

बॉडी बिल्डिंग खेळाडूंच्या कार्यक्षमतेवर प्राणायामाचा परिणाम — एक प्रयोगात्मक अभ्यास

श्री. विक्रम एस. यमगेकर ¹, डॉ. तुकाराम ई. केंद्रे ²

1 विठ्ठलराव पाटील महाविद्यालय, काळे 416205, महाराष्ट्र, भारत.

2 संभाजीराव केंद्रे महाविद्यालय, जळकोट, महाराष्ट्र, भारत.

सारांश (Abstract)

पार्श्वभूमी: बॉडी बिल्डिंग खेळाडूंच्या प्रचंड तीव्रतेच्या स्ट्रेथ ट्रेनिंगमुळे स्नायू सहनशक्ती कमी होणे, व्यायामोत्तर पुनर्लाभ मंदावणे आणि मानसिक थकवा येणे सामान्य आहे. प्राणायाम ही प्राचीन श्वास-नियंत्रण पद्धत पॅरासिम्पेथेटिक स्नायू प्रणाली उत्तेजित करते असे वैद्यकीय अभ्यासात आढळले आहे.

उद्दिष्ट: ८ आठवडे अनुलोम-विलोम व भस्त्रिका प्राणायाम केल्याने बॉडी बिल्डर्सच्या (१) स्नायू सहनशक्ती, (२) व्यायामोत्तर स्नायू दुखणे (DOMS), (३) हृदयगती परिवर्तनशीलता (HRV) आणि (४) प्रतिक्रिया काळ यावर होणारा परिणाम अभ्यासणे.

पद्धत: ३० पुरुष बॉडी बिल्डर्स (वय १८-३५, प्रशिक्षण अनुभव > २ वर्ष) यादृच्छिकपणे प्रायोगिक गट (n=१५) व नियंत्रण गट (n=१५) मध्ये विभागले. प्रायोगिक गटाने ८ आठवडे रोज सकाळी २० मिनिटे अनुलोम-विलोम व भस्त्रिका केली. नियंत्रण गटाने फक्त नेहमीचे प्रशिक्षण चालू ठेवले. दोन्ही गटांची प्री-टेस्ट व पोस्ट-टेस्ट करण्यात आली.

प्रमुख परिणाम: प्रायोगिक गटात पुश-अप रेप्स २२.४% (p < ०.००१), स्क्वॅट रेप्स २१.७% (p < ०.००१), HRV २९.७% (p < ०.००१), आणि प्रतिक्रिया काळात १२.८% (p = ०.००४) सुधारणा झाली. DOMS मध्ये ४९.२% घट (p < ०.००१) आढळली. नियंत्रण गटात कोणताही लक्षणीय बदल झाला नाही. कोहेनचा d प्रभाव आकार मोठा (d = ०.९ ते १.६) आढळला.

निष्कर्ष: प्राणायाम हा बॉडी बिल्डिंग खेळाडूंच्या कार्यक्षमता आणि पुनर्लाभासाठी एक प्रभावी, अनुसूचित अशी पूरक पद्धत आहे. याचा सराव प्रशिक्षण कार्यक्रमात समाविष्ट करण्याची शिफारस केली जाते.

मुख्य शब्द: प्राणायाम, बॉडी बिल्डिंग, स्नायू सहनशक्ती, DOMS, HRV, प्रतिक्रिया काळ.

१. परिचय (Introduction)

१.१. पार्श्वभूमी

बॉडी बिल्डिंग ही एक अशी क्रीडा आहे ज्यामध्ये

स्नायूंची अतिवृद्धी (hypertrophy), सममिती, व्यासपीठावरील सादरीकरण यांना प्राधान्य दिले जाते. तथापि, स्पर्धात्मक पातळीवर यशस्वी होण्यासाठी केवळ स्नायू आकार पुरेसा नसून तसेच उत्तम स्नायू सहनशक्ती (muscular endurance), व्यायामोत्तर द्रुत पुनर्लाभ (rapid recovery) आणि मानसिक एकाग्रता (mental focus) यांचीही आवश्यकता असते. तीव्र वजन प्रशिक्षण (resistance training) मुळे रक्तातील

लैक्टेटची पातळी वाढते, मुक्त रॅडिकल्स तयार होतात आणि पॅरासिम्पेथेटिक स्नायू प्रणालीचा टोन कमी होतो. यामुळे पुढील प्रशिक्षणाची गुणवत्ता बिघडू शकते.

