

Elektromyografie of EMG is een klassieke techniek, die al meer dan 100 jaar wordt gebruikt om elektrische spieractiviteit te kunnen meten.¹ Recente technologische ontwikkelingen maken nieuwe toepassingen in de sportpraktijk mogelijk.

Moderne elektromyografie in de sportpraktijk

Nieuwe toepassingen door draagbare technologie

Henk Kraaijenhof

Door de jaren heen zijn er voldoende wetenschappelijke en klinische onderzoeken gedaan om EMG effectief te kunnen gebruiken.^{2,3}

Twee soorten

Er bestaan twee soorten EMG:

1. Naald-EMG: een invasieve methode waarbij een dunne naald door de huid heen in de spier wordt gebracht. Deze methode wordt meestal gebruikt in een klinische setting, bijvoorbeeld voor onderzoek naar neuromusculaire aandoeningen.
2. Oppervlakte- of surface-EMG (s-EMG): een non-invasieve methode waarbij een elektrode op de huid boven de te meten spiergroep wordt geplakt (zie figuur 1).

In de sport- en revalidatiepraktijk wordt vooral gebruik gemaakt van



Figuur 1 | Huidelektrode om s-EMG te meten.

s-EMG, omdat het minder belastend is voor de proefpersoon en omdat het eenvoudiger is om meerdere spiergroepen tegelijkertijd en tijdens een beweging te kunnen meten, wat met name belangrijk is in de sport.⁴

Belang

Maar waarom zouden we eigenlijk spieractiviteit willen meten? Ten eerste omdat ons lichaam voor ongeveer 40% uit spiermassa bestaat. Daarmee is het ons grootste orgaan. Spieren zijn verantwoordelijk voor beweging en voor communicatie. Voor de sport is het belangrijk om de communicatie tussen spieren te onderzoeken en te streven naar optimale spierprestaties. Daarbij zijn van belang:

- de hoeveelheid spiermassa (kwantiteit);
- de kwaliteit en de differentiatie in eigenschappen van de spiermassa, dus de spiervezeltypering: slow-twitch (type I) versus fast-twitch (type II).

Spierweefsel kent een hoge mate van plasticiteit. We kunnen spiermassa behoorlijk laten afnemen (atrofie) door inactiviteit of juist laten toenemen (hypertrofie) door bijvoorbeeld krachttraining (met bodybuilding als extreem voorbeeld). Daarnaast zijn er verschuivingen van spiervezeltype mogelijk.

Tijdens een beweging werken spieren nauwkeurig samen en in synergie met andere spieren, in ketens. Een nauwkeurige afstemming, aansturing of coördinatie is van groot belang voor de kwaliteit van de beweging. De aansturing van spieren is dan ook een belangrijk aangrijppingspunt voor training en revalidatie.

Biofeedback

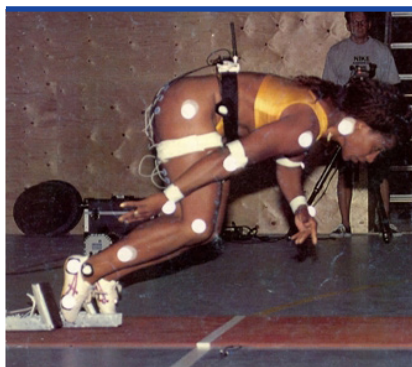
EMG wordt ook gebruikt als biofeedback: directe realtime terugkoppeling aan een cliënt over zijn/haar spierspanning. Dit kan gebruikt worden om zelfregulatie van spierspanning aan te leren, bijvoorbeeld in het geval van chronische spierspanningen, vaak in het nek-/schoudergebied. Maar ook om te leren bepaalde spieren juist aan te spannen, bijvoorbeeld tijdens revalidatie of postoperatief.⁵

Compensatie

We weten vaak weinig meer van een spier dan wat we te weten komen door de output te meten in de vorm van kracht, vermogen of uithoudingsvermogen. De onderlinge taakverdeling van spieren, het relatieve aandeel van de onderdelen van een spierketen in de totale output, blijft doorgaans onbekend. Vaak is er sprake van compensatie: het werk van een zwakke schakel in de spierketen wordt overgenomen door een sterkere schakel, met risico op het ontstaan van disbalans en een verminderde efficiëntie van bewegen. Ook is er vaak sprake van een disbalans tussen links en rechts, bijvoorbeeld de activiteit van de linker en rechter beenspieren. Met EMG kunnen we op dit vlak meer inzicht krijgen.

