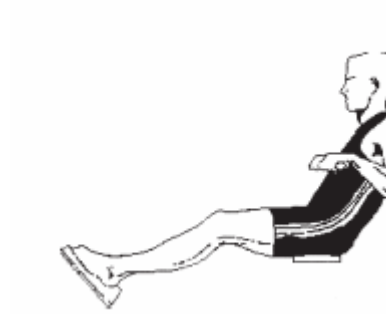
De beentrap
“drive - legs emphasized”
Fase 2 met overgang naar Fase 3



De beentrap en de rugzwaai
“drive - body swing emphasizing the back”
Fase 3



De eindhaal
“drive – arm pull through”
Fase 4



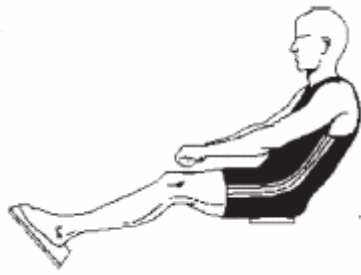
De eindhaal, vervolg
“drive – arm pull through”
Fase 4



De uitpik
“finish”
Fase 5



De wegzet – draaien van het blad
“finish”
Fase 6



De wegzet – rechtmaken van de armen
“finish”
Fase 6



Inbuigen
“recovery”
Fase 7



Oprijden
“recovery”
Fase 8



Oprijden
“recovery”
Fase 8



Oprijden
“recovery”
Fase 8

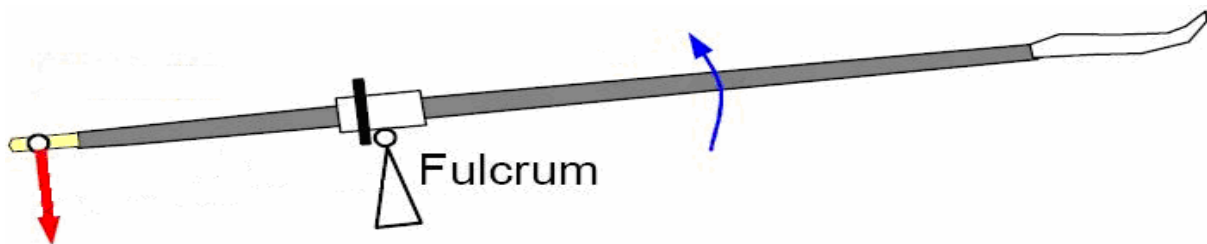


Oprijden
“recovery”
Fase 8

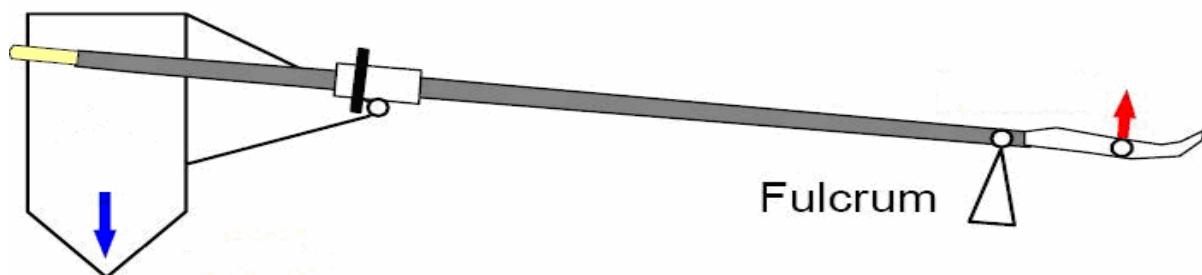
Figuur 4: Beschrijving van de verschillende fasen in het roeien naar terminologie van Mazzone 1988 (31).

1.5.2 Korte beschrijving van de biomechanica van het roeien

Bij het roeien trekt de roeier gezeten in de boot met zijn handen de riemhendel naar achter. Dit is weergegeven in figuur 5 door de rode pijl. Door de hefboomwerking van de riem rond het draaipunt van de dol (Engels: fulcrum), aangegeven door de blauwe pijl in figuur 5, zet het blad van de riem zich af tegen het water. Dit wordt aangegeven door de rode pijl in figuur 6. Het draaipunt van de hefboom bevindt zich nu op de plaats waar het blad in contact komt met het water, aangeduid met fulcrum in figuur 6. De blauwe pijl in figuur 6 geeft de voortbewegingsrichting van de boot aan. De roeier blijft gedurende de haal de riemhendel naar achter bewegen (22). De kracht hierdoor ontleent hij aan de beentrap (fase besproken in 1.4.1.2) waardoor zijn lichaam op het rolbankje naar achter beweegt. Bijkomende naar achter bewegende kracht wordt verkregen door extensie van de rug en flexie van de armen. Het is dus duidelijk dat de beentrap tijdens het roeien een belangrijke factor is, dankzij het rolbankje dat mee naar achter beweegt (32).



Figuur 5: De riemhendel wordt naar achter getrokken (rode pijl) en de hefboomwerking van de riem rond de dol (blauwe pijl) (Kleshnev, 2004) (22).



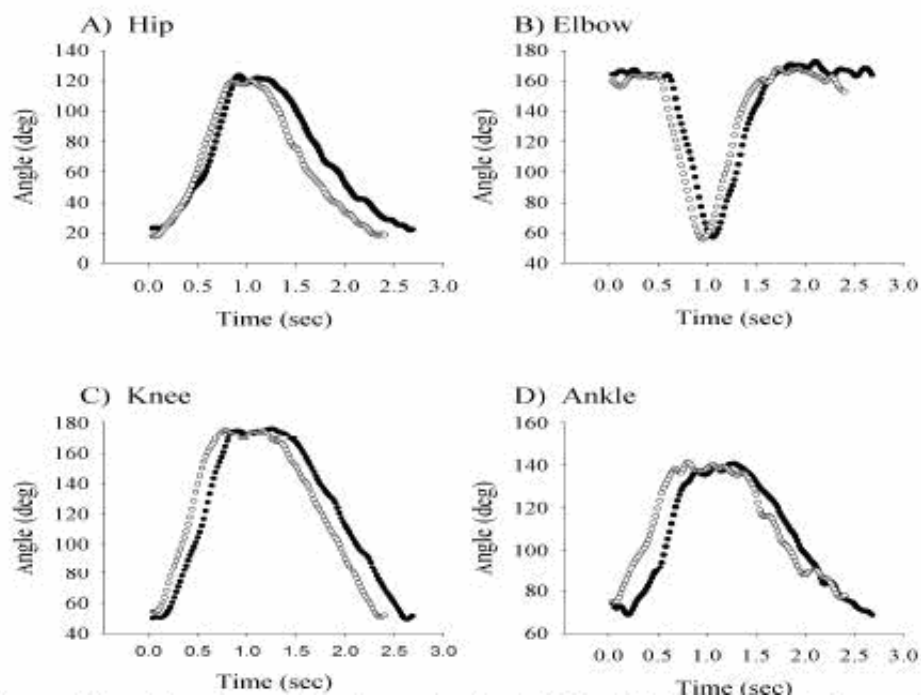
Figuur 6: Het blad van de riem zet zich af tegen het water (rode pijl) en de voortbewegingsrichting van de boot (blauwe pijl) (Kleshnev, 2004) (22).

Theoretisch werd door Jensen *et al.* (1996) aangetoond dat de kracht van de haal vergroot kan worden door vooral training van de beenkracht tijdens de beentrap (20). Eveneens werd er

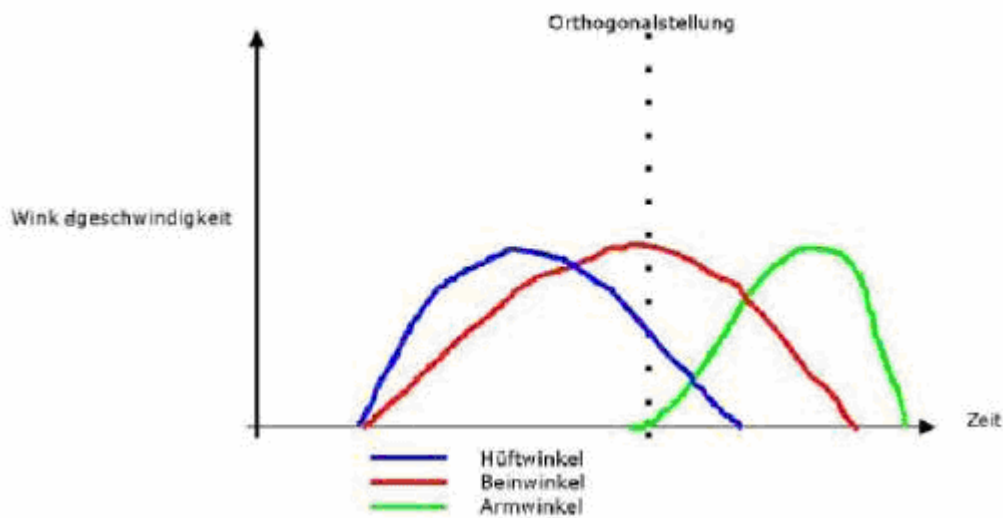
theoretisch door Tachibana *et al.* (2001) voorspeld dat de kracht van de beentrap, meer bepaald het strekken van de knie, de meest beslissende factor is die de snelheid van de boot bepaalt (33).

Metingen in de praktijk hebben inderdaad uitgewezen dat tijdens de haal:

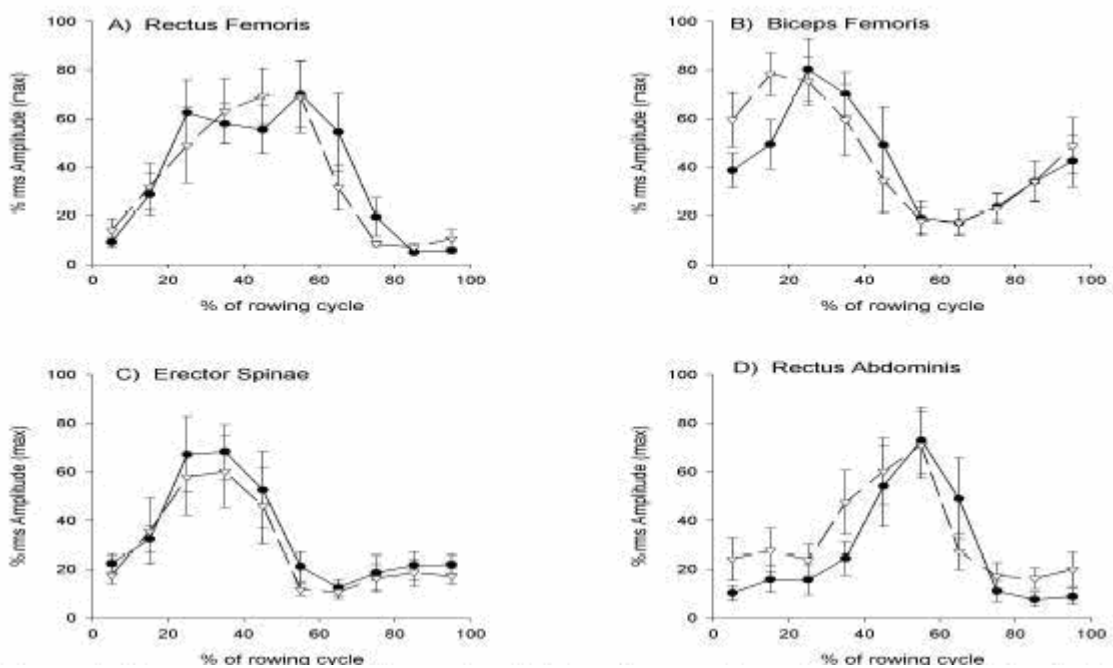
- de strekking van de knie in vergelijking met de andere gewrichten (elleboog, heup en enkel) het langste aanhoudt (24) (zie figuur 7)
- de hoeksnelheidsverandering het langst aanhoudt in het been (23) (zie figuur 8)
- van vier verschillende onderzochte spieren, de m. rectus femoris, onderdeel van de m. quadriceps femoris, het langst actief is (24) (zie figuur 9)



Figuur 7: Grafiek die tijdsduur van de hoekverandering van de gewrichten aanduidt (Nowicky et al., 2004) (24).

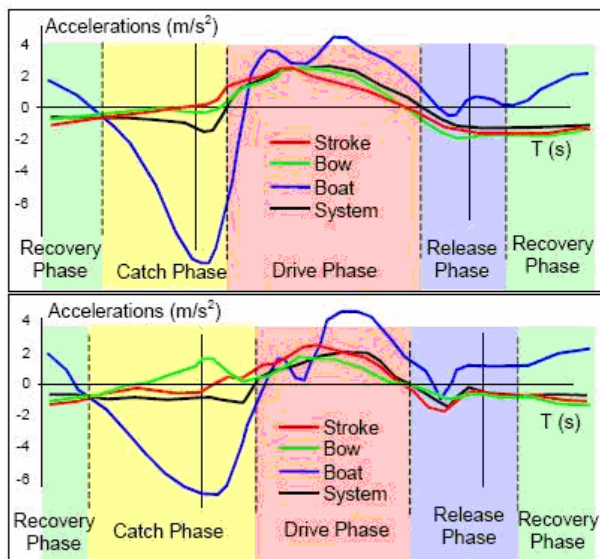


Figuur 8: Grafiek die hoeksnelheidsveranderingen aangeeft van heup, been en arm (Adrian, 2004) (23).



Figuur 9: De spieractiviteit profielen van A) Rectus Femoris B) Biceps Femoris C) Erector Spinae D) Rectus Abdominis (Nowicky et al., 2005) (24).

Bij het vergelijken van de wereldkampioenen in het roeien met roeiers op nationaal niveau, blijken de eerstgenoemden tijdens de haal een grotere versnelling van de boot te verkrijgen dan de tweede groep. Gezien het bovenstaande lijkt het logisch dat deze wereldkampioenen deze grotere versnelling grotendeels bekomen door de grotere kracht in hun beenspieren tijdens de beentrap (zie figuur 10) (Kleshnev 2004).



Figuur 10: Versnellingen van de boot bij de verschillende fasen van het roeien respectievelijke bij wereldkampioenen in het roeien en roeiers op nationaal niveau (Kleshnev, 2004) (22).

1.5.3 Functionele anatomie

Voor er wordt overgegaan naar het bespreken van de anatomie moet er eerst teruggegaan worden naar onderzoeken uitgevoerd onder leiding van Zinkovsky in Rusland. Volgens deze studies moeten antagonistische blootgesteld worden aan vibratie en dienen de agonisten blootgesteld te worden aan elektrostimulatie. Vibrostimulatie helpt de spier-antagonisten om te relaxeren en zorgt ervoor dat ze tijdens excentrische contractie toenemen in lengte. Elektrostimulatie op zijn beurt verhoogt de kracht van de contractie van de agonisten. Op dit principe is ook onze studie gebaseerd (1-4).

Bij het roeien is de beentrap een belangrijke fase (zie 1.4.1.8) waarin verbetering altijd nuttig kan zijn. Gedurende deze fase fungeren de quadriceps femoris spieren van de beide benen als agonisten. De quadriceps femoris spier bestaat zoals de naam al zegt uit 4 spieren, m. vastus medialis, m. vastus lateralis, m. vastus intermedius en m. rectus femoris. De hamstringspieren van de bovenbenen daarentegen treden tijdens deze fase op als antagonistische. De zogenaamde “hamstring”-spieren bestaan uit de m. biceps femoris, de m. semitendinosus en de m. semimembranosus. Tijdens de beentrap fase (zie fase 2, figuur 4) bevindt de voet zich eerst in extensie (dorsalflexie) om tegen het einde van de beentrap over te gaan naar flexie (plantairflexie). Tijdens dit proces zullen de m. gastrocnemius lateralis en -medialis de rol van agonist op zich nemen en de enkel- en voet-extensoren zullen fungeren als antagonistische.