प्राचीन भारतीय योगग्रंथांमध्ये प्राणायाम हा केवळ ध्यानपूरक नसून तो शारीरिक क्षमता वाढविणारा म्हणून वर्णिला आहे. आधुनिक क्रीडा विज्ञानाने देखील प्राणायामाचे परिणाम हृदय फुफ्फुसीय सहनशक्ती (cardiorespiratory endurance) वर अभ्यासले आहेत. मात्र, बॉडी बिल्डिंग ही विशिष्ट लोकसंख्या (ज्यांचे प्रशिक्षण मुख्यतः अॅरोबिक सामर्थ्य क्षेत्रात असते) यांच्यावर प्राणायामाचा परिणाम हा अद्याप अपुरा अभ्यासलेला आहे. बॉडी बिल्डर्समध्ये स्नायू पंपिंग (muscle pump), ऑक्सिजन डिलिव्हरी, आणि स्ट्रेस

रेग्युलेशन हे घटक प्राणायामाने किती प्रमाणात सुधारता येतात हा या शोधप्रबंधाचा गाभा आहे.

१.२. समस्यांचे निवेदन

बॉडी बिल्डिंग खेळाडू दीर्घकाळ उच्च तीव्रतेचे प्रशिक्षण घेतात तरीही त्यांच्यात पुढील समस्या आढळतात:

१. सेटमधील अंतरात (rest period) अपुरा पुनर्लाभ.
२. व्यायामानंतरचे स्नायू दुखणे (Delayed Onset Muscle Soreness - DOMS) जे पुढील प्रशिक्षणास अडथळा निर्माण करते.
३. मानसिक थकवा व प्रतिक्रिया काळ मंदावणे.
४. स्वायत्त स्नायू प्रणालीतील असंतुलन (कमी HRV).

प्राणायाम यावर परिणामकारक उपाय ठरू शकतो का? या एका प्रश्नाचे उत्तर शोधण्यासाठी हे संशोधन आयोजित केले.

१.३. गृहीते (Hypotheses)

शून्य गृहीते (H_0):

१. H_{01} : नियमित प्राणायाम सराव केल्याने बॉडी बिल्डर्सच्या स्नायू सहनशक्तीत (पुश-अप, स्क्वॅट रेप्स) कोणताही लक्षणीय फरक पडत नाही.
२. H_{02} : प्राणायाम सराव केल्याने व्यायामोत्तर स्नायू दुखण्याच्या (DOMS) प्रमाणात कोणतीही लक्षणीय घट होत नाही.
३. H_{03} : प्राणायाम सराव केल्याने हृदयगती परिवर्तनशीलता (HRV) मध्ये कोणतीही लक्षणीय वाढ होत नाही.
४. H_{04} : प्राणायाम सराव केल्याने प्रतिक्रिया काळात कोणतीही लक्षणीय सुधारणा होत नाही.

वैकल्पिक गृहीते (H_1): वरील प्रत्येक बाबतीत लक्षणीय फरक असेल.

१.४. संशोधनाची उद्दिष्टे

१. प्राणायामाचा पुश-अप रेप्सवरील परिणाम मोजणे.
२. प्राणायामाच्या सरावानंतर DOMS मध्ये होणारी घट अभ्यासणे.

३. प्राणायामामुळे HRV (RMSSD मेट्रिक) मध्ये होणारी वाढ नोंदवणे.
४. प्रतिक्रिया काळ (मिलिसेकंदात) मधील बदल तपासणे.
५. सर्व परिणामांचे सांख्यिकीय विश्लेषण $p < 0.05$ आणि प्रभाव आकार (Cohen's d) सह सादर करणे.

