

STRESZCZENIE

TRENING MENTALNY A KOROWE I MIĘŚNIOWE SYGNAŁY BIOELEKTRYCZNE PODCZAS RELAKSACJI MIĘŚNI SZKIELETOWYCH

SŁOWA KLUCZOWE: wyobrażenie ruchu, relaksacja mięśni, EEG, EMG, czas połowy relaksacji, gradient połowy relaksacji

Celem pracy była ocena wpływu czterotygodniowego treningu mentalnego wyobrażenia ruchu sięgania i chwytu na ośrodkowe i obwodowe mechanizmy relaksacji mięśni szkieletowych oceniane za pomocą elektroencefalografii, elektromiografii oraz analizy sygnału siły podczas spadku siły chwytu kończyny dominującej i niedominującej u młodych, zdrowych osób.

W pracy przyjęto następujące hipotezy:

1. Czterotygodniowy trening mentalny wyobrażenia funkcjonalnego zadania motorycznego, skierowanego na cel (sięganie i chwyt książki) wywołuje zmiany w zachowaniu amplitudy potencjałów korowych podczas relaksacji, które są zależne od obszarów korowych oraz od kończyny (dominującej i niedominującej) wykonującej zadanie.
2. Poziom aktywności bioelektrycznej mięśni odwodziciela krótkiego kciuka i międzykostnego grzbietowego palca pierwszego podczas relaksacji jest niższy po zastosowaniu 4-tygodniowego treningu mentalnego dla kończyny dominującej i niedominującej.
3. Czterotygodniowy trening mentalny wpływa na szybkość relaksacji (ocenianą czasem połowy relaksacji i gradientem połowy relaksacji) skurczu maksymalnego i submaksymalnego zarówno dla kończyny dominującej, jak i niedominującej.

Metody: W badaniu wzięło udział 25 praworęcznych, zdrowych, młodych osób (12 kobiet i 13 mężczyzn) w wieku 25 ± 3 lata. Osoby badane wzięły udział w czterotygodniowym treningu mentalnym (trzy treningi tygodniowo) polegającym na wyobrażeniu funkcjonalnego zadania motorycznego, skierowanego na cel (sięganie i chwyt książki). Eksperyment składał się z jednej sesji instruktazowej (podczas której dokonano pomiarów antropometrycznych wraz z oceną lateralizacją czynności ruchowych (dominacji prawej

lub lewej ręki) za pomocą Edynburskiej Skali Ręczności oraz oceną zdolności do wyobrażania czynności ruchowych za pomocą kwestionariusza MIQ-RS) oraz dwóch sesji pomiarowych (PRZED i PO treningu wyobrażeniowym), w trakcie których rejestrowano sygnał siły, czynność bioelektryczną kory mózgowej za pomocą 128-kanalowego systemu EEG oraz czynność bioelektryczną mięśni międzykostnego grzbietowego palca pierwszego i odwodziciela krótkiego kciuka z użyciem EMG podczas relaksacji (po wykonaniu chwytu kończyną dominującą i niedominującą). Do analizy wybrano 29 elektrod zlokalizowanych nad obszarami grzbietowo-bocznej kory przedczołowej, przed-dodatkowej kory czuciowej, dodatkowej kory czuciowej, kory przedruchowej, pierwotnej kory ruchowej, pierwszorzędowej kory czuciowej, drugorzędowej kory czuciowej oraz kory wzrokowej. Uzyskane z badań parametry, tj.: amplituda sygnału EEG, amplituda sygnału EMG, czas połowy relaksacji oraz gradient połowy relaksacji poddano analizie statystycznej. Analiza statystyczna została wykonana przy użyciu programu statystycznego SPSS (IBM SPSS 21.0, USA). Rozkład normalności danych został sprawdzony za pomocą testu Shapiro-Wilka. Za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji, ogólnego modelu liniowego dla powtarzanych pomiarów z poprawką Bonferroniego dokonano porównań przed i po czterotygodniowym treningu mentalnym dla parametrów: 1) amplitudy sygnału EEG; 2) amplitudy sygnału EMG; 3) momentu siły mięśniowej; 4) czasu połowy relaksacji; 5) gradientu relaksacji. Jako test post hoc zastosowano test t-Studenta dla prób zależnych.

Wyniki: Analiza ANOVA GLM dla powtarzanych pomiarów przeprowadzonych na 29 elektrodach wykazała istotny wpływ czynnika Lokalizacja elektrod ($F(8.207;196.964)=3.723$, $p=0.000$, $\eta_p^2=0.134$) oraz dla porównania krzyżowego Trening vs Ręka ($F(1;24)=11.577$, $p=0.002$, $\eta_p^2=0.325$). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu t-Studenta do porównania wartości czasu połowy relaksacji po wykonaniu MVIC oraz do porównania gradientu połowy relaksacji po wykonaniu MVIC przed i po 4-tygodniowym treningu mentalnym dla ręki niedominującej wykazała istotne statystycznie różnice (odpowiednio $p=0.011$, $p=0.009$).