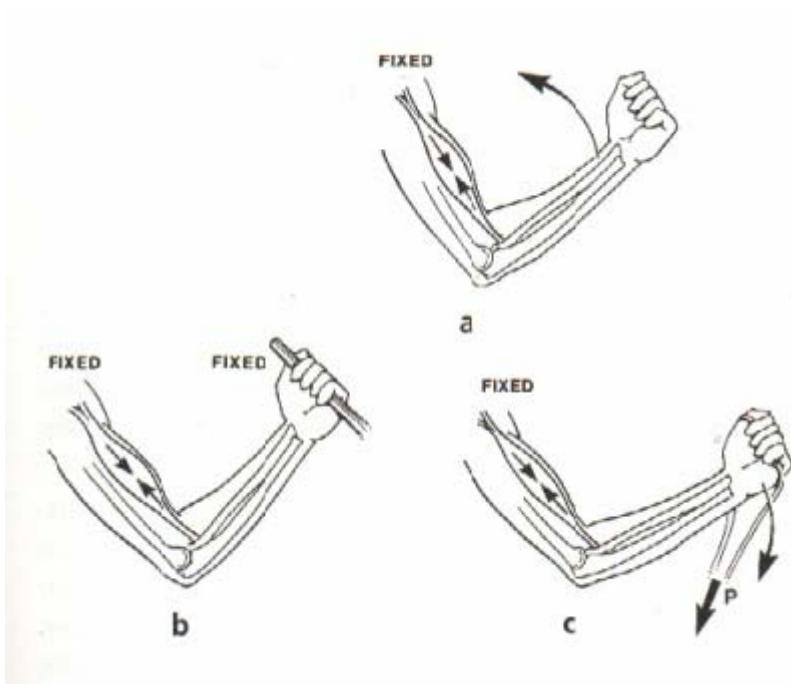
Deze extensoren zijn de m. tibialis anterior, de m. extensor digitorum en de m. extensor hallucis. De m. gastrocnemius maakt deel uit van de triceps surae samen met de m. soleus.

Volgens de theorie van Zinkovsky, zoals eerder besproken in het literatuuroverzicht (1.1), moeten antagonisten geïmagineerd worden en agonisten elektrisch gestimuleerd worden ter verbetering van de kracht. Mogelijk heeft het ook invloed op de mobiliteit ter hoogte van de gewrichten (1-4). Elektrostimulatie werd dus toegepast op de m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius medialis en lateralis. Voor de quadriceps wordt er meer specifiek gekozen voor de m. vastus medialis en lateralis, voornamelijk omdat deze het makkelijkst te bereiken zijn door uitwendige palpatie.

1.5.4 Actieve en passieve insufficiëntie

Actieve en passieve insufficiëntie zijn begrippen uit de klassieke kinesiologie maar ze hebben evenwel een moleculaire achtergrond.

Zones van actieve en passieve insufficiëntie zijn factoren die de functionele mogelijkheden van het menselijke skeletspier apparaat limiteren. Wanneer we de antagonisten blootstellen aan vibrostimulatie en agonisten aan elektrostimulatie, helpt dit de antagonisten te relaxeren. Vibrostimulatie zorgt er ook voor dat de antagonisten kunnen toenemen in lengte bij eccentriche contractie. Hierdoor zal vervolgens de passieve insufficiëntie zone verkleinen. Bij een eccentriche contractie wordt de beweging veroorzaakt door een externe kracht die in de tegengestelde richting werkt dan de spiercontractie, de spier zal verlengen ondanks het feit dat hij wil verkorten. Bij een concentrische contractie daarentegen zal een spier verkorten. Eccentriche en concentrische contracties zorgen dus beide voor een verandering in spierlengte. Naast juist vermelde contracties bestaan er ook isometrische contracties, waarbij de lengte van de spier niet wijzigt (zie figuur 11) (34).



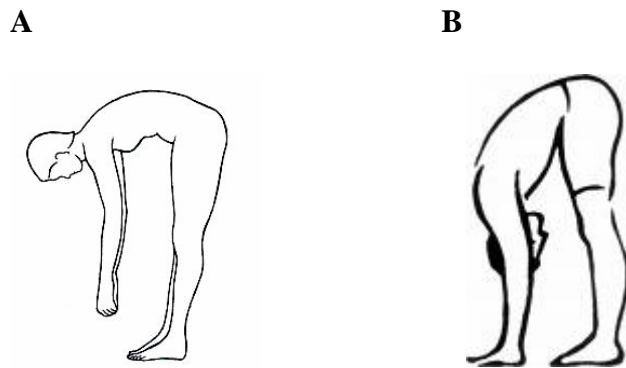
Figuur 11: Concentrische, isometrische en eccentrische contracties van de biceps brachii spier. (a) concentrische contractie, (b) isometrische contractie, (c) eccentrische contractie (Adrian & Cooper, 1989) (34).

Door de elektrostimulatie van de agonisten zal bovendien nog eens de kracht van de contractie in de actieve insufficiëntie zone toenemen. Dit alles zal leiden tot een verbetering van de actieve mobiliteit van het menselijk skeletspier apparaat (3).

Passieve insufficiëntie wordt volgens Klein-Vogelbach (1990) gedefinieerd als “a muscle is passively insufficiënt if it cannot be stretched far enough”. We kunnen het dus ook omschrijven als een spier die “tegen zijn zin wordt uitgerokken”(35). Zo voelen we bijvoorbeeld dat wanneer we vooroverbuigen met gestrekte benen onze hamstrings gaan tegenwerken, omdat ze niet meer verder kunnen worden uitgerokken (3) (zie figuur 12). Dit kan moleculair verklaard worden doordat actine en myosine filamenten niet verder uit elkaar geschoven kunnen worden (36).

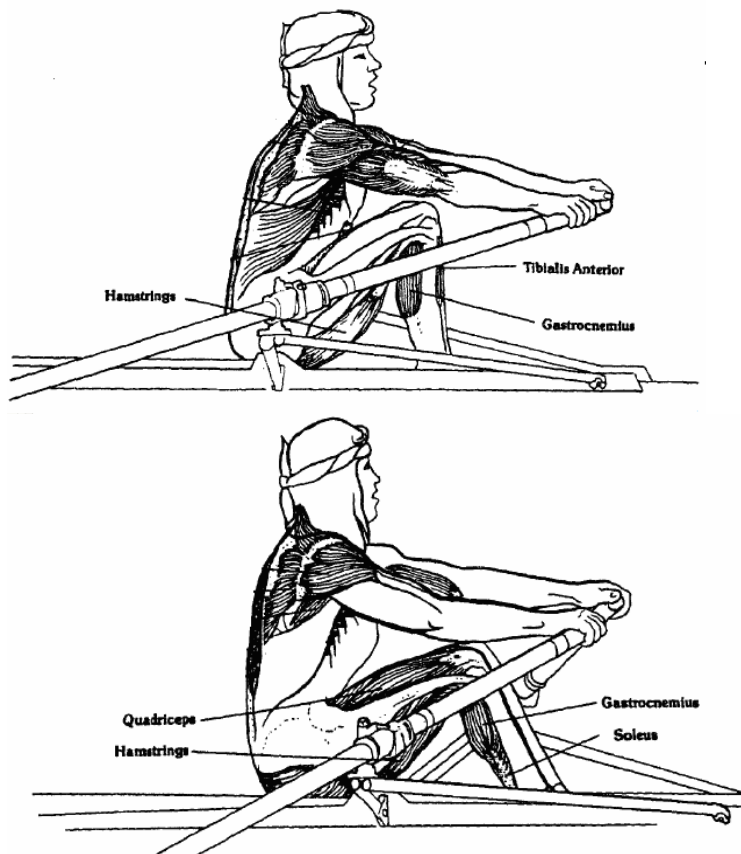
Actieve insufficiëntie wordt volgens Klein-Vogelbach (1990) gedefinieerd als “ a muscle is actively insufficiënt if it is unable to contract strongly enough” (35). Dus actieve insufficiëntie treedt op wanneer een spier actief niet verder kan contraheren (3). Een voorbeeld hiervan is, staand op één been, de hiel van het andere been zo ver mogelijk omhoog proberen te heffen naar het zitvlak toe, door flexie van de knie (37). Het niet volledig kunnen uitvoeren van deze beweging kan moleculair verklaard worden doordat actine en myosine filamenten niet meer verder in elkaar kunnen schuiven (36).

Spieren die actieve en/of passieve insufficiëntie vertonen, zijn vooral spieren die meerdere gewrichten overbruggen (35).



Figuur 12: “Touch toes” oefening waarbij (A) de passieve insufficiëntie van de hamstrings de beweging beperkt; de hand reikt niet tot aan de grond (Klein-Vogelbach) (35) en waarbij (B) de passieve insufficiëntie van de hamstrings gedeeltelijk overwonnen is (39).

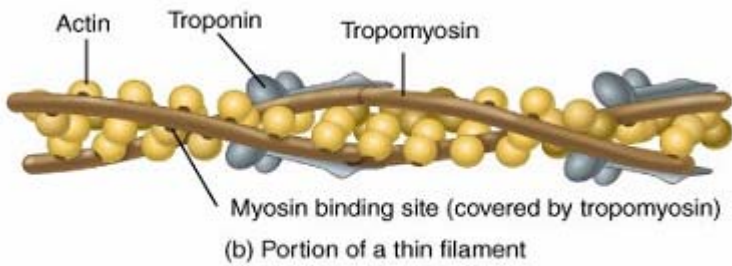
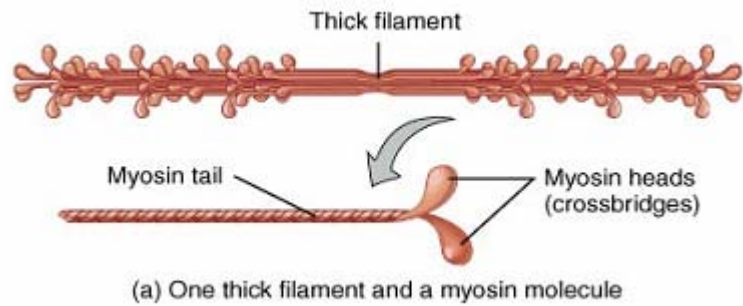
Tijdens de beentrap (met kracht strekken van het been) zoals ook hierboven beschreven, fungeren de hamstrings en de enkel- en voet-extensoren als antagonisten, en de quadriceps femoris en de gastrocnemius-spieren als de agonisten (zie figuur 13). Om de kracht en mogelijk ook de gewrichtsmobiliteit te laten toenemen moet de zone van actieve insufficiëntie van de agonisten verkleind worden en moeten de antagonisten een deel van hun passieve insufficiëntie overwinnen. De agonisten gaan bijgevolg gedurende contractie sterker worden en de antagonisten gaan gedurende hun eccentrische contractie beter rekken (1-4).



Figuur 13: Weergave van de beenspieren gebruikt aan het begin en tijdens de beentrap (Mazzone, 1988) (19).

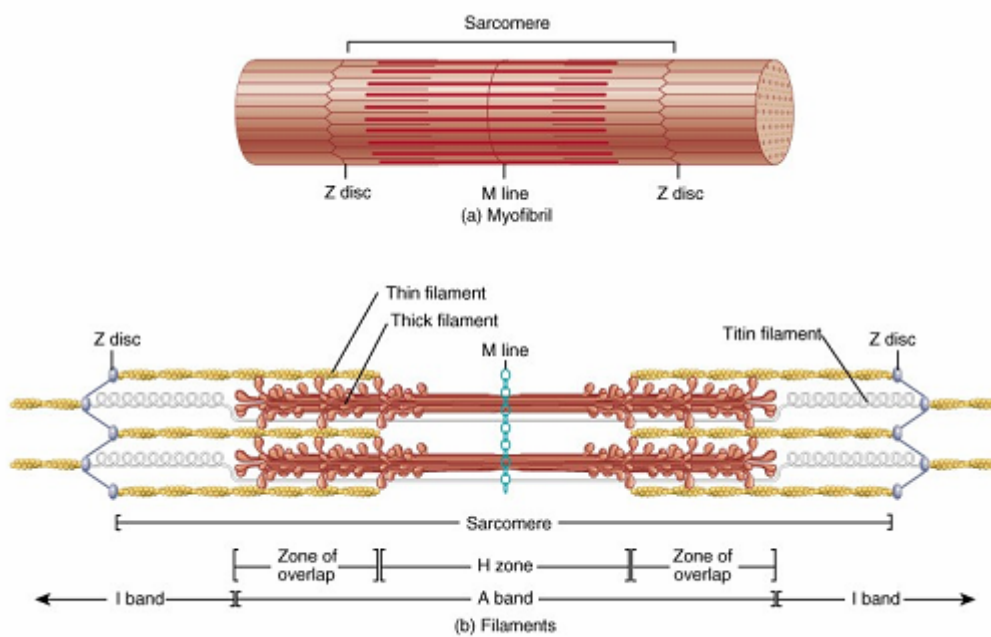
Wanneer we de skelet spier dieper gaan bekijken, op moleculair vlak, zien we dat er verschillende oorzaken zijn die er voor zorgen dat bepaalde spanningen kunnen opgebouwd worden. Dit kan op een actieve (contractie) of op een passieve manier (rek).

Een skeletspier bestaat uit spierbundels en deze bundels bestaan uit lange dwarsgestreepte spiervezels. Elke spiervezel bevat enkele honderden tot duizenden intracellulaire vezeltjes, de myofibrillen. Het zijn deze myofibrillen die het eigenlijke contractiele apparaat vormen. Wanneer de spiervezel van dichterbij wordt geobserveerd zien we dat ze is opgebouwd uit donkere en lichtere delen. De donkere banden bevatten vooral myosine en noemen we de A-band. De lichtere banden daarentegen bevatten voornamelijk actine en noemen we de I-band (zie figuur 14). Verschillende myosine-eiwitten aan elkaar vormen de myosinefilamenten en verschillende actine-eiwitten aan elkaar vormen de actinefilamenten (zie figuur 15) (36, 37).



© John Wiley & Sons, Inc.

Figuur 14: Opbouw van een dik filament met myosine moleculen (a) en de opbouw van een dun filament met actine moleculen (Tortora, Grabowski, 2000) (40).