Rekrutering

Omdat EMG de elektrische activiteit van de spier meet, kan gekeken worden naar de mate van rekrutering van spiervezels. Hoe meer motor-units (MU) gerekruteerd worden, des te hoger de EMG-activiteit (MUAP of motor-unit action potential) zal zijn.⁶



Figuur 2 | EMG op quadriceps, hamstrings en gluteus (1994).

EMG in de sportpraktijk

EMG stelt ons tegenwoordig in staat om de bovengenoemde zaken op eenvoudige wijze te meten en te optimaliseren. Zowel realtime als na afloop kunnen een beweging, een oefening of een training geanalyseerd worden. Een aantal jaren geleden werkten we nog met afzonderlijke EMG-elektroden voor verschillende spiergroepen (zie figuur 2). Tegenwoordig, door de opkomst van 'wearable technologies', zijn we in staat om belangrijke spiergroepen tegelijkertijd op een betrouwbare manier in kaart te brengen. De EMG-elektroden zijn in de sportkleding, in ons geval een short, aangebracht. Deze nieuwe technologie is uitgebreid onderzocht.⁷⁻¹⁰

Voor vrijwel alle takken van sport zijn zowel de beenstrekken als de beenbuigketen van dominant belang. De activiteit van de gluteus-, de quadriceps- en de hamstringgroep worden, zowel links als rechts, gemeten door middel van in het short ingebouwde elektroden. De signalen kunnen via een kleine interface worden opgeslagen of direct telemetrisch worden verzonden. Zo zijn we in staat om te bepalen:

- welke spiergroepen werken;
- hoe hard ze werken (rekrutering);
- wanneer ze werken (timing).

Het is zelfs mogelijk om op basis van EMG-activiteit een inschatting te maken van de ventilatoire drempel.^{11,12} Daarnaast gebruiken we EMG om te kijken naar de rekrutering en de vermoeidheid van spiervezels, gebaseerd op de mediane frequentie van het EMG en de verschuiving daarvan bij inspanning.^{13,14}

Praktische toepassingen

In de sportpraktijk gebruiken we EMG nu om verschillende redenen, namelijk om:

1. L/R disbalansen op te sporen;
2. eventuele compensatie te kunnen bepalen;
3. wedstrijdspecifieke spieractiviteitspatronen in beeld te brengen;
4. te zien in hoeverre een bepaalde



Figuur 3 | EMG-meting in rust.

- oefening of drill bepaalde spieren belast;
- 5. te zien of een bepaalde oefening of drill sportspecifiek genoeg is;
- 6. het effect van interventies (bijvoorbeeld massages, warming up) te kunnen meten.

Het opsporen van L/R balansen is vooral van belang in symmetrische takken van sport, zoals gewichtheffen, roeien, lopen en fietsen. Maar ook in asymmetrische takken van sport, bijvoorbeeld de spel- of balsporten, kan een te grote disbalans leiden tot een verhoogde kans op blessures.

Onderzoek

We beginnen een onderzoek vrijwel altijd met een meting waarbij de sporter in rust op de grond ligt. Dit EMG wordt als baseline van de gemeten spieren genomen. De belangrijkste parameter is de amplitude van het EMG, uitgedrukt in millivolts (mV). Ook kunnen we een vermogensmeter en/of hartslagmeter synchroniseren en integreren met de EMG-meting. Daarna kunnen een aantal standaard tests uitgevoerd worden. Vaak maken we gebruik van een normalisatie protocol, waarbij de te meten spiergroep(-en) eerst maximaal statisch wordt aangespannen. Dit wordt ook wel MVIC (maximum voluntary isometric contraction) genoemd. Op deze wijze kunnen we een 100% baseline vaststellen om daar de waarden die we later gaan meten tegen af te zetten.^{15,16}



Figuur 4 | 20 en 50 meter uit staande start.