२. साहित्य व पद्धती (Materials and Methods)

२.१. प्रायोगिक रचना (Experimental Design)

हा एक समांतर-गट (parallel-group), यादृच्छिक, नियंत्रित प्रयोग होता, जो ८ आठवड्यांसाठी राबविण्यात आला. स्वतंत्र चल (independent variable) = प्राणायाम सराव (होय/नाही). अवलंबित चले (dependent variables) = पुश-अप रेप्स, स्क्वॅट रेप्स, DOMS स्कोअर (VAS), HRV (RMSSD), प्रतिक्रिया काळ (ms).

२.२. नमुना आकार निर्धारण (Sample Size Calculation)

GPower ३.१.९.७ सॉफ्टवेअर वापरून:

- प्रभाव आकार $d = 0.2$ (मोठा)
- अल्फा = ०.०५
- पॉवर = ०.८०
- परिणाम: प्रति गट किमान १५ सहभागी. एकूण $N = ३०$.

२.३. सहभागी (Participants)

एकूण ३० पुरुष बॉडी बिल्डर्स जे स्थानिक जिममध्ये प्रशिक्षण घेत होते, त्यांची निवड केली.

समावेशन निकष:

- वय १८ ते ३५ वर्षे.
- गेल्या २ वर्षांपासून नियमित वीकली किमान ५ दिवस स्ट्रेंथ ट्रेनिंग.
- स्पर्धात्मक बॉडी बिल्डिंगमध्ये भाग घेतलेला/घेणारा.
- लेखी संमती देण्यास तयार.

अपवर्जन निकष:

- उच्च रक्तदाब (सिस्टोलिक >140 mmHg, डायस्टोलिक >90 mmHg).
- हर्निया किंवा पाठीच्या गंभीर दुखापतीचा इतिहास.
- दमा, सीओपीडी सारखे श्वसन विकार.
- स्नायू वर्धक कोणतेही अनाबोलिक स्टेरॉईड घेणारे (सांगितलेल्या आधारावर).
- धूम्रपान किंवा गुटखा व्यसन.

			रोखणे : ४ सेकंद सोडणे). नाडी बंद करून (डाव्या हाताने डावी नाकपुडी बंद, उजवीने घेणे, बदलून)
३	भस्त्रिका	५ मिनिटे	वेगवान सशक्त श्वास (३०/मिनिट) – १ मिनिट, १ मिनिट शांत श्वास, असे ३ आवर्तने

लोकसंख्याशास्त्रीय माहिती

(सरासरी $\pm$ मानक विचलन):

वैशिष्ट्य	प्रायोगिक गट (n=१५)	नियंत्रण गट (n=१५)
वय (वर्षे)	24.4 ± 2.2	23.9 ± 3.1
उंची (सेमी)	172.3 ± 4.8	173.1 ± 4.0
वजन (किग्रॅ)	74.2 ± 6.1	75.3 ± 4.9
बॉडी मास इंडेक्स (किग्रॅ/मी ²)	24.9 ± 1.2	25.1 ± 1.7
प्रशिक्षण अनुभव (वर्षे)	3.6 ± 1.2	3.8 ± 1.4

वरील दोन्ही गट लोकसंख्याशास्त्रीय दृष्ट्या समतुल्य होते ($p > 0.05$ सर्व चलांसाठी).

२.४. हस्तक्षेप (Intervention)

प्रायोगिक गट: नेहमीच्या बॉडी बिल्डिंग प्रोग्रामसह रोज सकाळी (सकाळी ६ ते ७ दरम्यान, उपवास स्थितीत) २० मिनिटे प्राणायाम केला. प्राणायाम पद्धत खालीलप्रमाणे:

क्र.	प्राणायाम प्रकार	कालावधी	श्वासाची पद्धत
१	नाडी शोधन (आरंभिक)	५ मिनिटे	दीर्घ, शांत श्वास – ४ सेकंद आत, ६ सेकंद बाहेर
२	अनुलोम-विलोम	१० मिनिटे	१:२:१ गुणोत्तर (४ सेकंद घेणे : ८ सेकंद

प्राणायामाचा योग्य अंमल सुनिश्चित करण्यासाठी प्रथम १ आठवड्याचे प्रशिक्षण प्रयोग सुरू होण्यापूर्वी देण्यात आले. आठवड्यातून एकदा उपस्थिती तपासण्यात आली. अनुपस्थिती २ दिवसांपेक्षा जास्त झाल्यास त्या सहभागीचा डेटा वगळण्यात आला (असे एकही प्रकरण आले नाही).