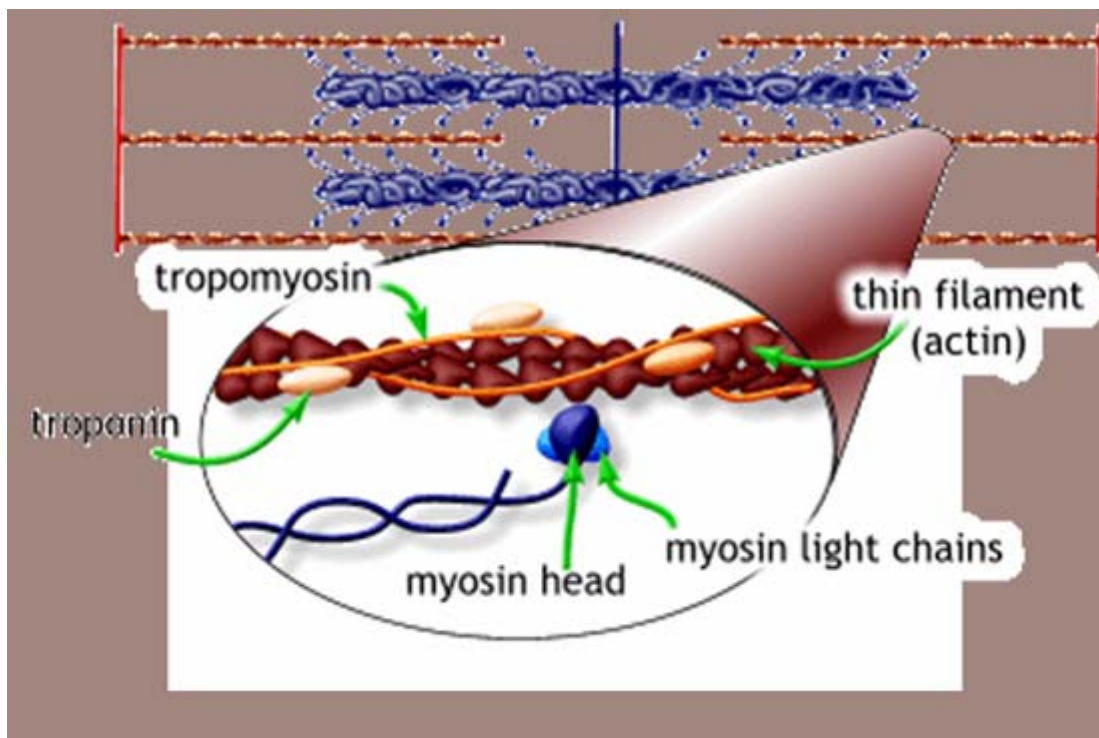


© John Wiley & Sons, Inc.

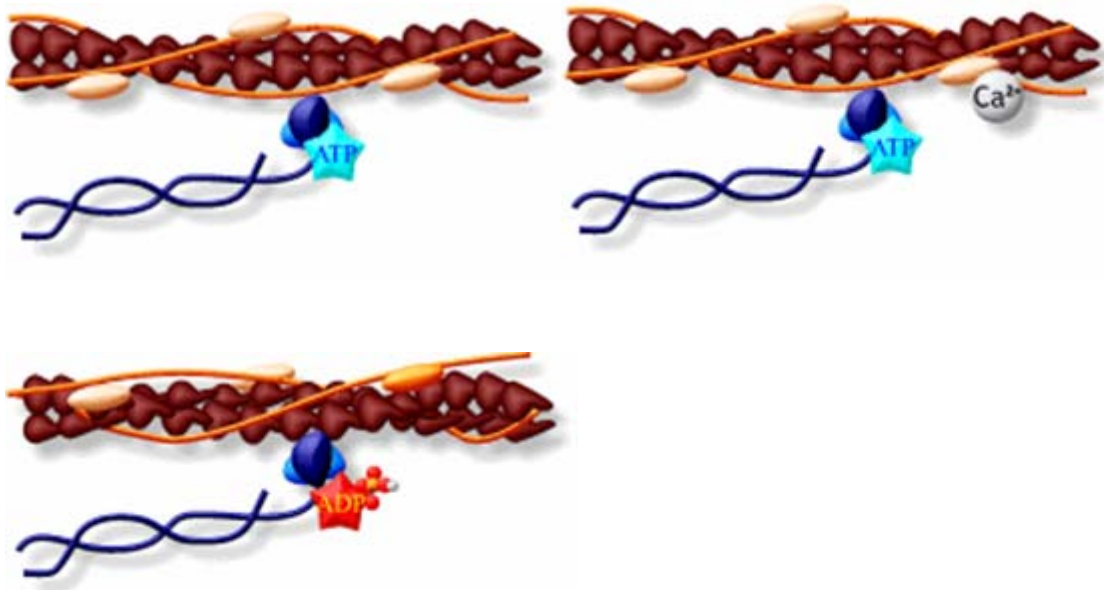
Figuur 15: De opbouw van een spiervezel (Tortora, Grabowski, 2000) (40).

De actieve manier om spanning op te bouwen, houdt in dat er bepaalde bindingen, crossbridges, gevormd moeten worden die er voor zorgen dat spanningen en dus ook krachten opgebouwd kunnen worden.

Bij skeletspieren gaat de vorming van crossbridges als volgt: Elk troponine C molecule in de skeletspier heeft twee Ca^{2+} -bindingsplaatsen met hoge en twee met lage affiniteit. Deze met hoge affiniteit participeren bij de binding van troponine C aan het dunne filament. Ca^{2+} -binding verandert niet tijdens spieractivatie. Echter als Ca^{2+} bindt op de bindingsplaatsen met lage affiniteit, zal er een conformationele verandering in het troponinecomplex plaatsvinden. Dit brengt twee effecten met zich mee. Ten eerste zal het C uiteinde van Troponine I zich van het actine-tropomyosine filament verwijderen. Op die manier kan de tropomyosine molecule bewegen. Het tweede effect wordt ingeleid door troponine T. Dit zorgt ervoor dat de tropomyosine weggeduwd wordt van de myosinebindingplaats op het actine filament en op die manier in de actinegroeve wordt gepushed. Als de sterische hinder verwijderd is, kan de myosinekop een interactie met actine aangaan, en zo de cross-bridge cyclus in gang zetten (zie figuur 16, 17).



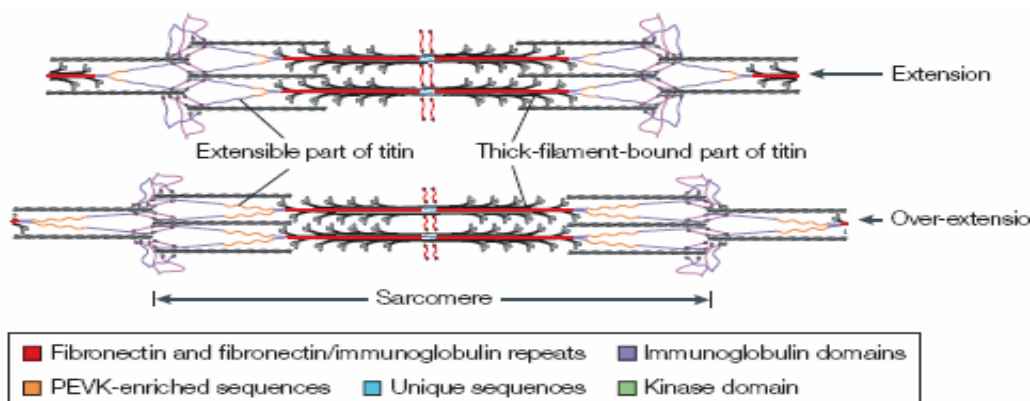
Figuur 16: Opbouw van een actine en myosine filament (Vranken, 2006) (46).



Figuur 17: Interactie tussen actine en myosine filament: crossbridge cyclus (Vranken, 2006) (46).

Dit Calcium dat de crossbridge vorming initieert wordt vrijgelaten door bepaalde kanalen zoals het SER. Het werkingsmechanisme van dit kanaal wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder calciumionen, Magnesiumionen en ATP (41, 42, 36).

Passieve spanning daarentegen wordt opgebouwd door bepaalde moleculen die ervoor zorgen dat het complex netwerk van proteïnen in de spier in een goede staat wordt gehouden. Titine is een molecule dat hierin een belangrijke rol speelt. Dit molecule is onderverdeeld in verschillende regio's en domeinen, die een verschillende rol spelen in het opwekken van passieve spanning. De domeinen zijn geassocieerd met immunoglobulines, fibronectines en de PEVK domeinen. De activatie van deze bepaalde regio's is ook afhankelijk van de kracht die er wordt op uitgeoefend. De Ig domeinen, die zich proximaal bevinden van de Z-schijf, sneller gaan ontvouwen dan deze die distaal gelegen zijn van de Z-schijf (19, 20, 21).



Figuur 18: Het sarcomeer gedurende extensie en over-extensie (Vranken, 2006) (46).

1.6 Lenigheid

Onder lenigheid wordt meestal de bewegingsmogelijkheid (range of motion) van een aantal gewrichten verstaan. Lenigheid is één van de 4 lichamelijke basiseigenschappen. Het is de eigenschap die de atleet in staat stelt om bewegingen met grote amplitude uit te voeren. Spierblessures binnen de sport brengen veel problemen met zich mee. Doordat de sporter genoodzaakt is rust te nemen voor herstel, neemt ook de kwaliteit van de gehele conditie en de conditie van het (spier)weefsel af. Dit wordt o.a. aangegeven in een onderzoek van Kubo *et al.* (2004) waaruit blijkt dat na 20 dagen bedrust de kwaliteit van de pees en omliggende structuren al is afgenomen doordat de stijfheid is toegenomen. Dit is dan ook een belemmering voor volledige terugkeer in de sportbeoefening. Door deze negatieve gevolgen van spierblessures is er al veel onderzoek gedaan naar de mogelijk preventieve maatregelen ter voorkoming van deze blessures (47). Het gebruik van stretching neemt hierin een belangrijke plaats. In 1975 is stretching al binnen de sport geïntroduceerd door Anderson (48). In zijn boek 'The stretching Methode' beschrijft hij zijn ideeën over stretching en benoemt hij de argumenten waardoor stretching nuttig zou zijn voor sporters. Het zou de lenigheid en bewegingsuitslag vergroten, zorgen voor een toename van kracht en blessures reduceren. Hierbij neemt de preventie van blessures de belangrijkste plaats in, omdat dit het meest gebruikte argument is voor het gebruik van stretching. De andere twee argumenten worden gezien als voorwaarde voor preventie van blessures. Stretchen is het op lengte brengen van een spier of spiergroep door de omliggende gewrichten zo te bewegen dat de spier op lengte komt en binnen de betreffende spier of spiergroep de sarcomeren uit elkaar worden getrokken (48). Stretching kan zowel passief als actief worden uitgevoerd en heeft verschillende mogelijkheden: statisch, isometrisch, verend, contract-relax-stretching of contract-relax-antagonist-contract (49).

Vandaag de dag is de wetenschappelijke literatuur, ten aanzien van het effect van stretching op blessures, nog steeds onduidelijk en spreken de auteurs elkaar tegen. Ingraham (2003) geeft aan dat stretching als blessurepreventie geen wetenschappelijke onderbouwing heeft en juist de oorzaak kan zijn van blessures (50). Witvrouw *et al.* (2004) daarentegen bevelen het gebruik van stretching juist aan (48, 51).

2 Materiaal en methode

2.1 Apparatuur

2.1.1 Fitvibe

De trilplaat die gebruikt wordt is de fitvibe geleverd door de firma GymnaUniphy (zie figuur 19). GymnaUniphy is leverancier van producten voor de medische en de wellness markt. De gebruikte fitvibe is de fitvibe 600 die ondermeer gebruikt voor revalidatie, spierversterking en sporttraining. Deze trilplaat kan trillen aan een frequentie van 20-60 Hertz en de trillingen zijn verticaal. Men kan via het LCD scherm oefeningen, de duur van de oefeningen en de duur van de pauze tussen 2 oefeningen instellen.



Figuur 19: De fitvibe 600.

2.1.2 Elektrostimulatie

Voor de elektrostimulatie werden 2 toestellen van Myaction Med (zie figuur 20) gebruikt, geleverd door de firma GymnaUniphy. Dit toestel bevat 4 kanalen waarmee men telkens 1 kabel met 2 uitgangen kan verbinden. In het totaal kan men dus per toestel 8 pleisters op spieren aanbrengen. Voor elk been wordt er 1 toestel gebruikt. Er kunnen verschillende stroomvormen ingesteld worden in de Myaction. Voor deze studie wordt er gekozen voor een gecompenseerde bifasische symmetrische impulsvorm met een impulsduur van 300-400 msec aan een frequentie van 50-60 Hz. De intensiteit werd ingesteld tot aan de tolerantiegrens van de proefpersonen en lag tussen de 20-30 mV.

Het aanbrengen van de pleisters op de spieren via een specifiek protocol en vervolgens worden deze pleisters verbonden met elektrokabels. Voor de stimulatie van de m. quadriceps brengt men pleisters aan op zowel de vastus lateralis als de vastus medialis. Elektrode plaatsing voor de m. vastus medialis is op 20% van de afstand van de mediale gewrichtlijn van de knie tot de spina ilaca anterior superior. Deze elektrode wordt geplaatst op een hoek van ongeveer 45-50° zodat hij georiënteerd is langs de longitudinale axis van de spiervezels. De plaats van de elektrode voor de m. vastus lateralis ligt op het middelpunt van de lijn tussen de grote trochanter en de laterale femorale epicondyl.

Het aanbrengen van de pleisters voor de m. gastrocnemius gebeurt eveneens volgens een protocol. Pleisters voor de gastrocnemius lateralis worden geplaatst op de laterale kop van de gastrocnemius over de ruimte van de grootste spierbuik op de laterale kuit. Pleisters voor de gastrocnemius medialis worden geplaatst op de mediale kop van de gastrocnemius over de ruimte van de grootste spierbuik op de mediale kuit.



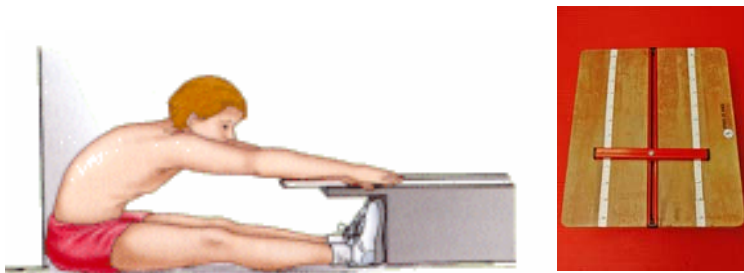
Figuur 20: De toestellen die gebruikt worden voor elektrostimulatie, Myaction Med.



Figuur 21: Proefpersoon waarbij de pleisters voor elektrostimulatie zijn aangebracht.

2.1.3 Sit and reach test

Voor de lenigheidstest werd er geopteerd voor de sit and reach test (zie figuur 22). Hierbij is het de bedoeling dat de proefpersoon vanuit zit met gestrekte benen onder een testtafel zo ver mogelijk voorwaarts reikt en een balkje vooruit duwt. In de tijd van Zinkovsky werden lenigheidstesten uitgevoerd door metingen van de split, en hoe hoog men vanuit stand één been kan opheffen. Het voordeel van de methode Zinkovsky is dat bij deze testen enkel het heupgewricht gebruikt wordt. Bij de sit and reach test daarentegen spelen ook de rugspieren een rol. De resultaten werden uitgedrukt in cm en in een excel-file genoteerd.



Figuur 22: De sit and reach test (52) met rechts het bovenaanzicht van het tafeltje.

2.1.4 Krachtstoel

De krachtstoel, vergelijkbaar met een “leg extension machine” (53) (zie figuur 23) wordt gebruikt als isometrische krachtmeting, in plaats van een isokinetische krachtmeting aangezien andere apparatuur niet ter beschikking is. De proefpersoon neemt plaats op de stoel met zijn voeten achter het plankje zodat het onderbeen hiertegen rust. De proefpersoon brengt vervolgens zijn quadriceps in contractie en het kniegewricht gaat er voor zorgen dat het onderbeen in extensie gaat. Het plankje waar tegen het onderbeen rust komt tegen een weerstand in tot beweging. De grootte van de weerstand is proportioneel met de grootte van de kracht van de quadriceps en wordt weergegeven op een dynamometer in kg (figuur 24). Vanwege deze gebruikte constructie wordt de kracht nog uitgedrukt in kg ($1\text{kg} = 9,8\text{N}$) (34). De proef wordt 3 keer uitgevoerd met beide voeten, de resultaten worden vervolgens genoteerd in een excel-file zodat er gemiddelden genomen kunnen worden.