Zelf maken we vaak gebruik van het onderstaande protocol. Andere protocollen zijn uiteraard mogelijk, afhankelijk van wie en wat men wil meten. In dit geval betreft het een sprintster die de onderstaande oefeningen uitvoerde:

- In buikligging: gestrekt been heffen L/R (vergelijking van de gluteus-versus hamstringactiviteit L/R). Vaak is er sprake van compensatie door de hamstrings dankzij inadequaat gebruik van de gluteus.
 - Onbelaste kniebuigingen (squats), eventueel uitgevoerd met verschillende kniehoeken, verschillende belasting of verschillende snelheden.
 - 20 meter uit staande start (acceleratie).
 - 50 meter uit staande start (acceleratie + maximale snelheid).
- De metingen worden na de test ge-

analyseerd. We kijken zowel naar de ‘average EMG’, de gemiddelde waarde over een bepaalde tijd, als naar de ‘peak EMG’, de hoogste waarde binnen een bepaalde tijd, zowel links als rechts, van de quadriceps (LQ/RQ), de hamstrings (LH/RH) en de gluteus (LG/RG).

Resultaten

In figuur 5 staan rood omkaderd de average en peak EMG, bijvoorbeeld 60 en 236 mV voor de linker quadriceps. In het groene kader staan de onderlinge verhoudingen tussen de spiergroepen als percentage van het totaal. Uit tabel 1 blijkt dat de rust-EMG activiteit in orde is. Die moet 6 mV of minder zijn, met weinig verschil tussen L en R. Bij de kniebuigingen, de counter movement jump (CMJ) en

OEFENING ▼	SPIERGROEP ▶								TOTAAL AVG	TOTAAL PEAK							
	QUAD L AVG	QUAD R AVG	HAMS L AVG	HAMS R AVG	GLUT L AVG	GLUT R AVG	TOTAAL AVG	QUAD L PEAK		QUAD R PEAK	HAMS L PEAK	HAMS R PEAK	GLUT L PEAK	GLUT R PEAK	TOTAAL PEAK		
RUST	6	6	3	4	5	5	29	46	48	27	38	19	33	211			
5 SNELLE KNEIBUIGINGEN	108	84	75	50	38	42	397	320	395	412	176	274	209	1786			
COUNTER MOVEMENT JUMP	82	72	77	38	26	34	329	510	652	578	285	136	247	2408			
20 M STAANDE START	49	48	60	60	50	31	298	569	491	473	560	238	402	2733			
50 M STAANDE START	83	75	89	98	45	36	426	540	449	567	756	256	287	2855			
TOTAAL	328	285	304	250	164	148	1479	1985	2035	2057	1815	923	1178	9993			

Tabel 1 | Overzicht meetresultaten (mV) bij diverse oefeningen, zowel de gemiddelde waarden (AVG) als de piekwaarden (PEAK).



Figuur 5 | Voorbeeld van EMG-meting bij drie squats.

de 20 en 50 meter uit staande start vinden we een groot verschil in de piekactiviteit van L en R hamstrings. Maar opmerkelijk is dat we bij de kniebuiging en de CMJ een dominantie zien van de hamstringactiviteit rechts, terwijl we bij de 20 meter en 50 meter juist een dominantie van de hamstringactiviteit links vinden. We leren uit deze metingen dat een zelfde beweging, bijvoorbeeld het strekken van de knie, die met verschillende snelheden wordt uitgevoerd, bijvoorbeeld bij een squat en bij een sprong (CMJ), een ander EMG-patroon laat zien, zowel tussen L en R als ook in de bijdrage van de verschillende spiergroepen. We moeten dus oppassen voor generalisatie van disbalansen: een L/R disbalans die is gevonden bij een lage snelheid kan