नियंत्रण गट: फक्त नेहमीचे बॉडी बिल्डिंग प्रशिक्षण चालू ठेवले. सकाळी त्याच कालावधीत मौन बसून विश्रांती घेतली.

दोन्ही गटांसाठी बॉडी बिल्डिंग प्रोग्राम (प्रमाणित): स्प्लिट रुटीन:

- दिवस १: छाती + बायसेप्स (बेंच प्रेस $4 \times 10-10$, डंबेल फ्लाय 3×12 , बायसेप्स कर्ल्स 3×10)

- दिवस २: पाठ + ट्रायसेप्स (पुल-अप्स $4 \times \max$, लॅट पुलडाउन 3×10 , ट्रायसेप्स डिप्स 3×12)

- दिवस ३: पाय + खांदे (स्क्वॅट 4×10 , लेग प्रेस 3×12 , शोल्डर प्रेस 3×10)

- दिवस ४: पुनरावृत्ती दिवस १

- दिवस ५: पुनरावृत्ती दिवस २

- दिवस ६: पुनरावृत्ती दिवस ३

- दिवस ७: विश्रांती

सर्व व्यायाम तंत्राची हालचाल नियंत्रित (eccentric ३ सेकंद, concentric १ सेकंद).

२.५. मोजमाप साधने व प्रक्रिया**(Measurement Tools and Procedure)****२.५.१. स्नायू सहनशक्ती****(Muscular Endurance)**

- पुश-अप चाचणी: अयशस्वी होईपर्यंत योग्य स्वरूपात पुश-अप्स (छाती जमिनीच्या ५ सेमी वर). एकूण रेप्स मोजले.
- बॉडी वेट स्क्वॅट चाचणी: ९० अंशी स्क्वॅट, तीव्र गतीने. थकव्यापर्यंत मॅक्स रेप्स.

२.५.२. व्यायामोत्तर स्नायू दुखणे (DOMS)

- व्हिज्युअल अॅनालॉग स्केल (VAS): ० म्हणजे दुखणे नाही, १० म्हणजे अतिशय तीव्र दुखणे. प्री-टेस्टच्या बेंच प्रेस व स्क्वॅटनंतर २४, ४८, ७२ तासांनी प्रश्न विचारला गेला. विश्लेषणासाठी ४८ तासांचा स्कोअर वापरला.

२.५.३. हृदयगती परिवर्तनशीलता (HRV)

- पोलार H१० सेन्सर + एलाइट HRV मोबाइल ॲप. ५ मिनिटे स्थिर स्थितीत, पाठीवर झोपून, खोल श्वास घेण्यापूर्वी नियंत्रित.
- मापक: RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences) — मिलिसेकंदात. हे पॅरासिम्पेथेटिक टोनचे प्रमुख सूचक आहे.

२.५.४. प्रतिक्रिया काळ (Reaction Time)

- लॅपटॉप आधारित प्रतिसाद मोजक (Psychomotor Vigilance Task — PVT): स्क्रीनवर येणाऱ्या लाल चौकास त्वरित स्पेसबार दाबण्यास सांगितले. २० चाचण्या, सरासरी प्रतिक्रिया वेळ मिलिसेकंदात नोंदविली.
- पर्यायी फील्ड चाचणी — शासक सोडण्याची चाचणी (Ruler Drop Test): सरासरी ५ अंक.

२.५.५. रक्त लैक्टेट (Blood Lactate) — अतिरिक्त चल

- लॅक्टेट प्रो (Nova Biomedical) पोर्टेबल विश्लेषक. प्री-व्यायाम व पोस्ट-व्यायाम (स्क्वॅट

सत्रानंतर ५ मिनिटांनी) बोट्याच्या टोकापासून रक्त घेण्यात आले. परिणाम mmol/L मध्ये.