Bij roeien is isokinetische kracht belangrijk, bijgevolg is het interessanter te kijken naar de isokinetische toename in kracht, dan naar de isometrische krachttoename, maar volgens Moss *et al.* (1993) zijn isokinetische en isometrische metingen gecorreleerd (53).



Figuur 23: De krachtstoel met op de rechtse foto de dynamometer.



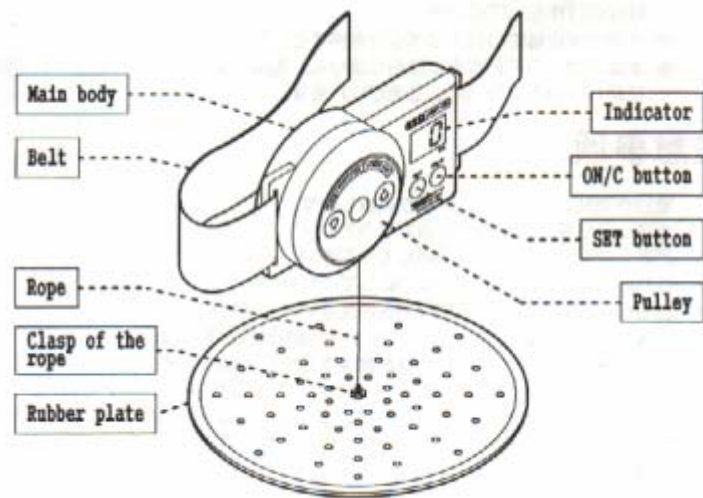
Figuur 24: De dynamometer.

2.1.5 Sprongmeter

De sprongtest wordt gebruikt om de explosieve kracht te meten in de musculus gastrocnemius en de quadriceps. De proefpersoon neemt plaats met beide voeten op een grondplaat en via een koordje dat afrolt, kan er digitaal afgelezen worden hoe hoog de proefpersoon springt (figuur 25, figuur 26). Ook deze test wordt 3 keer per proefpersoon afgenomen zodat er een gemiddelde spronghoogte genomen kan worden. De verticale spronghoogte wordt gemeten met de Takei Jump-MD.



Figuur 25: De sprongtest.



Figuur 26: Schematische voorstelling van de Takei Jump-MD (handleiding Takai Jump-MD).

2.2 Medisch Ethische Commissie

In deze studie wordt er gewerkt met proefpersonen en hierdoor moet de studie eerst voorgelegd worden aan de Medisch Ethische Commissie, van de Universiteit Hasselt. Dit voorlopig werkdocument is terug te vinden in bijlage 1.

2.3 Proefpersonen

Voor deze studie werd er gezocht naar proefpersonen die recreatief roeien en meedoen aan de Hasselt Studenten Regatta. Er werden kandidaten gevonden om mee te werken zowel in het roeiteam van de Xios Hogeschool als van de Universiteit Hasselt. Uiteindelijk waren er 10 roeiers bereid om mee te werken. Deze groep was uiteraard te klein om aan een studie te beginnen dus werd er verder gezocht naar andere sportievelingen. De groep proefpersonen werd uitgebreid tot 31 proefpersonen die minstens 2 maal per week bezig zijn met sport. Tussen deze personen zitten handballers, volleyballers, tafeltennissers, voetballers, basketballers, atletiekers en spinners. Uit deze groep van 31 proefpersonen zijn er gedurende de testen 5 personen weggevallen vanwege kwetsuren, vakantie of om persoonlijke redenen. De geldige proefpersonen hebben allen een leeftijd tussen 17-24 jaar en werden ingedeeld in 3 groepen. Deze 3 groepen zijn een electrovibrostimulatiegroep, een placebogroep en een

controlegroep en bevatten respectievelijk 11, 10 en 5 proefpersonen. De lijst met meerdere gegevens van de proefpersonen wordt teruggevonden in bijlage 2.

Aan deze studie zijn enkele exclusie criteria verbonden, de proefpersonen mogen niet aan volgende eigenschappen voldoen:

- zwanger zijn
- trombotische aandoeningen vertonen
- lijden aan hart-of vaatziekten
- een verse wonde hebben
- bepaalde rugproblematiek vertonen
- aan diabetes lijden
- epilepsie hebben
- ontsteking hebben
- migraine vertonen
- in het bezit zijn van een pace-maker
- een spiraaltje, metalen pennen, implantaten, bouten of platen geplaatst hebben
- recente voorgeschiedenis van een tumor hebben

2.4 Protocol

Het onderzoek wordt ingedeeld in 3 delen, een prestudie, een interventie en een poststudie.

2.4.1 Prestudie

Dit deel van de studie neemt 1 week in beslag en gedurende deze week komen de 26 proefpersonen die deelnemen aan de studie allen langs. Tijdens deze eerste ontmoeting worden er toestemmingsformulieren getekend (zie dossier Medisch Ethische Commissie) en uitgelegd wat er allemaal gaat gebeuren de komende weken. Zodra de proefpersonen toezeggen door hun handtekening te plaatsen wordt hen gevraagd om gedurende een 5-tal minuten los te fietsen op een home-trainer van het merk Kettler. Nadat de proefpersoon is opgewarmd wordt hij gevraagd om deel te nemen aan 3 kleine proeven. Eerst wordt hem gevraagd om plaats te nemen op de krachtmeting stoel en deze oefening 3 keer uit te voeren met beide voeten. Alle gegevens worden genoteerd zodat er gemiddelden genomen konden worden. Vervolgens wordt er gevraagd om de lenigheidstest te ondergaan. De proefpersoon neemt plaats met zijn voeten onder de tafel en duwt het balkje zo ver als mogelijk vooruit met de toppen van zijn vingers. Deze procedure werd ook hier 3 keer herhaald en alle gegevens

worden weer genoteerd zodat er een gemiddelde gemaakt kan worden. De proefpersoon wordt dan gevraagd om een laatste krachtproef te ondergaan door gebruik te maken van de jump meter. De proefpersoon wordt gevraagd 3 keer te springen en de gegevens worden genoteerd.

2.4.2 De interventie

Aan deze eigenlijke studie nemen enkel de elektrovibrostimulatiegroep en de placebogroep deel. De studie zal 4 weken in beslag nemen en gedurende deze 4 weken zullen de 20 proefpersonen 2 keer per week in een lokaal op de campus Diepenbeek van de Universiteit Hasselt langskomen.

2.4.2.1 Elektrovibrostimulatiegroep

De proefpersonen komen op het afgesproken uur langs en mogen nadat ze zijn omgekleed opwarmen door een aantal minuten te fietsen op een hometrainer (zie 2.4.1). Vervolgens worden de pleisters voor de elektrostimulatie aangebracht op de quadriceps femoris spier en de gastrocnemius spier van beide benen. Er werden per been 8 pleisters aangebracht die via 4 draden per been verbonden worden met de elektrostimulator. De proefpersoon mag hierna plaatsnemen op de trilplaat. Het voltage van de elektrostimulator wordt opgedreven tot een bepaald punt waar de proefpersoon het als onaangenaam ervaart, met dit voltage wordt er verder gewerkt. De elektrostimulator is zo ingesteld dat er elektrische stroom is wanneer de plaat niet trilt en de proefpersoon geen oefeningen aan het doen is. Het gemiddelde aantal millivolt dat door de proefpersonen verdragen werd is 27 mV. De proefpersoon zal nu een aantal oefeningen op de trilplaat doorlopen die zijn opgesteld in samenwerking met een kinesist (zie bijlage 4). Deze oefeningen zijn speciaal voor de antagonisten, de hamstrings en de extensoren van de enkel. Uit praktische overweging is in het studieprotocol oefening 10 van iedere week telkens weggelaten. De oefeningen verschillen niet van week tot week maar de tijdsduur per oefening en de frequentie wordt wel opgedreven. Voor elke oefening uitgevoerd op de trilplaat staat de amplitude laag en is de rustperiode tussen 2 oefeningen 30 seconden. De oefeningen gebeuren blootsvoets zodat er geen verschil in demping is van de trillingen aangezien niet iedereen dezelfde schoenen heeft.

2.4.2.2 Placebo groep

De proefpersonen komen op het afgesproken uur langs en mogen nadat ze zijn omgekleed opwarmen door een aantal minuten te fietsen op een hometrainer (zie 2.4.1). Aan gezien deze personen de placebogroep vormen, ondergaan ze geen elektrovibrostimulatie. Deze

proefpersonen doorlopen dezelfde reeks oefeningen als de elektrovibrostimulatie groep maar dan zonder gestimuleerd te worden. We spreken in deze studie niet over een blinde studie, dus de proefpersonen weten dat ze niet gestimuleerd worden, en behoren tot de placebogroep. Ook hier krijgen de proefpersonen tussen elke oefening een pauze van 30 seconden.

2.4.2.3 Controlegroep

Aan deze interventie neemt de controlegroep niet deel. Deze groep dient immers om te kijken of de proefpersonen ook niet in kracht toenemen zonder dat er speciale oefeningen worden uitgevoerd. De controlegroep gaat gedurende deze 4 weken gewoon verder met het beoefenen van hun eigen sport. De controlegroep neemt dus enkel deel aan de testen van de prestudie en de poststudie.

2.4.3 De poststudie

Dit deel van de studie neemt opnieuw 1 week in beslag. Gedurende deze periode komen de proefpersonen van alle groepen, dit wil zeggen van de elektrovibrostimulatiegroep, de placebogroep en de controlegroep weer langs. Na verloop van de 4 weken training ondergaan alle proefpersonen dezelfde testen als in de prestudie.

De proefpersoon fietst zich weer een aantal minuten los (zie 2.4.1) zodat zijn spieren zijn opgewarmd. Nadat de proefpersoon opgewarmd is, wordt hij opnieuw gevraagd om deel te nemen aan 3 kleine proeven. Eerst neemt hij plaats op de krachtmeting stoel en voert hij deze oefening 3 keer uit met beide voeten. Alle gegevens worden zoals voorheen genoteerd in een excel-file zodat er gemiddelden genomen kunnen worden. Vervolgens wordt er gevraagd om de lenigheidstest te ondergaan. De proefpersoon neemt plaats met zijn voeten onder de tafel en duwt het balkje zo ver als mogelijk vooruit met de toppen van zijn vingers. Deze procedure wordt ook hier 3 keer herhaald en alle gegevens worden weer genoteerd zodat er een gemiddelde gemaakt kan worden. De proefpersoon wordt dan gevraagd om de laatste krachtproef te ondergaan door gebruik te maken van de jump meter. Ook hier moet de proefpersoon 3 keer springen en wordt er een gemiddelde gemaakt dat vervolgens genoteerd wordt in de excel-file.

2.5 Statistiek

Na de proefperiode worden de verzamelde gegevens omgezet in grafieken en vervolgens kunnen ze ingevoerd kunnen worden in een statistisch computerprogramma. Er wordt gebruik gemaakt van het computerprogramma SAS en er wordt een gepaarde t-test uitgevoerd.

3 Resultaten

In dit onderzoek is het de bedoeling de superioriteit te bewijzen van elektrovisatie training versus klassieke krachttraining. In de eerste plaats bij roeiers, deze groep werd aangevuld door sporters die minstens 2 keer per week aan sport doen. Gezien de beperkte tijd is er gekozen voor een beperkt aantal spieren die gestimuleerd worden met elektrovisatie (m. quadriceps femoris en m. gastrocnemius).

De testen die uitgevoerd worden staan beschreven in de materialen en methoden en de resultaten, verzameld in een excel-file (zie tabel 1), zijn via het statistisch programma SAS verwerkt.

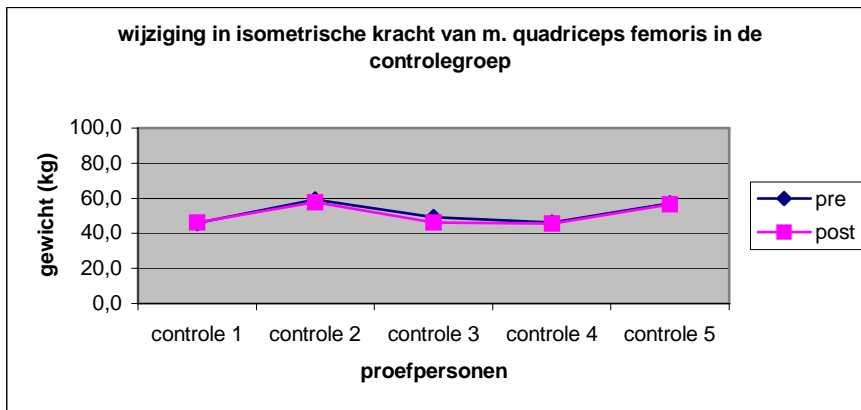
isometrische kracht van de m. quadriceps femoris			lenigheid		
	pre	post		pre	post
controle 1	46,0	46,3	controle 1	36,8	37,7
controle 2	59,3	57,7	controle 2	22,0	22,3
controle 3	49,3	46,3	controle 3	31,5	31,3
controle 4	46,3	45,7	controle 4	20,8	20,8
controle 5	57,0	56,7	controle 5	18,7	18,7
explosieve kracht van de m. quadriceps femoris en m. gastrocnemius					
	pre	post		pre	post
controle 1	30,7	30,0			
controle 2	55,3	54,3			
controle 3	59,3	53,3			
controle 4	40,3	41,7			
controle 5	40,0	41,3			
isometrische kracht van de m. quadriceps femoris					
	pre	post		pre	post
placebo 1	63,7	63,0	placebo 1	22,8	22,8
placebo 2	70,0	69,7	placebo 2	10,0	10,5
placebo 3	47,0	45,7	placebo 3	22,2	21,8
placebo 4	56,7	57,7	placebo 4	12,2	12,3
placebo 5	49,0	49,3	placebo 5	22,0	21,7
placebo 6	67,3	68,7	placebo 6	9,3	9,7
placebo 7	66,3	67,7	placebo 7	12,0	11,7
placebo 8	56,0	56,7	placebo 8	11,7	11,7
placebo 9	55,0	54,3	placebo 9	14,0	14,0
placebo 10	67,7	67,7	placebo 10	17,3	17,3

explosieve kracht van de m. quadriceps femoris en m. gastrocnemius							
	pre		post				
placebo 1	55,7		55,3				
placebo 2	53,7		54,0				
placebo 3	41,0		41,7				
placebo 4	48,7		49,7				
placebo 5	43,0		43,0				
placebo 6	54,3		54,3				
placebo 7	50,7		52,3				
placebo 8	51,7		51,7				
placebo 9	49,7		49,7				
placebo 10	54,0		54,0				
isometrische kracht van de m. quadriceps femoris			lenigheid				
	pre		post				
EVS 1	78,3		90,7		EVS 1	16,7	16,7
EVS 2	53,3		59,7		EVS 2	10,8	10,8
EVS 3	49,3		58,7		EVS 3	20,2	20,5
EVS 4	37,7		39,7		EVS 4	2,2	2
EVS 5	40,7		42,3		EVS 5	19,2	19,3
EVS 6	32,0		39,7		EVS 6	25,7	25,8
EVS 7	36,7		37,7		EVS 7	4,8	4,5
EVS 8	35,7		40,7		EVS 8	20,5	20,7
EVS 9	33,3		40,7		EVS 9	18,5	18,2
EVS 10	73,0		79,7		EVS 10	17,5	17,5
EVS 11	22,3		32,3		EVS 11	29,2	29,3
explosieve kracht van de m. quadriceps femoris en m. gastrocnemius							
	pre		post				
EVS 1	53,7		55,7				
EVS 2	57,0		58,7				
EVS 3	53,0		59,0				
EVS 4	47,3		51,7				
EVS 5	28,0		29,0				
EVS 6	42,7		48,0				
EVS 7	43,3		46,7				
EVS 8	42,0		45,7				
EVS 9	27,3		28,0				
EVS 10	56,7		59,3				
EVS 11	35,7		37,3				

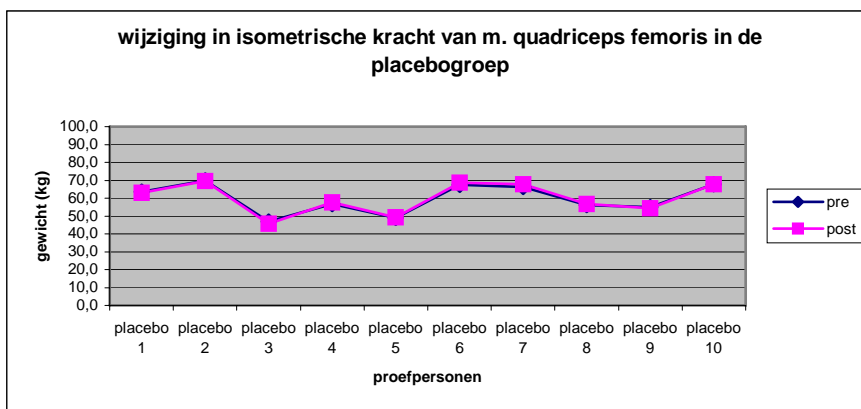
Tabel 1: Gegevens van de studie.