bij dezelfde beweging op hoge snelheid verdwenen of zelfs omgekeerd zijn. Ook de relatieve bijdrage van de verschillende spiergroepen aan een beweging kan verschuiven door een verandering van bewegingssnelheid. Wat betekent het eigenlijk als een spiergroep tijdens een beweging L minder activiteit vertoont dan R? Vaak is men geneigd te denken dat een verminderde EMG-activiteit het gevolg is van een te zwakke spier, maar kracht-snelheid metingen laten zien dat het vaak juist de sterkere spiergroep is die minder spiervezels

Over de auteur

Henk Kraaijenhof is performance consultant, trainer, auteur, directeur van Vortex en organisator van de 'Helping the best to get better' seminars. Blog: www.helpingthebesttogetbetter.com.

hoeft te rekruteren om adequaat kracht of vermogen te kunnen leveren, waardoor het EMG-signaal juist zwakker is.

Conclusie

EMG kan zinvolle informatie geven over het gebruik van spieren binnen een beweging. Disbalansen die kunnen leiden tot een verminderde efficiëntie / verminderd prestatievermogen of tot blessures, kunnen hierdoor worden opgespoord. Ook kan deze informatie direct leiden tot de ontwikkeling van adequate oefenstof of een optimaal trainings- of revalidatieprotocol. EMG kan ook ingezet worden om het effect van bepaalde interventies te onderzoeken. De hedendaagse EMG methodologie kan snel, eenvoudig en flexibel worden ingezet en kan een zinvolle bijdrage leveren aan prestatieverbetering in de sport en aan een beter herstel in de revalidatie.

Met dank aan

Ronell Rosier (student bewegingswetenschappen, sprintster en proefpersoon) voor het denkwerk, het redigeren van de tekst en het geduld.

- Cram JR (2003). The history of surface electromyography. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 28 (2), 81-91.
- Criswell E (2011). *Cram's introduction to surface electromyography* (2nd edition). Sudbury (MA): Jones and Bartlett.
- Merletti R & Parker P (eds.) (2004). *Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications*. John Wiley & Sons.
- Felici F (2006). Neuromuscular responses to exercise investigated through surface EMG. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16, 578-585.
- Peper E et al. (2014). Making the unaware aware: surface electromyography to unmask tension and teach awareness. *Biofeedback*, 42 (1), 16-23.
- Moritani T & Muro M (1987). Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *European Journal of Applied Physiology*, 56 (3), 260-265.
- Finni T et al. (2007). Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. *Physiological Measurement*, 28 (11), 1405-1419.
- Belbasis A & Fuss FK (2018). Muscle performance investigated with a novel smart compression garment based on pressure sensor force myography and its validation against EMG. *Frontiers in Physiology*, 9, 408.
- Colyer SL & McGuigan PM (2018). Textile electrodes embedded in clothing: a practical alternative to traditional surface electromyography when assessing muscle excitation during functional movements. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17, 101-109.
- Luomajoki J (2018). *Surface electromyography as a wearable technology*. Presentatie op het 3e 'Helping the best to get better' seminar, Hilversum, 8 december 2018.
- Tikkanen O et al. (2012). Ventilatory threshold during incremental running can be estimated using EMG shorts. *Physiological Measurement*, 33, 603-614.
- Lucia A et al. (1999). Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 178-185.
- Camic CL et al. (2014). An electromyographic-based test for estimating neuromuscular fatigue during incremental treadmill running. *Physiological Measurement*, 35 (12), 2401-2413.
- Moritani T, Magata A & Muro M (1982). Electromyographic manifestations of muscular fatigue. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14 (3), 198-202.
- Ekstrom RA et al. (2012). Electromyographic normalization procedures for determining exercise intensity of closed chain exercises for strengthening the quadriceps femoris muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (3), 766-771.