२.६. प्रायोगिक प्रक्रियेची वेळरेषा (Timeline)

आठवडा	क्रियाकलाप
-२	जाहिरात, स्वयंसेवक निवड, वैद्यकीय तपासणी, लेखी संमती
-१	प्राणायाम प्रशिक्षण सत्र (फक्त प्रायोगिक गटाला), बेसलाइन मोजमापांचा सराव
० (प्री)	सर्व बेसलाइन मोजमाप (पुश-अप, स्क्वॅट, VAS, HRV, RT, लैक्टेट)
१ ते ८	हस्तक्षेप (प्राणायाम प्रायोगिक गटास), आठवड्यातून एकदा गट सादरीकरण
८ (पोस्ट)	सर्व मोजमाप पुनरावृत्ती (त्याच वेळी, त्याच स्थितीत)

२.७. सांख्यिकीय विश्लेषण (Statistical Analysis)

सॉफ्टवेअर: SPSS वर्शन २६ (IBM, USA) आणि JASP ०.१४.१.

- वर्णनात्मक सांख्यिकी: मध्य (mean) $\pm$ प्रमाणित विचलन (SD).
- चाचण्या: २ $\times$ २ मिश्र ANOVA (गट: प्रायोगिक/नियंत्रण $\times$ वेळ: प्री/पोस्ट). मुख्य परिणाम आणि आंतरक्रिया (interaction) तपासल्या.
- पोस्ट-हॉक: बोनफेरोनी सुधारणा एकाच कुटुंबातील त्रुटी नियंत्रित करण्यासाठी.
- प्रभाव आकार: कोहेनचा d (लहान = ०.२, मध्यम = ०.५, मोठा = ०.८ पेक्षा अधिक).
- सर्व चाचण्यांसाठी सांख्यिकीय महत्त्व $\alpha = ०.०५$ (दुतर्फा).
- डेटाची सामान्यता तपासण्यासाठी शापिरो-विल्क चाचणी ($p > ०.०५$ सर्वसामान्य).

३. परिणाम (Results)

३.१. वर्णनात्मक परिणाम

प्रायोगिक गटात प्री-टेस्टच्या तुलनेत पोस्ट-टेस्टमध्ये सर्व चलांमध्ये लक्षणीय सुधारणा दिसून आली, तर नियंत्रण गटात फारसा बदल झाला नाही.

प्रायोगिक गटातील बदल (प्री ते पोस्ट):

- पुश-अप रेप्स: ४२.१० वरून ५१.५३ पर्यंत (२२.४% वाढ)
- स्क्वॅट रेप्स: ४७.८० वरून ५८.१७ पर्यंत (२१.७% वाढ)
- DOMS (VAS): ६.३० वरून ३.२० पर्यंत (४९.२% घट)
- HRV - RMSSD: ३१.९० ms वरून ४१.३७ ms पर्यंत (२९.७% वाढ)
- प्रतिक्रिया काळ: २८५.४० ms वरून २४९.०० ms पर्यंत (१२.८% घट)
- रक्त लैक्टेट: २.१० mmol/L वरून १.७५ mmol/L पर्यंत (१६.७% घट)

नियंत्रण गटातील बदल (प्री ते पोस्ट):

- पुश-अप रेप्स: ४१.६० वरून ४२.३० पर्यंत (१.७% वाढ)
- स्क्वॅट रेप्स: ४८.२० वरून ४९.१० पर्यंत (१.९% वाढ)
- DOMS (VAS): ६.१० वरून ६.०० पर्यंत (१.६% घट)
- HRV - RMSSD: ३२.४० ms वरून ३३.२० ms पर्यंत (२.५% वाढ)
- प्रतिक्रिया काळ: २८३.१० ms वरून २८१.४० ms पर्यंत (०.६% घट)
- रक्त लैक्टेट: २.०५ mmol/L वरून २.०० mmol/L पर्यंत (२.४% घट)

नियंत्रण गटातील हे सर्व बदल सांख्यिकीयदृष्ट्या अलक्षणीय होते ($p > ०.०५$).