3.1 Isometrische krachtwijziging in de m. quadriceps femoris

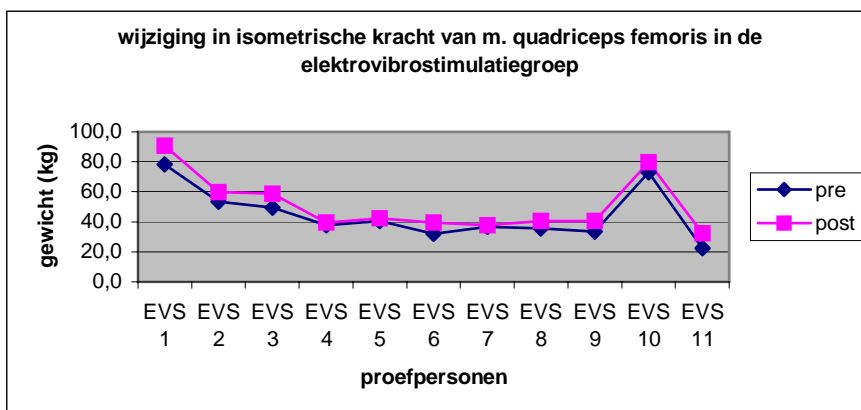
Met behulp van de krachtstoel test men gedurende de prestudie en de poststudie de isometrische kracht van de quadriceps in beide benen samen. De waarden per proefpersoon worden hieronder uitgezet in grafieken.



Grafiek 1: Isometrische krachtwijziging van de m. quadriceps femoris in de controlegroep.



Grafiek 2: Isometrische krachtwijziging van de m. quadriceps femoris in de placebogroep.



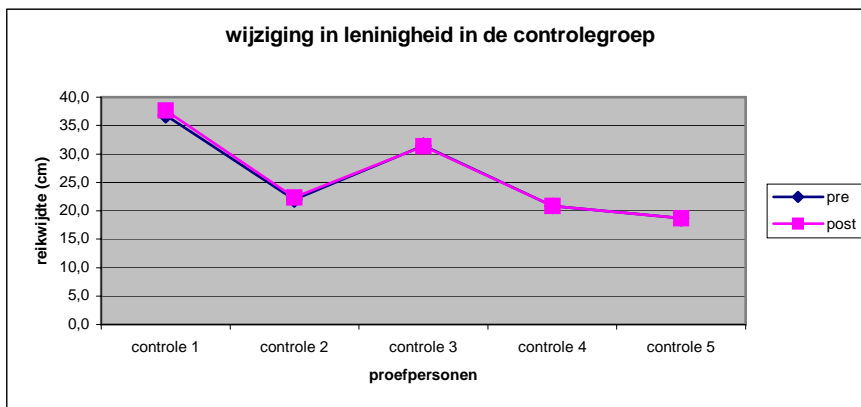
Grafiek 3: Isometrische krachtwijziging van de m. quadriceps femoris in de elektrovibratiestimulatiegroep.

In grafiek 1 zien we dat er in de controle geen proefpersonen een waarneembare wijziging in de kracht van de quadriceps ondergaan, met uitzondering voor proefpersoon 3, hier is er een kleine daling van de kracht. In grafiek 2 wordt er gekeken naar de krachtwijziging bij de

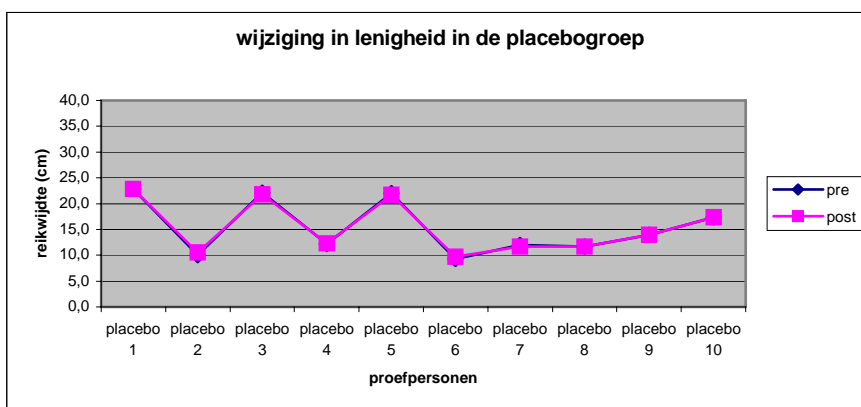
placebogroep en in deze groep is de kracht ongeveer ongewijzigd gebleven bij alle proefpersonen. Wanneer we kijken naar grafiek 3 waarin de resultaten van de elektrovirostimulatiegroep worden uitgezet zien we dat er hier bij elke proefpersoon een krachttoename heeft plaatsgevonden. Deze krachttoename is echter beperkt bij proefpersoon 4, proefpersoon 5 en proefpersoon 7.

3.2 Wijzigingen in de lenigheid

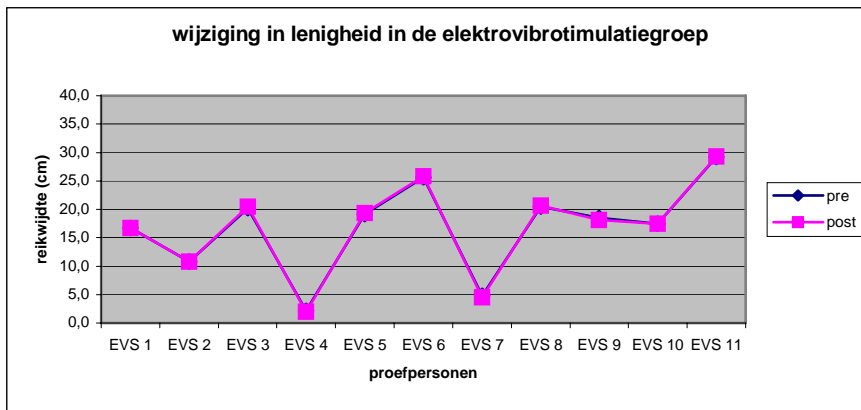
Met behulp van de sit and reach test wordt er gedurende de prestudie naar de lenigheid van de proefpersonen gekeken zodat er tijdens de poststudie gekeken kan worden hoe de proefpersonen geëvolueerd zijn. De waarden per proefpersoon worden hieronder uitgezet in grafieken.



Grafiek 4: Wijziging in lenigheid in de controlegroep.



Grafiek 5: Wijziging in lenigheid in de placebogroep.

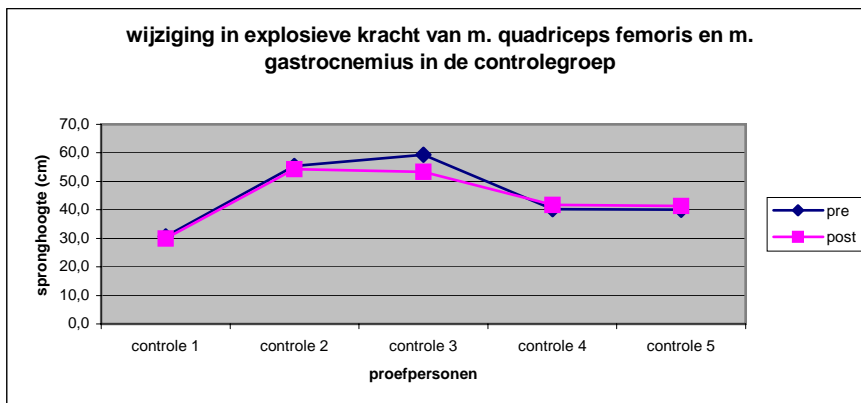


Grafiek 6: Wijziging in lenigheid in de elektrovibrostimulatiegroep.

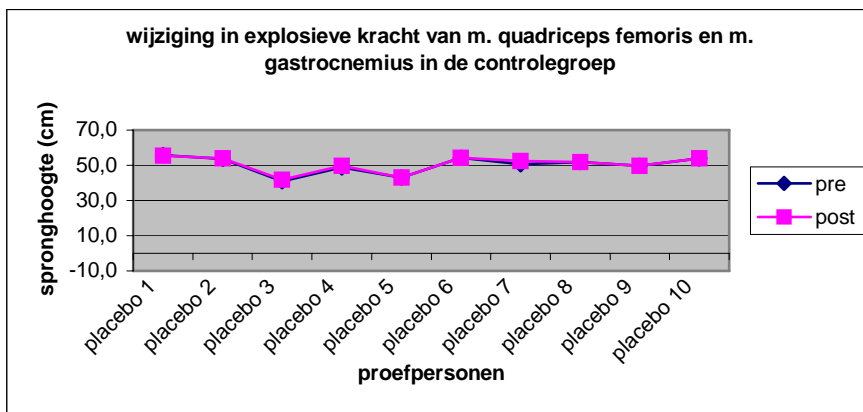
In grafiek 4 zien we dat er in de controlegroep geen wijziging in de lenigheid plaatsvindt en dit is tevens zo te zien in grafiek 5 en 6 voor respectievelijk de placebogroep en de elektrovibrostimulatiegroep. Er kan dus gezegd worden dat de lenigheid noch toeneemt noch afneemt in de 3 studiegroepen.

3.3 Explosieve krachtwijziging in de m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius

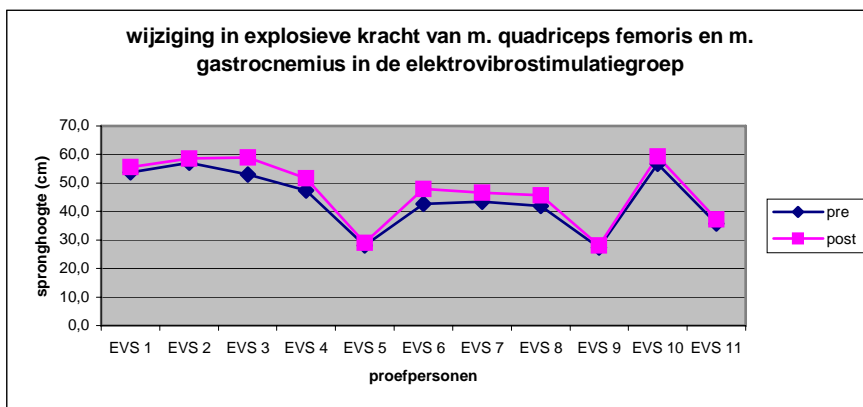
De sprongtest wordt gebruikt om de explosieve kracht te meten in de m. gastrocnemius en de m. quadriceps femoris. De waarden per proefpersoon worden hieronder uitgezet in grafieken.



Grafiek 7: Explosieve krachtwijziging van de m. quadriceps femoris en de m.gastrocnemius in de controlegroep.



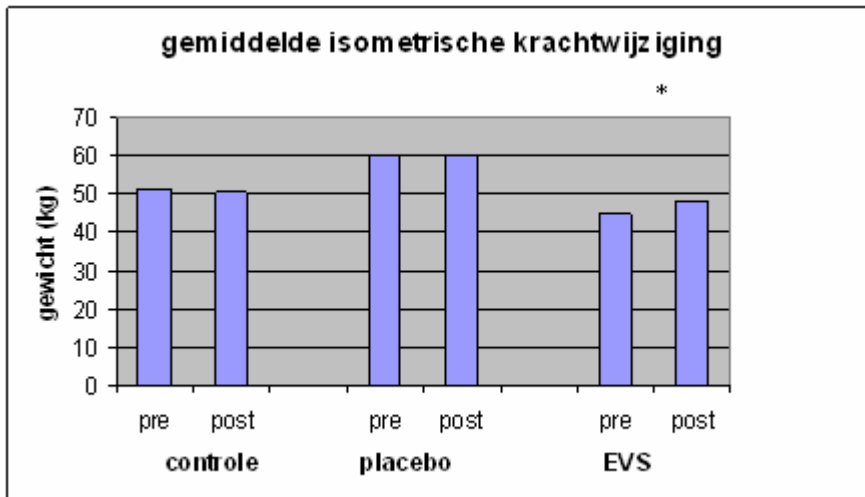
Grafiek 8: Explosieve krachtwijziging van de quadriceps femoris en de m.gastrocnemius in de placebogroep.



Grafiek 9: Explosieve krachtwijziging van de quadriceps femoris en de m.gastrocnemius in de elektrovibratingstimulatiegroep.

In grafiek 7 vinden we de waarden van de controlegroep terug en zien we dat er in deze groep enkel bij proefpersoon 3 een afname is van de explosieve kracht in de quadriceps femoris en de m. gastrocnemius, bij de andere proefpersonen is er geen afname noch een toename. In grafiek 8 worden de gegevens van de placebogroep weergegeven en hier zien dat de explosieve kracht hetzelfde blijft tijdens de prestudie en de poststudie. In grafiek 9 daarentegen zien we een krachttoename bij elke proefpersoon, deze krachttoename is wel in mindere mate bij proefpersoon 1, proefpersoon 5, proefpersoon 9 en proefpersoon 11.

3.3 Gemiddelde isometrische krachtwijziging in de m. quadriceps femoris

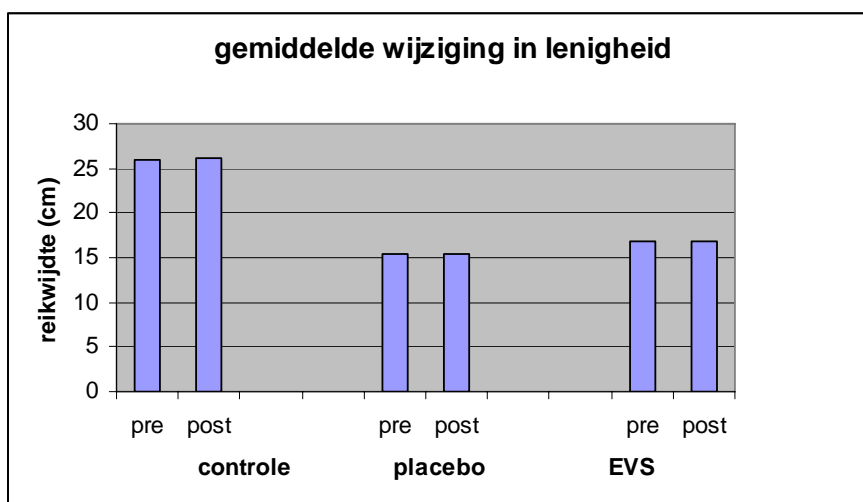


Grafiek 10: Gemiddelde isometrische krachtwijziging.