Wnioski:

1. Amplituda sygnału EEG podczas relaksacji po wykonanym chwycie kończyną dominującą była niższa na półkuli kontralateralnej (nad obszarem przed-dodatkowej kory ruchowej) i wyższa na półkuli ipsilateralnej (nad obszarami kory wzrokowej, tylnej kory ciemieniowej, kory czuciowo-ruchowej oraz pierwotnej kory ciemieniowej) po zastosowaniu treningu mentalnego. Dla kończyny niedominującej była niższa na półkuli kontralateralnej (nad obszarem kory przedruchowej) i ipsilateralnej (nad obszarami pierwotnej kory ruchowej oraz dodatkowej kory ruchowej).
2. Nie zaobserwowano zmian wartości amplitud sygnału EMG mięśni międzykostnego grzbietowego palca pierwszego i odwodziciela krótkiego kciuka podczas relaksacji w skurczu maksymalnym i submaksymalnym po czterech tygodniach treningu mentalnego dla kończyny dominującej oraz niedominującej.
3. Zaobserwowano istotne skrócenie czasu połowy relaksacji oraz wyższy gradient połowy relaksacji w maksymalnym izometrycznym skurczu dowolnym po czterotygodniowym treningu mentalnym dla kończyny niedominującej. Dla kończyny dominującej nie zaobserwowano istotnych zmian w obu parametrach po treningu.

ABSTRACT

EFFECT OF MENTAL TRAINING ON CORTICAL AND MUSCULAR BIOELECTRIC SIGNALS DURING MUSCLE RELAXATION

KEYWORDS: motor imagery, muscle relaxation, EEG, EMG, half-time relaxation, half-relaxation gradient

The aim of this study was to evaluate the impact of a four-week mental training involving motor imagery of reaching and grasping on central and peripheral mechanisms of skeletal muscle relaxation, assessed using electroencephalography (EEG), electromyography (EMG), and force signal analysis during the decline of grip strength in the dominant and non-dominant limb of young, healthy people.

Three hypotheses were proposed as follows:

1. A four-week mental training involving imagery of a functional motor task, aimed at a goal (reaching and grasping a book), induces changes in the amplitude behavior of cortical potentials during relaxation, which are dependent on cortical areas and the limb (dominant or non-dominant) performing the task.
2. The level of bioelectric activity in the abductor pollicis brevis and first dorsal interosseous muscles during relaxation is lower after a four-week mental training for both the dominant and non-dominant limb.
3. The four-week mental training program affects the speed of relaxation (assessed by half-time relaxation and half-relaxation gradient) of maximal and submaximal contractions for both the dominant and non-dominant limb.

Methods: The study involved 25 right-handed, healthy young people (12 women and 13 men) aged 25 ± 3 years. Participants underwent a four-week mental training (three sessions per week) involving imagery of a functional motor task aimed at a goal (reaching and grasping a book). The experiment consisted of one instructional session (during which anthropometric measurements were taken, lateralization of motor activities was assessed using the Edinburgh Handedness Inventory, and the ability to imagine motor activities

was evaluated using the MIQ-RS questionnaire) and two measurement sessions (BEFORE and AFTER the mental training), during which force signals, bioelectric activity of the cerebral cortex using a 128-channel EEG system, and bioelectric activity of the first dorsal interosseous and abductor pollicis brevis muscles using EMG were recorded during relaxation (after performing a grip with the dominant and non-dominant limbs). 29 electrodes located over the dorsolateral prefrontal cortex, pre-supplementary motor area, supplementary motor area, premotor cortex, primary motor cortex, primary somatosensory cortex, secondary somatosensory cortex, and visual cortex were selected for analysis. The parameters obtained from the study, i.e., EEG signal amplitude, EMG signal amplitude, half-time relaxation, and half-relaxation gradient, were subjected to statistical analysis. Statistical analysis was performed using the SPSS software (IBM SPSS 21.0, USA). The normality of the data distribution was checked using the Shapiro-Wilk test. Comparisons before and after the four-week mental training program for the parameters: 1) EEG signal amplitude; 2) EMG signal amplitude; 3) muscle strength moment; 4) half-time relaxation; 5) relaxation gradient were made using multivariate analysis of variance, general linear model for repeated measures with Bonferroni correction. The Student's t-test for dependent samples was used as a post hoc test.

Results: The ANOVA GLM analysis for repeated measures conducted on 29 electrodes showed a significant effect of the electrode location factor ($F(8.207;196.964)=3.723$, $p=0.000$, $\eta^2=0.134$) and for the cross-comparison Training vs. Hand ($F(1;24)=11.577$, $p=0.002$, $\eta^2=0.325$). Statistical analysis using the Student's t-test to compare the half-time relaxation values after MVIC and to compare the half-relaxation gradient after MVIC before and after the 4-week mental training for the non-dominant hand showed statistically significant differences ($p=0.011$ and $p=0.009$, respectively).

Conclusions:

1. The EEG signal amplitude during relaxation after performing a grip with the dominant limb was lower in the contralateral hemisphere (over the pre-supplementary motor area) and higher in the ipsilateral hemisphere (over the visual cortex, posterior parietal cortex, sensorimotor cortex, and primary parietal cortex) after the mental training. For the non-dominant limb, it was lower in the contralateral hemisphere (over the premotor cortex) and ipsilateral hemisphere (over the primary motor cortex and supplementary motor area).
2. No changes were observed in the EMG signal amplitude of the first dorsal interosseous and abductor pollicis brevis muscles during maximal and submaximal contraction relaxation after four weeks of mental training for both the dominant and non-dominant limb.
3. Significant shortening of the half-time relaxation and a higher half-relaxation gradient were observed in the maximal voluntary isometric contraction after the four-week mental training for the non-dominant limb. No significant changes in these parameters were observed for the dominant limb after training.