३.२. सांख्यिकीय विश्लेषणाचे परिणाम

सर्व चलांसाठी मिश्र ANOVA चाचणी करण्यात आली. खालीलप्रमाणे निकाल मिळाले:

- ✓ पुश-अप रेप्ससाठी: गट $\times$ वेळ आंतरक्रिया $F(१, २८) = ४२.५६, p = ०.०००, \eta p^2 = ०.६०३$. प्रायोगिक गटात प्री-पोस्ट फरक $t(१४) = ८.१२, p < ०.००१, d = १.९१$ (मोठा प्रभाव). नियंत्रण गटात $t(१४) = ०.६२, p = ०.५४$ (अलक्षणीय). H_{01} नाकारली.
- ✓ स्क्वॅट रेप्ससाठी: आंतरक्रिया $F(१, २८) = ३८.२४, p = ०.०००, \eta p^2 = ०.५७७$. प्रायोगिक गटात $t(१४) = ७.६५, p < ०.००१, d = १.७२$. H_{02} नाकारली.
- ✓ DOMS साठी: आंतरक्रिया $F(१, २८) = ५१.०३, p = ०.०००, \eta p^2 = ०.६४५$. प्रायोगिक गटात $t(१४) = ९.३४, p < ०.००१, d = २.४३$ (अतिमोठा). H_{03} नाकारली.
- ✓ HRV (RMSSD) साठी: आंतरक्रिया $F(१, २८) = २२.८७, p = ०.०००, \eta p^2 = ०.४४९$. प्रायोगिक गटात $t(१४) = ५.८१, p < ०.००१, d = १.३२$. H_{04} नाकारली.
- ✓ प्रतिक्रिया काळासाठी: आंतरक्रिया $F(१, २८) = १५.७४, p = ०.००४, \eta p^2 = ०.३६०$. प्रायोगिक गटात $t(१४) = ४.९२, p = ०.००२, d = १.१०$. H_{05} नाकारली.
- ✓ रक्त लैक्टेटसाठी: आंतरक्रिया $F(१, २८) = १२.९०, p = ०.०१२, \eta p^2 = ०.३१५$. प्रायोगिक गटात $t(१४) = ३.४३, p = ०.०२१, d = ०.८९$ (मोठ्या जवळ).

३.३. प्रभाव आकार

कोहेनचा d (प्रायोगिक गटात प्री-पोस्ट) खालीलप्रमाणे:

- पुश-अप रेप्स : १.९१ (मोठा)
- स्क्वॅट रेप्स : १.७२ (मोठा)
- DOMS : २.४३ (अतिमोठा)

- HRV : १.३२ (मोठा)
- प्रतिक्रिया काळ : १.१० (मोठा)
- रक्त लैक्टेट : ०.८९ (मोठा)

सर्व परिणाम $p < ०.०५$ असल्याने सांख्यिकीयदृष्ट्या अत्यंत महत्त्वपूर्ण आहेत.

४. चर्चा (Discussion)

४.१. मुख्य निष्कर्षांचे स्पष्टीकरण

ह्या संशोधनात स्पष्टपणे आढळून आले की ८ आठवड्यांच्या प्राणायाम सरावाने बॉडी बिल्डर्सच्या स्नायू सहनशक्तीत सुमारे २२% सुधारणा झाली. ही सुधारणा नियंत्रण गटाच्या तुलनेत २०% पेक्षा अधिक आहे.

१. वाढलेली लैक्टेट क्लीयरन्स: प्रायोगिक गटात लैक्टेट पातळी १६.७% कमी आढळली. प्राणायामाने लैक्टेट निर्मिती व पुनर्वापराची क्षमता वाढवली असावी.
२. HRV मध्ये वाढ: RMSSD मध्ये २९.७% वाढ ही पॅरासिम्पेथेटिक स्नायू प्रणालीची क्रिया वाढल्याचे सूचक आहे. उच्च HRV म्हणजे हृदय वेगाने विश्रांतीकडे परतण्याची क्षमता.
३. DOMS मध्ये ४९.२% घट: हा अतिशय महत्त्वाचा परिणाम आहे. प्राणायामामुळे जळजळीत साइटोकाइन्स कमी होऊन व एंडोर्फिन साव वाढून वेदना कमी झाली असावी.
४. प्रतिक्रिया काळातील १२.८% सुधारणा: प्राणायामाने प्रीफ्रंटल कॉर्टेक्समधील ऑक्सिजनेशन वाढवून न्यूरल ट्रान्समिशन वेग वाढविला असावा.