* wijst erop dat de waarden van de poststudie significant hoger liggen dan de waarden van de prestudie met $p < 0,05$.

Voor de isometrische kracht geldt dat er een significante toename is van de isometrische kracht in de elektrovibrostimulatiegroep ($p < 0,001$). Deze isometrische kracht is echter niet significant toegenomen in de placebogroep en de controlegroep.

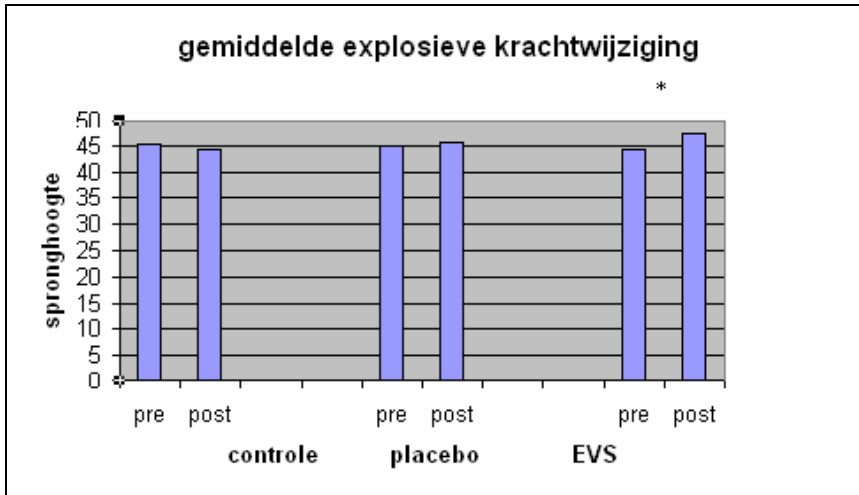
3.5 Gemiddelde wijziging in lenigheid



Grafiek 11: Gemiddelde wijziging in lenigheid.

Wanneer we kijken naar de gemiddelde waarden in lenigheid in de 3 groepen zien we dat er nergens een significante wijziging plaatsvindt.

3.6 Gemiddelde explosieve krachtwijziging in m. quadriceps femoris en de m. gastrocnemius



Grafiek 12: Gemiddelde explosieve krachtwijziging.

* wijst erop dat de waarden van de poststudie significant hoger liggen dan de waarden van de prestudie met $p < 0,05$.

Voor de explosieve kracht geldt dat er een significante toename is van de explosieve kracht in de elektrovibrostimulatiegroep ($p < 0,001$). Deze explosieve kracht is echter niet significant toegenomen in de placebogroep en de controlegroep.

4 Discussie

Deze studie is gebaseerd op de studies uitgevoerd door Zinkovsky eind jaren '80 van de 20^{ste} eeuw. Zinkovsky deed toen onderzoek naar het trainen van het bewegingsapparaat met behulp van elektrovirostimulatie. In zijn studies paste hij simultaan elektrostimulatie toe op de agonisten en virostimulatie toe op de antagonist (1-4).

Deze studie gaat uit van hetzelfde principe, het enige verschil met Zinkovsky is de wijze waarop de virostimulatie wordt toegepast. Tegenwoordig wordt er gebruik gemaakt van trilplaten die er voor zorgen dat het lichaam integraal trilt, we spreken in dit geval van Whole Body Vibration, terwijl er in de tijd van Zinkovsky de virostimulatie lokaal wordt toegepast.

Deze pilootstudie vergelijkt het effect van 4 weken elektrovirostimulatie met klassieke weerstandstraining bij jonge sporters, meer specifiek bij roeiers. De resultaten van deze studie tonen duidelijk aan dat de kracht, en meer specifiek de isometrische en explosieve kracht, significant verbetert na 4 weken elektrovirostimulatie training. Er wordt ook gekeken naar de effecten op de lenigheid van de sporters. Bij de lenigheid treden er geen significante wijzigingen op.

Wanneer we de waarden per individu evalueren zien we dat in de controlegroep bij proefpersoon 3 zowel de isometrische als de explosieve kracht in kleine mate afneemt. Deze afname is verklaarbaar want na navraag bij de proefpersoon blijkt dat hij ongeveer gelijktijdig met het verloop van de studie zijn volleybaltraining heeft stilgelegd wegens teveel schoolwerk.

Bij de proeven naar isometrische kracht zien we bij de elektrovirostimulatiegroep een toename in kracht. Bij proefpersoon 4, 5 en 7 is deze toename beperkt. Een mogelijke uitleg voor deze beperkte toename kan zijn dat deze proefpersonen reeds dicht bij hun maximale kracht zaten en dan is het vanzelfsprekend moeilijker om de kracht op deze korte tijd met grote mate te doen stijgen.

Bij de explosieve kracht zien we ook een toename bij de elektrovirostimulatiegroep, hier is de toename echter beperkt bij proefpersoon 1, 5, 9 en 11. Wanneer er gekeken wordt in de tabel met de gegevens van de proefpersonen (zie bijlage 2) zien we dat deze proefpersonen handbal of volleybal spelen. Dit zijn beide sporten waarin explosieve kracht een belangrijke rol speelt. Deze proefpersonen zitten bijgevolg al dicht bij hun maximale explosieve kracht met als gevolg dat het moeilijker is deze kracht te verbeteren.

4.1 Isometrische en explosieve krachttoename

Uit de voorgaande onderzoeken van vibratietraining op korte termijn blijkt dat de effecten van vibratietraining op korte termijn positief zijn maar verschillende kanttekeningen hebben voor het behalen van deze positieve resultaten, zoals uitvoerig besproken in het literatuuroverzicht (1.1).

Wanneer we kijken naar onze proeven met de krachtstoel en de proeven met de jump meter zien we dat de kracht bij de proefpersonen die elektrovibrostimulatie training ondergingen significant is toegenomen terwijl dit bij de placebo- en controlegroep niet het geval is. Deze uitkomsten wijzen ons er op dat training met elektrovibrostimulatie efficiënter is dan dezelfde training zonder tussenkomst van elektrovibrostimulatie.

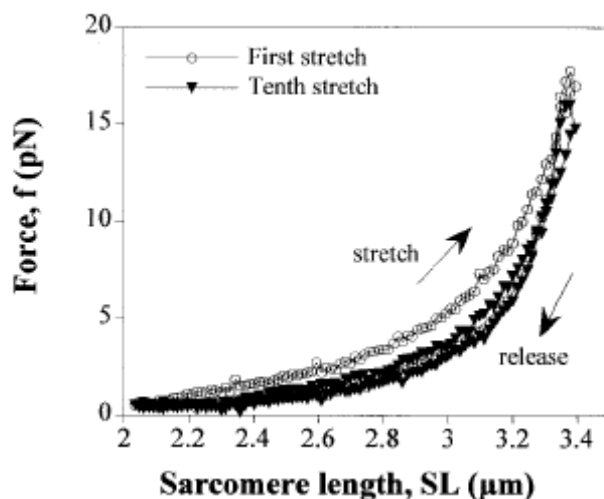
De maximale kracht die een spier bij contractie kan ontwikkelen is afhankelijk van verschillende onderdelen. Zo wordt de maximale kracht die een spier kan ontwikkelen bepaald door het aantal motorunits dat wordt geactiveerd. Hoe meer motorische eenheden actief zijn, des te groter is de kracht die de spier kan ontwikkelen. Ook de frequentie waarmee afzonderlijke motorunits contraheren speelt een rol. Hoe hoger deze frequentie ligt, des te meer spierkracht. Bij deze maximale krachtontwikkeling is afhankelijk van het type vezel dat gerecruteerd wordt. De maximale kracht die een spier kan leveren is namelijk groter, naarmate de spier meer snelle vezels bezit (11).

Vanuit de bovenstaande wetenschappelijke uitleg kan verklaard worden waarom de elektrovibrostimulatie groep betere vorderingen heeft gemaakt. Gedurende de whole body vibratietraining ondergaan de skeletspieren kleine veranderingen in spierlengte. Hierdoor wordt de myotatische reflex die hierboven besproken is makkelijker geëxciteerd (26). Tijdens deze reflex worden de snelle spiervezels gerecruteerd en zijn de bewegingen te snel voor de trage spiervezels. Deze specifieke trainingsprikkel kan binnen een gewone training slechts kort bereikt worden. Door gebruik te maken van de trilplaat zijn het echter de snelle spiervezels die de maximale kracht en vermogen bepalen. Uit fysiologisch onderzoek is gebleken dat de rekrutering van de motor units een zeer bepaalde volgorde heeft (54). Eerst worden de units gerecruteerd die kleine motoneuronen hebben en waarvan de spiervezels tot type I (trage vezels) behoren. Indien meer spierkracht wordt vereist, worden eerst de grotere motoneuronen ingeschakeld, die het spiervezel type IIa (intermediare vezels) nerveren, en ten slotte de grootste motoneuronen die spiervezel IIb (snelle vezels) inerveren. Verbeteringen op dit vlak kunnen vervolgens verwacht worden (1).

Uit studies van Maffiuletti *et al.* (2002) over de effectiviteit van elektrostimulatie als krachtwinstmethoden is echter gebleken dat vooral de motor unit recruitment significant verbetert waardoor de spierkracht dus weer zal toenemen (17, 18).

Een andere verklaring kan hieraan gegeven worden door te kijken naar de zones van actieve en passieve insufficiëntie. Om de kracht en mogelijk ook de gewrichtsmobiliteit te laten toenemen moet de zone van actieve insufficiëntie van de agonisten verkleind worden en moeten de antagonisten een deel van hun passieve insufficiëntie overwinnen. De agonisten gaan bijgevolg gedurende contractie sterker worden en de antagonisten gaan gedurende contractie beter kunnen rekken (1-4).

Titine is een molecule dat hierin een belangrijke rol speelt. Uit een studie van Kellermayer *et al.* (2001) blijkt dat titine na veel herhalingen van stretching, wat te vergelijken valt met na veel herhalingen van trillen, “vermoeid” geraakt, dit wordt ook wel eens mechanische vermoeidheid genoemd. Doordat het titine vermoeid geraakt zal het zich makkelijker laten uitrekken. Wanneer we dit toepassen op deze studie zijn het de hamstrings die als antagonisten getrild en dus gestretcht worden. Na herhaalde trillingen zal het titine in de spiervezels van de hamstrings vermoeid geraken, hierdoor neemt de sarcomeerlengte toe en is de spier makkelijker te rekken. Indien de hamstrings die functioneren als een antagonist meer kunnen uitrekken zullen ze in geval van spiercontractie de agonisten minder tegenwerken waardoor de agonisten meer kracht kunnen uitoefenen (zie figuur 27) (55).



Figuur 27: Kracht versus sarcomeerlengte curve, bij eenzelfde uitwendige kracht zal na een groter aantal keer stretchen de lengte van het sarcomeer toenemen (Kellermayer, 2001) (55).

In deze studie zijn er 2 weken na de poststudie of halverwege de studie niet nog eens testen gedaan om te evalueren wat er met de toegenomen kracht gebeurd. Deze evaluaties konden niet plaatsvinden wegens tijdsgebrek. Het is wel zo dat de Hasselt Studenten Regatta 2 weken na het verloop van de studie plaatsvond en dat de ploegen waaruit proefpersonen kwamen die tot de elektrovibrostimulatiegroep behoren respectievelijk 1^{ste} en 2^{de} werden. Dit kan er op wijzen dat de krachttoename nog steeds aanwezig was 2 weken na het verloop van de studie.

4.2 Geen gemeten verandering in lenigheid

Wij kunnen de hypothese van Zinkovsky niet bevestigen. We moeten hier echter rekening houden met het feit dat er een andere test gebruikt is om de lenigheid te evolueren. Zinkovsky testte namelijk de lenigheid door te kijken hoe hoog de proefpersonen hun been konden optillen tegen een sportraam. In deze studie is er gebruik gemaakt van de sit and reach test waarbij niet alleen de rek van de hamstrings een rol speelt maar ook de spieren in de rug belangrijk zijn. Dit kan verklaren waarom er geen toename is in lenigheid aangezien er in het studieprotocol (zie bijlage 3) geen oefeningen zitten die er specifiek voor zorgen dat de lenigheid zal toenemen.

Men kan dus eigenlijk aannemen dat er waarschijnlijk wel verbetering is in de lenigheid van de hamstrings maar dat dit effect niet tot uiting komt daar er hier gebruik wordt gemaakt van de sit and reach test waarbij ook de beweeglijkheid van de rug, naast het heupgewricht belangrijk is.

Volgens Bourgois (2007) is het ook zo dat de lenigheid pas verbetert indien lenigheidsoefeningen zeer specifiek op de gewenste spiergroep worden toegepast en de oefening minimum 40 seconden wordt volgehouden. Bourgois stelt ook dat lenigheid oefenen reeds vanaf de kindertijd moet worden meegegeven want op latere leeftijd de lenigheid verbeteren is moeilijk en leidt makkelijker tot kwetsuren (56).

Ter conclusie van dit onderzoek kunnen we bijgevolg zeggen dat elektrovibrostimulatie wel degelijk zorgt voor een verbetering van de isometrische en isokinetische kracht ten op zichte van de andere studiegroepen. De lenigheid blijft ongewijzigd maar hiernaar is zeker en vast verder onderzoek noodzakelijk waarbij gebruik gemaakt wordt van andere lenigheidstesten. Het is zeker ook de moeite om het effect van elektrovibrostimulatie verder te onderzoeken door gebruik te maken van een isokinetische krachtmetingen met behulp van bijvoorbeeld het Cybex-apparaat. In volgende studies kan men ook beter de proefpersonen opdelen in een

groep die enkel met elektrostimulatie traint en een groep die enkel met vibratietraining traint, dit om tot meer specifieke conclusies te kunnen komen.

Referenties

1. Zinkovsky A.V., Eliseev S.V., Kuznetsov V.V., Zoubova I.A., Schmidt, K.P. Training of the skeletal-muscular apparatus of sportsmen through electrovibrostimulation. XIV International Symposium on Biomechanics in Sports, June 25-29, 1996, Lisboa, Book of Abstracts. Editor João M.C.S. Abrantes, Edições FMH Universidade Técnica de Lisboa, ISBN 972-735-029-1, 1996; 191.
2. Zinkovsky A.V., Arsenyev D.G., Kuznetsov V.V., Zoubova I.A., Schmidt K.P. Electro-vibrostimulation training and recuperation of the human skeletal-muscular apparatus. 10th Conference of the European Society of Biomechanics Leuven, August 28-31, 1996, Book of Abstracts. Edited by Jos Vander Sloten, Geert Lowet, Remi Van Audekercke and Georges Van der Perre, ISBN 90-803242-1-3, 1996; 238.
3. Zinkovsky A.V., Kuznetsov V.V., Schmidt K.P., Zoubova I.A. Biomechanical stimulation of the human skeletal-muscular apparatus in zones of the active and passive insufficiency. XVIth Congress of the International Society of Biomechanics, Tokyo, August 25 - 29, 1997. Book of Abstracts, 328.
4. Zinkovsky A.V., Zoubova I.A., Schmidt K.P., Van Zwieten K.J. Training of the skeletal-muscle apparatus of sportsmen through electrovibrostimulation. Tijdschrift voor Fysische Therapie 1997; 4, 9-11.
5. Delecluse C., Roelants M., Verschueren S. Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003; 35, 1033 -1041.
6. Müller E., Löberbauer E., Kruk M. Elektrostimulation und Whole Body Vibration: zwei erfolgreiche Krafttrainingsmethoden ? *Leistungssport* 2003; 4, 4 -10.
7. Diricks K., Hauglustaine S., Van Zwieten K. J., Lippens P.L., Schmidt K.P., Zinkovsky, A.V. Soft tissues possibly transducing low frequency vibrations in the human locomotor apparatus. Proceedings of the Eleventh International Congress on

Sound and Vibration, Edited by Nickolay I. Ivanov and Malcolm J. Crocker, St. Petersburg, Russia, 5 - 8 July 2004, ISBN 5-7325-0816-3, 1787-1790.

8. Nackaerts K. Whole body vibration as an adjuvant therapy for treating repetitive strain injury (RSI). MSc Thesis in Physical Therapy, Provinciale Hogeschool Limburg, Departement Gezondheidszorg, Opleiding Kinesitherapie. Hasselt (2006).
9. Moll H.C. Leerboek der biomechanica, 2de druk. Utrecht 1987, Wetenschappelijke Uitgeverij Bunge, 1987.
10. Van Zwieten K. J., Zubova, I.A. Methods to improve the health of the student population at the University of Hasselt, Belgium, by means of sports and movement facilities. In : Varzin S.A., Voronko, S.E., Tarasovskaia, O.U., Prus, L.A., Eds. Transactions of the All-Russian Scientific Conference "Health as the basis of human potential: problems and how to solve them". September 26-28, 2006, Saint-Petersburg Polytechnic University Publishers: © Saint-Petersburg State University © Saint-Petersburg Polytechnic University, 2006, 194 -197.
11. Torvinen S. Sievanen II, Jarvinen T.A.H., Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min Vertical Whole Body Vibration of Muscle Performance and Body Balance. *Int J Sports Med*, 2006; 23, 374-79.
12. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*. 2003; 20(2), 134-142
13. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Tihanyi J, von Duvillard S and Viru A. The influence of whole body vibration on the mechanical behaviour of skeletal muscles. *Biologic Sport*. 1998; 153, 157-164
14. de Ruiter, C.J, Van der Linden, R.H., Van der Zijden, M.J.A., Hollander, A.P. and de Haan, A. Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 2003; 88, 472-475.

15. Torvinen S., Kannus P., Sievänen H., Järvinen T., Pasanen M., Kontulainen S. et al. (2002) Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medical Science Sports Exercise*. 34(9): 1523-1528.
16. Roelants M, Delecluse C, Verschueren S. Whole Body Vibration training increases knee – extension strength and speed of movement in older women. *Journal of American Geriatric Soc*. 2004; 52: 901-908.
17. Maffiuletti N.A., Pensini M., and Martin A., Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training, *Journal of Applied Physiology* 2003; 92, 1383-1392.
18. Maffiuletti, N.A., Dugnani S., Folz, M., Di Pierno, E. and Mauro, F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine & Science in sports & Exercise*, 2002; 34, 10, 1638-1644.
19. Mazzone, T. Kinesiology of the rowing stroke. *Journal of strength and conditioning research*, *Sports Performance Series*, 1988; 10, 2, 4-13.
20. Jensen, R.L., Freedson, P.S., Hamill, J. The prediction of power and efficiency during near-maximal rowing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1996, 73 (1-2), 98-104
21. Kleshnev, V. Moving the Rowers: biomechanical background. *Australian Rowing*, Carine, W.A. 2002; 25 (1), 16-19. www.biorow.com/Papers.htm
22. Kleshnev, V. *Rowing Biomechanics Newsletter*, 2004; 4, 6. www.biorow.com
23. Adrian, S. Die Physik des Rudersports unter biomechanischen Gesichtspunkten. Facharbeit im Rahmen des Abiturs aus dem Fachbereich Sport und Physik. Immanuel Kant Schule, Rüsselsheim, 2004.

24. Nowicky, A.V., Burdett, R., Horne, S. The impact of ergometer design on hip and trunk muscle activity patterns in elite rowers: an electromyographic assessment. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2005; 18-28.
25. Huizing M. De wonderen van het vibrerende lichaam. *Sportmassage Internationaal*, 2000, 6-7.
26. Bear F., Connors B., Paradiso M. *Spinal Control of Movement. Neuroscience, Exploring The Brain*. 2th ed. Baltimore, Lippincott Williams and Wilkins, 2001; 436-464.
27. Beekhuizen K., Field-Fole E., Burns P., Jacobs P. Acute effects of whole-body vibration on Soleus H-reflex. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2004; 36, 5, 5351.
28. http://nl.wikipedia.org/wiki/roeien_%28sport%29
29. Grabow V., *Grundkurs Rudern*, Universität Dortmund, 2003.
30. <http://www.uhasselt.be/sub.php?url=regatta.hasselt.be>
31. Lambrechts D., Van Zwieten K.J., Lippens P.L., Schmidt K. P., Hauglustaine S. The role of the pronator teres muscle in the arm during the rowing movement, at the end of the stroke. *Proceedings of the 2nd International Congress on "Sport and Health"*, April 21-23, 2005, St. Petersburg, Russia, under the auspices of the Secretary General of the Council of Europe, Mr. Terry Davis. St. Petersburg 358-3 ISBN 5-94988-012-9,358-359.
32. "Der Bootsbau" in <http://www.rv-wiking.at>
33. Tachibana, K., Furuhashi, T., Shimoda, M., Kawakami, Y., Fukunaga, T. (2001) Relationships between muscle power patterns and rowing performance. *Proceedings XVIIIth Congress, International Society of Biomechanics. Laboratory for*

Biomechanics, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland, July 8-13, 2001, Sports 6, Performance, Oral Session 0782.

34. Adrian, M.J. and Cooper, J.M. Biomechanics of human movement. Second edition, Brown & Benchmark, Madison, 1989.
35. Klein-Vogelbach, S. Functional Kinetics. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg 1990.
36. Boron W., Boulpaep E. Cellular physiology of skeletal, cardiac and smooth muscle. Medical Physiology. Philadelphia: Saunders, 2003; 230-254.
37. De Ryck L., Vanduffel L., Van Zwieten K.J., Wouters I. Het Locomotorisch Stelsel. Metabolisme en activiteit. Diepenbeek: Limburgs Universitair Centrum, 2004; A49.
38. Robben J., Vandersteen M. Van cel tot individu tot populatie. Diepenbeek: Universiteit Hasselt, 2006-2007; 20.
39. www.givnology.com
40. Tortora G, Grabowski S.R. Principles of anatomy and physiology. Ninth edition. New York: John Wiley and Sons 2000.
41. Huxley, H.E. Fifty years of muscle and sliding filament hypothesis. Waltham, Brandeis University, MA, USA, Eur. J. Biochem. 2004; 271, 1403-1415.
42. Holmes K. C., Schroder R. R., Sweeney H. L., Houdusse A. The structure of the rigor complex and its implications for the power stroke. Phil. Trans. R. Soc. 2004; 1819-1828.
43. Tskhavrebava L., Trinick J. Titin: properties and family relationships, nature reviews molecular cell Biology, 2003; 4, 679- 68.
44. Sanger J.W., Sanger J.M. fishing out proteins that bind to titin, journal of biology, 2001; 154, 1.

45. Linke W.A., Kulke M., Li H., Fujita-Becker S., Neagoe C., Manstein D.J., Gautel M. PEVK Domain of titin: an entropic Spring with Actin-Binding Properties, *Journal of structure Biology* 2002; 137, 194-205.
46. Vranken T. Jaarwerkstuk: passieve en actieve insufficiëntie, School voor Levenswetenschappen, Transnationale Universiteit Limburg 2006.
47. Kubo K., Akima J. Ushiyama I. Tabata H. Fukuoka H. Kanehisa T. Effect of 20 days of bedrest on the viscoelastic properties of human tendon structures in lower limb muscles'. *British Journal of Sports Medicine* 2004; 38/3 324-330.
48. Robbemon J. Stretchen: zinloos of zinloos? Examenopdracht afdeling Fysiotherapie, Hogeschool Utrecht, 2005. hbo-kennisbank.uvt.nl/cgi/hu/show.cgi?fid=5514.
49. Doeglas, K., 'Stretchen voor prestaties'. Afstudeer artikel Hogeschool van Utrecht Faculteit Gezondheidszorg, 2004. Geciteerd in: Robbemon J. Stretchen: zinloos of zinloos? Examenopdracht afdeling Fysiotherapie, Hogeschool Utrecht, 2005. hbo-kennisbank.uvt.nl/cgi/hu/show.cgi?fid=5514.
50. Ingraham, S.J. The role of flexibility in injury prevention and athletic performance: have we stretched the truth? *Minnesota Medicine*. 2003; 86/5, 58-61.
51. Witvrouw, E., N. Mahieu, L. Danneels, P. McNair, 'Stretching and injury prevention: an obscure relationship'. *Sports Medicine* 2004; 34/7, 443-449.
52. www.brianmac.demon.co.uk
53. Moss L., Wright P. Comparison of three methods of assessing muscle strength and imbalance ratios of the knee, *Journal of athletic training* 1993; 26, 1, 55- 58.
54. Henneman et al. in vorm en beweging, 2000. Geciteerd in: Passchier E., Hogeschool Utrecht, 2005. <http://hbo-kennisbank.uvt.nl/cgi/hu/show.cgi?fid=5525>.

55. Kellermayer. M.S.Z., Smith, S.B., Brustamank, C., Granzier, H.L., Mechanical fatigue in repetitively stretched single molecules of titin. *Biophysical Journal* 2001; 80, 852-863.
56. Bourgois J., Persoonlijke mededeling, 2007.
57. Van Zwieten K.J., Verhaegen I., Op't Eijnde B., Zinkovsky A., Zubova I., Schmidt K., Lippens P. Electrovirostimulation during the training of sportsmen, an experimental set-up. *Journal of Vibroengineering*, submitted 2007.

Bijlagen

Bijlage 1: dossier voor de Medisch Ethische Commissie



Een vergelijkende studie tussen elektro-vibratie training en
klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en
lenigheid bij sporters

Iris Verhaegen
Promotor: Prof. Dr. Van Zwieten
Co-promotor: Prof. Dr. Lippens

Titel	Een vergelijkende studie tussen elektro-vibratie training en klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en lenigheid bij sporters
Doel	Deze gerandomiseerde, placebogecontroleerde piloot studie is bedoeld om gegevens op te leveren over het effect van elektro-vibratie training ten opzichte van klassieke krachttraining.
Inclusie criteria	<ul style="list-style-type: none"> - Mannelijke of vrouwelijke personen die minstens 1 keer per week aan sport doen - Mannelijke of vrouwelijke personen tussen de leeftijd van 18-30 jaar
Exclusie criteria	<ul style="list-style-type: none"> - Proefpersonen die zwanger zijn - Proefpersonen met trombotische aandoeningen - Proefpersonen die lijden aan hart-of vaatziekten - Proefpersonen met een verse wonde - Proefpersonen met rugproblematiek - Proefpersonen met diabetes - Proefpersonen met epilepsie - Proefpersonen die lijden aan eender welke ontsteking - Proefpersonen die vaak te kampen hebben met migraine - Proefpersonen die in het bezit zijn van een pace-maker - Proefpersonen die een spiraaltje geplaatst hebben - Proefpersonen die metalen pennen, implantaten, bouten of platen geplaatst hebben - Proefpersonen met een recente voorgeschiedenis van een tumor
Studie design	Een gerandomiseerde, placebogecontroleerde studie met een behandelingsgroep, placebogroep en controlegroep
Test producten	Fitvibe....
Studie opzet	<p>1) <u>Prestudie</u></p> <p>Bij de 25 proefpersonen wordt vóór de studie een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd mbv het Cybex toestel, die plaatsvindt in het Centrum voor bewegingsstudies van de PHL te</p>

Hasselt.

2) Interventie

Aan deze eigenlijke studie nemen enkel groep 1 en 2 respectievelijk de elektrovibrostimulatie groep en de placebo groep deel. De studie zal 4 weken in beslag nemen waarbij de 20 proefpersonen 2 keer per week zullen trainen in een lokaal op de campus Diepenbeek van de U Hasselt.

Elektrovibrostimulatie groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren.
- oefeningen gedurende elektrovibrostimulatie
- oefeningen gebeuren blootsvoets zodat er geen verschil in demping is van de trillingen aangezien niet iedereen dezelfde schoenen heeft

Placebo groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren.
- oefeningen zonder elektrovibrostimulatie

3) Poststudie

Bij de 25 proefpersonen wordt na verloop van de 4 weken opnieuw een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd met behulp van de Cybex.

Studie timing	1 week prestudie (19 februari-25 februari)
	4 weken interventie (26 februari-25 maart)
	2 weken poststudie (26 maart- 30 maart)

Titel van de studie:

Een vergelijkende studie tussen elektro-vibratie training en klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en lenigheid bij sporters.

Doel van de studie:

Deze gerandomiseerde, placebogecontroleerde piloot studie is bedoeld om gegevens op te leveren over het effect van elektro-vibratie training ten opzichte van klassieke krachttraining.

Primaire doelstelling:

De primaire doelstelling bestaat erin de superioriteit te bewijzen van elektro-vibratie training versus klassieke krachttraining bij amateur sporters die minstens 1 keer per week actief aan sport doen.

Secundaire doelstellingen:

Aangezien het hier gaat om een piloot studie zijn de secundaire doelstellingen vooral naar de toekomst gericht. De proeven kunnen dan uitgebreid worden naar meerdere proefpersonen en eventueel ook toegepast worden op patiënten om hun levenskwaliteit te verbeteren.

Populatie:

De studiepopulatie bestaat uit zowel mannelijke als vrouwelijke proefpersonen die minstens 1 keer per week aan sport doen. Er zullen circa 25 proefpersonen gerandomiseerd worden in 3 studiegroepen, een elektro-vibrostimulatie groep, een placebogroep en een controlegroep.

Criteria voor inclusie:

- Mannelijke of vrouwelijke personen die minstens 1 keer per week aan sport doen
- Mannelijke of vrouwelijke personen tussen de leeftijd van 18-30 jaar

Criteria voor exclusie:

- Proefpersonen die zwanger zijn
- Proefpersonen met trombotische aandoeningen
- Proefpersonen die lijden aan hart-of vaatziekten
- Proefpersonen met een verse wonde
- Proefpersonen met rugproblematiek
- Proefpersonen met diabetes
- Proefpersonen met epilepsie
- Proefpersonen die lijden aan eender welke ontsteking
- Proefpersonen die vaak te kampen hebben met migraine
- Proefpersonen die in het bezit zijn van een pace-maker
- Proefpersonen die een spiraaltje geplaatst hebben
- Proefpersonen die metalen pennen, implantaten, bouten of platen geplaatst hebben
- Proefpersonen met een recente voorgeschiedenis van een tumor

Opzet van de studie:

In dit onderzoek willen we een eerste indruk verkrijgen van het effect van electrovibrostimulatie is op de spierkracht en lenigheid van sporters.

De bedoeling is minstens 25 proefpersonen te verzamelen met een leeftijd tussen 18-30 jaar. Deze 25 proefpersonen worden random ingedeeld in 3 groepen. Deze 3 groepen zijn een electrovibrostimulatiegroep, een placebogroep en een controlegroep en bevatten respectievelijk 10, 10 en 5 proefpersonen.

Het onderzoek wordt opgedeeld in 3 delen

1) Prestudie

Bij de 25 proefpersonen wordt vóór de studie een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd met behulp van het Cybex toestel, dat plaatsvindt in het Centrum voor bewegingsstudies van de PHL te Hasselt. Indien het Cybex toestel niet vrij is, zal de krachtproef plaatsvinden door gebruik te maken van een ergometer fiets. De proefpersonen moeten hierop gedurende 1 minuut fietsen en het aantal watt wordt bijgehouden. De 25 proefpersonen worden ook getest op flexibiliteit met behulp van de sit and reach test (zie bijlage)

Er worden ook explosiviteit testen uitgevoerd. Hierbij wordt er gekeken hoe hoog de proefpersoon kan springen en hoe ver de proefpersoon kan springen.