४.२. पूर्वीच्या अभ्यासांशी तुलना

Brown & Gerbarg (2005) यांच्याप्रमाणे HRV सुधारला. Kingsley & Patel (2019) यांनी स्ट्रेंथ एंथलीट्समध्ये HRV ची महत्त्वता सांगितली. Telles et al. (2013) यांच्या अभ्यासाप्रमाणे प्रतिक्रिया काळ सुधारला. बॉडी बिल्डर्समध्ये DOMS वर

प्राणायामाचा इतका मोठा परिणाम ($d=२.४३$) यापूर्वी नोंदविला गेलेला नाही — हे या संशोधनाचे महत्त्वाचे योगदान आहे.

४.३. यंत्रणेचे प्रस्तावित मॉडेल

प्राणायाम सराव → फुफ्फुसीय ऑक्सिजनेशन वाढ + योनस नर्व्ह उत्तेजीत → HRV वाढ + पॅरासिम्पेथेटिक टोन वाढ → लैक्टेट वेगाने काढून टाकणे + स्नायूंची सूज कमी + मेंदूतील न्यूरोट्रांसमीटर संतुलन → एकूण कार्यक्षमता व पुनर्लाभ वाढ.

४.४. मर्यादा

१. फक्त पुरुष सहभागी — महिलांवर सामान्यीकरण करता येत नाही.
२. आंधळेपणाचा अभाव — प्लेसिबो प्रभाव शक्य.
३. अल्प कालावधी — फक्त ८ आठवडे.
४. लैक्टेट मोजमाप फक्त एका बिंदूवर.
५. एकाच प्रकारच्या प्राणायामाचा वापर.

४.५. व्यावहारिक उपयोजने

- वार्म-अपच्या शेवटी किंवा कूल-डाउनमध्ये १० मिनिटे अनुलोम-विलोम करावा.
- स्पर्धेपूर्वी २-३ आठवडे रोज सकाळी भस्त्रिका केल्यास मानसिक स्पष्टता वाढते.
- कठीण पाय दिवसानंतर संध्याकाळी १५ मिनिटे नाडी शोधन केल्यास DOMS कमी होतो.

५. निष्कर्ष (Conclusion)

या संशोधनावरून सिद्ध होते की अनुलोम-विलोम व भस्त्रिका प्राणायामाचा बॉडी बिल्डिंग खेळाडूंच्या कार्यक्षमतेवर सकारात्मक परिणाम होतो.

- स्नायू सहनशक्ती (पुश-अप, स्क्वॅट) $\approx$ २२% वाढली
- DOMS $\approx$ ४९% कमी झाले
- HRV $\approx$ ३०% सुधारली
- प्रतिक्रिया काळ $\approx$ १३% कमी झाला

प्राणायाम ही सुरक्षित, नॉन-इन्वेसिव्ह व किमान खर्चाची क्रीडा पूरक पद्धत आहे. प्रशिक्षणात ती नक्कीच समाविष्ट करण्याजोगी आहे.

६. संदर्भग्रंथ (References)

१. Brown, R. P., & Gerbarg, P. L. (2005). Sudarshan Kriya Yogic breathing in the treatment of stress, anxiety, and depression. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 11(1), 101-108.
२. Hakke, C. S., Balakrishnan, R., & Krishnamurthy, M. N. (2017). Yogic breathing practices improve lung functions of competitive young swimmers. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(9), CC01-CC05.
३. Telles, S., Singh, N., & Puthusseripady, R. (2013). Effect of yoga on different aspects of mental health in Indian corporate employees. *International Journal of Yoga*, 6(2), 109-114.
४. Kingsley, J. D., & Patel, S. (2019). Heart rate variability and resistance training: A systematic review. *Strength and Conditioning Journal*, 41(3), 43-51.
५. Saoji, A. A., Raghavendra, B. R., & Manjunath, N. K. (2019). Effects of yogic breathing on exercise-induced oxidative stress in athletes. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 10(2), 98-103.
६. Petkar, S. S., & Wandre, S. K. (2020). Effect of selected pranayama on muscular endurance and flexibility of kabaddi players. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 7(1), 45-48.
७. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.