2) Interventie

Aan deze eigenlijke studie nemen enkel groep 1 en 2 respectievelijk de elektrovirostimulatie groep en de placebo groep deel.

De studie zal 4 weken in beslag nemen waarbij de 20 proefpersonen 2 keer per week zullen trainen in een lokaal op de campus Diepenbeek van de U Hasselt.

Elektrovirostimulatie groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren.
- oefeningen gedurende elektrovirostimulatie (zie bijlage)
- oefeningen gebeuren blootsvoets zodat er geen verschil in demping is van de trillingen aangezien niet iedereen dezelfde schoenen heeft

Placebo groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren.
- dezelfde oefeningen als de elektrovirostimulatiegroep maar dan zonder elektrovirostimulatie

3) Poststudie

Bij de 25 proefpersonen wordt na verloop van de 4 weken opnieuw een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd met behulp van de Cybex indien deze ter beschikking is. Indien deze dit toestel niet vrij is worden de testen zoals beschreven in de prestudie opnieuw uitgevoerd.

Informatie voor de proefpersonen (Informed Consent)

U wordt uitgenodigd

om vrijwillig deel te nemen aan deze studie omtrent elektrovibrostimulatie bij sporters. Vooraleer deel te nemen is het belangrijk te weten waarom men deze studie doet en wat de studie zal inhouden.

U heeft het recht om op elk ogenblik vragen te stellen over de mogelijke en/of bekende risico's die deze studie inhoudt.

Deze studie werd goedgekeurd door de Commissie voor Medische Ethiek van de U Hasselt.

Deze studie is onderworpen aan de wet van 7 mei 2004 inzake experimenten op de menselijke persoon, en aan haar uitvoeringsbesluiten.

Als u besluit om aan deze studie deel te nemen, moet u hiermee eerst schriftelijk instemmen. Het door u ondertekende toestemmingsformulier wordt door het onderzoeksteam bewaard. U zal een kopie van deze informatiebrochure en uw ondertekend toestemmingsformulier ontvangen om te bewaren. Om u een goed beeld te geven van de onderzoeksprocedures is het van belang dat u de onderstaande informatie goed begrijpt. Indien deze informatiebrochure echter informatie bevat die u niet begrijpt, zijn wij uiteraard graag bereid om deze te verklaren.

Doel en beschrijving van de studie

Het gaat hier om een wetenschappelijke studie waaraan naar verwachting in totaal 25 proefpersonen zullen deelnemen afkomstig uit België.

Deze studie van 6 weken heeft tot doel de efficiëntie te evalueren van elektrovibrostimulatie ten opzichte van klassieke krachttraining bij personen die minstens 1 keer per week aan sport doen.

Het gaat hier om een gerandomiseerde placebogecontroleerde studie.

Gerandomiseerd betekent dat er willekeurig wordt bepaald welke training (elektrovibrostimulatie of placebo) u krijgt tijdens de studie.

Indien u bereid bent deel te nemen aan de studie en wanneer u in aanmerking komt, zal u één van volgende 2 trainingen krijgen:

- U doet spierkracht en lenigheidsoefeningen onder invloed van elektrovibrostimulatie zoals beschreven in de bijlage
- U doet spierkracht en lenigheidsoefeningen zonder de invloed van elektrovibrostimulatie

Elektrostimulatie is een techniek die spieren tot contractie stimuleert, door de motorische zenuwen die er op synapteren tot een actiepotentiaal te dwingen met behulp van een pulserende elektrische ontlading. Een groot voordeel van elektrostimulatie is dat met de techniek ook makkelijker specifieke spieren getraind kunnen worden die normaal moeilijk te bereiken zijn door middel van trainen met gewichten.

Ook vibratie training zorgt voor het uitlokken van onvrijwillige spiercontracties. Hier is het echter de tonische reflex op vibraties die de spiercontracties stimuleert. Net als bij elektrostimulatie wordt bij deze techniek de motor unit recruitment verbeterd.

De training omvat uitvoeren van de oefeningen op een zogenaamde trilplaat. Dit is een speciaal ontworpen plaat die een sinusoidale verticale trilling veroorzaakt met een frequentie van ongeveer 35-40 HZ.

Wat gebeurt er tijdens de bezoeken?

Indien u aanvaardt om aan de studie deel te nemen, zal u gevraagd worden om dit toestemmingsformulier te handtekenen vooraleer de studie kan uitgevoerd worden.

Tijdens de studie zal u 10 maal bij de studiebegeleider moeten komen. Elk bezoek zal ongeveer een half uur in beslag nemen.

Hieronder volgt een overzicht van alle onderzoeken die zullen uitgevoerd worden tijdens de studie:

1) Prestudie

Bij de 25 proefpersonen wordt vóór de studie een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd met behulp van het Cybex toestel, die plaatsvindt in het Centrum voor Bewegingsstudies van de PHL te Hasselt.

2) Interventie

Aan deze eigenlijke studie nemen enkel groep 1 en 2 respectievelijk de EVS groep en de placebo groep deel.

De studie zal 4 weken in beslag nemen waarbij de 20 proefpersonen 2 keer per week zullen trainen in een lokaal op de campus Diepenbeek van de U Hasselt.

Elektrovibrostimulatie groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren.
- oefeningen gedurende elektrovibrostimulatie (zie bijlage)
- oefeningen gebeuren blootsvoets zodat er geen verschil in demping is van de trillingen aangezien niet iedereen dezelfde schoenen heeft

Placebo groep

- 5 minuten fietsen op een home-trainer ter opwarming van de spieren
- Dezelfde oefeningen als de elektrovibrostimulatie groep maar dan zonder elektrovibrostimulatie

3) Poststudie

Bij de 25 proefpersonen wordt na verloop van de 4 weken opnieuw een isokinetische spierkrachtmeting uitgevoerd met behulp van de Cybex.

Hoelang zal deze studie duren?

De studie zal 6 weken duren.

Wie kan niet deelnemen aan de studie?

- Proefpersonen die zwanger zijn
- Proefpersonen met trombotische aandoeningen
- Proefpersonen die lijden aan hart-of vaatziekten
- Proefpersonen met een verse wonde
- Proefpersonen met rugproblematiek
- Proefpersonen met diabetes
- Proefpersonen met epilepsie
- Proefpersonen die lijden aan eender welke ontsteking
- Proefpersonen die vaak te kampen hebben met migraine
- Proefpersonen die in het bezit zijn van een pace-maker
- Proefpersonen die een spiraaltje geplaatst hebben
- Proefpersonen die metalen pennen, implantaten, bouten of platen geplaatst hebben
- Proefpersonen met een recente voorgeschiedenis van een tumor

Moet ik deelnemen aan de studie?

Neen, uw deelname aan deze studie is geheel vrijwillig en u heeft het recht te weigeren er aan deel te nemen. Uw beslissing om al dan niet aan deze studie deel te nemen, zal geen gevolgen hebben. Indien u uw deelname aan de studie stopzet, zal dit ook geen gevolgen hebben.

Indien u aanvaardt om deel te nemen aan de studie, dient u deze informatiefolder te bewaren en zal er u gevraagd worden het aangehechte toestemmingsformulier te ondertekenen.

U heeft het recht om uw deelname aan de studie op elk ogenblik stop te zetten, zelfs nadat u het toestemmingsformulier ondertekend heeft. U hoeft hiervoor geen reden te vermelden. Het intrekken van uw toestemming zal een enkel nadeel of verlies van voordelen met zich meebrengen.

Uw deelname aan de studie kan ook, zonder uw toestemming, op elk ogenblik stopgezet worden door de studiebegeleider, de Commissie voor Medische Ethiek of door de opdrachtgever, Prof. Dr. Koos Jaap van Zwieten.

Mogelijke redenen voor zulke beslissing kunnen onder andere zijn:

- U houdt zich niet aan de instructies voor deelname aan de studie
- Uw verdere deelname aan de studie blijkt schadelijk te zijn voor u
- Er wordt tijdens de studie vastgesteld dat u toch niet aan de studievoorwaarden voldoet
- De opdrachtgever beslist de studie stop te zetten.

Wat zijn de mogelijke voordelen als ik deelneem aan de studie?

Het is niet met zekerheid te zeggen dat, indien u toestemt om aan deze wetenschappelijke studie deel te nemen, u persoonlijk enig rechtstreeks voordeel zal halen uit uw deelname aan deze studie.

Indien u toestemt om aan deze studie deel te nemen, kan elektrovirostimulatie al dan niet nuttig blijken voor de toename in spierkracht en lenigheid.

Indien u tot de groep behoort die gedurende de studie traint onder invloed van elektrovirostimulatie, dan kan u voordeel halen in de vorm van een toename in spierkracht en lenigheid.

Indien u tot de placebogroep behoort, dan hebt u bij deze studie geen rechtstreeks voordeel.

De informatie die deze studie oplevert, kan bijdragen tot een betere kennis over het gebruik van deze vorm van training of tot de ontwikkeling van een nieuwe toekomstige trainingsmethode voor sporters.

Is mijn deelname vertrouwelijk?

Uw identiteit en uw deelname aan deze studie worden indien gewenst strikt vertrouwelijk behandeld. U zult indien gewenst niet bij naam of op een andere wijze geïdentificeerd worden in dossiers, resultaten of publicaties in verband met de studie. De studiebegeleider zal uw persoonsgegevens coderen zodat uw identiteit altijd geheim zal blijven.

Toestemmingsformulier

Een vergelijkende studie tussen elektro-vibratie training en klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en lenigheid bij sporters

Verklaring van de proefpersoon:

Hierbij bevestig ik, ondergetekende dat ik over de studie ben ingelicht en een kopie van de “Informatie voor de Proefpersoon en Toestemmingsformulier” ontvangen heb.

Ik heb de informatie gelezen en begrepen en heb voldoende tijd gehad om mijn deelname te overwegen en eventuele vragen te stellen.

Mijn studiebegeleider heeft mij voldoende informatie gegeven met betrekking tot de voorwaarden en de duur van de studie, én het effect en de bijwerkingen van deze behandeling.

- Ik weet dat mijn deelname aan deze studie volledig vrijwillig is en dat ik mij op elk ogenblik uit de studie kan terugtrekken nadat ik mijn studiebegeleider hierover heb ingelicht, zonder dat dit mij enig nadeel kan berokkenen.
- Ik geef toestemming aan de verantwoordelijken van de opdrachtgever en aan regulerende overheden om inzage te hebben in mijn dossier. Mijn gegevens zullen strikt vertrouwelijk behandeld worden. Ik ben mij bewust van het doel waarvoor deze gegevens verzameld, verwerkt en gebruikt worden in het kader van deze studie.
- Ik stel geheel vrijwillig toe om deel te nemen aan deze studie en om mee te werken aan alle gevraagde onderzoeken.

Naam proefpersoon

handtekening

datum (dag/maand/jaar)

Verklaring van de studiebegeleider

Ik bevestig hierbij dat ik bovengenoemde proefpersoon heb ingelicht en dat hij/zij zijn/haar toestemming heeft gegeven om deel te nemen aan de studie.

Naam

handtekening











datum (dag/maand/jaar)

Bijlage 2: gegevens van de proefpersonen











Proefpersoon	geslacht	sport
controle 1	V	handbal
controle 2	V	handbal, roeien
controle 3	M	volleybal
controle 4	V	handbal
controle 5	M	tafeltennis
placebo 1	M	volleybal
placebo 2	M	tafeltennis
placebo 3	V	atletiek
placebo 4	M	volleybal
placebo 5	V	handbal
placebo 6	M	handbal
placebo 7	V	atletiek
placebo 8	M	roeien, lopen
placebo 9	M	voetbal
placebo 10	M	handbal
EVS 1	V	handbal
EVS 2	M	roeien, basketbal
EVS 3	V	kickboksen, roeien
EVS 4	V	roeien, spinnen
EVS 5	M	handbal
EVS 6	V	roeien, spinnen
EVS 7	V	roeien, lopen
EVS 8	V	roeien
EVS 9	V	handbal
EVS 10	M	roeien, spinnen
EVS 11	M	volleybal, roeien

Bijlage 3: studieprotocol











Testprotocol Week 1

Exercise	Note	Exercise	Note
<p>1</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Calf Raises</p>  <p>04a</p>	<p>2</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 2</p>	<p>Calf</p>  <p>01a</p>
<p>3</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Squats</p>  <p>02a</p>	<p>4</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Calf Raises</p>  <p>04b</p>
<p>5</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 2</p>	<p>One Legged Squat</p>  <p>03a</p>	<p>6</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Wide Stance Squats</p>  <p>11a</p>
<p>7</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 2</p>	<p>Lunges</p>  <p>12a</p>	<p>8</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Leg Curl</p>  <p>20a</p>
<p>9</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 1</p>	<p>Lunges</p>  <p>70a</p>	<p>10</p> <p>Waist/Buttock</p> <p>Frequency, Hz: 30</p> <p>Amplitude: Low</p> <p>Duration, sec.: 30</p> <p>Rest time, sec.: 30</p> <p>Repetitions: 2</p>	<p>One Legged Pelvis Bridge</p>  <p>19a</p>

Testprotocol Week 2

Exercise	Note	Exercise	Note
<p>1</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Calf Raises</p>  <p>04a</p>		<p>2</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>Calf</p>  <p>01a</p>	
<p>3</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Squats</p>  <p>02a</p>		<p>4</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Calf Raises</p>  <p>04a</p>	
<p>5</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>One Legged Squat</p>  <p>03a</p>		<p>6</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Wide Stance Squats</p>  <p>11a</p>	
<p>7</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>Lunges</p>  <p>12a</p>		<p>8</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Leg Curl</p>  <p>20a</p>	
<p>9</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Lunges</p>  <p>70a</p>		<p>10</p> <p>Waist/Buttock</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 35 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>One Legged Pelvis Bridge</p>  <p>19a</p>	

Testprotocol Week 3

Exercise	Note	Exercise	Note
<p>1</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Calf Raises</p>  <p>04a</p>		<p>2</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>Calf</p>  <p>01a</p>	
<p>3</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Squats</p>  <p>02a</p>		<p>4</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Calf Raises</p>  <p>04a</p>	
<p>5</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>One Legged Squat</p>  <p>03a</p>		<p>6</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Wide Stance Squats</p>  <p>11a</p>	
<p>7</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>Lunges</p>  <p>12a</p>		<p>8</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Leg Curl</p>  <p>20a</p>	
<p>9</p> <p>Legs</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p> <p>Lunges</p>  <p>70a</p>		<p>10</p> <p>Waist/Buttock</p> <p>Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 40 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p> <p>One Legged Pelvis Bridge</p>  <p>19a</p>	

Testprotocol Week 4

Exercise	Note	Exercise	Note
<p>1 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>		<p>2 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p>	
<p>3 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>		<p>4 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>	
<p>5 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p>		<p>6 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>	
<p>7 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p>		<p>8 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>	
<p>9 Legs Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 1</p>		<p>10 Waist/Buttock Frequency, Hz: 35 Amplitude: Low Duration, sec.: 45 Rest time, sec.: 30 Repetitions: 2</p>	

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Een vergelijkende studie tussen elektro-vibratietraining en klassieke krachttraining ter stimulatie van spierkracht en lenigheid bij sporters

Richting: **Master in de biomedische wetenschappen**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Iris Verhaegen

Datum: **19.06.2007**