

ROLE OF INTEROCEPTION IN IMAGERY, ACTION AND
AFFECT IN SPINAL CORD INJURY

RUBY AIKAT



DEPARTMENT OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES
INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY DELHI

OCTOBER 2022

©Indian Institute of Technology Delhi (IITD), New Delhi, 2022

ROLE OF INTEROCEPTION IN IMAGERY, ACTION AND AFFECT IN
SPINAL CORD INJURY

by

Ruby Aikat

Department of Humanities and Social Sciences

Submitted

In fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy

to the



Indian Institute of Technology Delhi

October 2022

Dedication

I dedicate my thesis work to my ever-supportive family; my parents, my brother and my husband, who stood by me throughout.

CERTIFICATE OF SUPERVISOR

This is to certify that the thesis titled “**Role Of Interoception In Imagery, Action, And Affect In Spinal Cord Injury**”, submitted by **Ms. Ruby Aikat** to the Indian Institute of Technology Delhi for the award of the degree of **Doctor of Philosophy**, is a bona-fide record of research work done by her under my supervision. The results contained in the thesis have not been submitted, in full or in part, to any other institute or university for the award of any degree or diploma.

Dr. Varsha Singh
Associate Professor
Department of Humanities and Social Sciences
Indian Institute of Technology Delhi
New Delhi- 110016, India

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude to my thesis supervisor Dr. Varsha Singh, for her continued guidance and constant support throughout my PhD journey. I am thankful from the core for the time, energy and effort she has put behind contributing to this work. Without her valuable guidance, this thesis would not have been possible. I owe my thankfulness to her for having stood by me all through my years of this doctoral program and giving me the necessary guidance right from the laying of the foundation to the completion of this research work.

I am thankful to the two organizations I was permitted to take data from, Indian Spinal Injuries Centre, Vasant Kunj and Kusum Spine and Rehabilitation Centre, Vasant Kunj, New Delhi.

I owe a special feeling of gratitude to Dr. Navaneeta Mitra, Dr. Suchareeta Mitra and Soumya Bhandari who were constant pillars of support throughout my PhD work. Their continuous words of encouragement motivated me to reach this day today. I wholeheartedly thank my family for being a constant source of support and motivation through the ups and downs of this journey.

I wish to thank all my friends and colleagues who shared their words of advice and encouragement, and gave their emotional support to help me finish this work.

Most importantly, I would be ever grateful to all the participants of this study. Without their consent and active involvement and cooperation, this study would not have been possible.

Ruby Aikat

ABSTRACT

Interoceptive feedback is the body's internal sensation that maintains and regulates body representation in the brain so that we imagine and execute motor actions and locate pain/discomfort associated with the part/side of the body involved in the actions (e.g., right-left, upper-lower). The contribution of interoceptive feedback to motor representation and action is poorly understood in motor disability (spinal cord injury), potentially contributing to poor understanding of post-injury pain and affect. This thesis aimed to understand whether interoceptive disruption following spinal cord injury (SCI) influences the imagery, action and pain associated with the usage-dependent body representation, namely dominant (left-right limbs) and intact side of the body (upper-lower) and the affect. The objectives were met under two sections- i) understanding whether interoceptive information is necessary for a specific motor output and how interoception influences mental imagery (Investigations 1, 2, 3A, 3B), ii) understanding how interoception influences body mass index (BMI), pain and affect (Investigations 4, 5, 6). The study was conducted on the in-patient and out-patient services from rehabilitation departments in Delhi, India. Investigation 1-In Phase 1, the performance duration was studied in 97 right (R) handed healthy male participants. A R side bias was seen in the motor performance in healthy participants. The preferred hand was stronger than the non-preferred hand. In Phase 2, a R side bias was not observed in SCI (n=19). High repetition of movements and bimanual activities reinforces particular network connectional patterns. Hence, the loss of R side bias following SCI probably indicates a shift in body representation. Investigation 2- This comprised of three steps. From Step 1, we did not find a R side bias in the time taken to perform the left (L) UL movements in SCI (n=35); similar to our previous results from Investigation 1. Steps 2 and 3 compared the pre and post-imagery movement performances on L and R sides separately in persons with SCI (n=24) and healthy (n=13) participants. We found similar results (as Investigation 1), i.e. limb imagery

did not elicit a R side bias in motor performance in SCI. Following SCI, the simultaneous use of both upper limbs is demanded for manoeuvring wheelchairs and other rehabilitation-related tasks. Investigation 3A- This examined imagery (motor and non-motor; upper limbs (UL) and lower limbs (LL); left and right sides) in SCI with varying degrees of interoceptive disruption: high (tetraplegia: lower and upper body), low (paraplegia: restricted to lower body), or absent (healthy control). In paraplegia (n=92), the UL-related motor and non-motor imagery of movements were better than LL. A significant difference was also found in motor and non-motor imageries of only UL between persons with tetraplegia and paraplegia (n=30 each). The healthy group (n=18) showed better motor imagery for LL than SCI (n=15). No difference in motor and non-motor imagery was seen in healthy. All these results show that a UL bias is found in limb imagery. This shows that interoceptive feedback from the body is essential for imagery. Investigation 3B- A set of software-based imagery tasks was used. Accuracy and reaction time (RT) were calculated. A UL bias was seen in the imagery processes in SCI (n=19), both in accuracy and in RT. No UL bias was seen in healthy (n=19) participants. Also, there was a difference between SCI and healthy participants in only LL-related imagery tasks. Hence, imagery processes showed a UL bias, indicating that interoceptive feedback is required for imagery processes. A R side bias was not seen in imagery processes in SCI, implying that imagery is not facilitated by side bias (similar to our results in Investigations 1 and 2), as against contrary evidence available. Repeated bilateral hand and upper limb functions facilitate improved motor function performance on both sides. Investigation 4- A negative relationship between BMI and positive affect (PA) was seen in SCI (n=142). A positive relationship was found between age and BMI. The higher-aged participants were mostly chronic SCI, and chronicity means a prolonged duration of lack of interoceptive feedback. Investigation 5- On comparing the pain, we found that pure right-sided pain was more prevalent than pure left-sided pain in both healthy (n=13) and SCI

(n=12) groups. Similarly, the prevalence of UL-related pain was higher than LL-related pain in both groups. The overall intensity of pain reported by the two groups was also similar. Since we did not find any difference between SCI and healthy participants, neither for the pain presentation (L and R sides, ULs and LLs), nor for pain intensity, it implies that pain is not related to body representation or interoceptive feedback. There could probably be other factors responsible for the experience of pain independent of the interoceptive information. Pain associated with SCI can influence body representations and movements. No relationship was observed between the L and R side movement performances with the pain scores and between the motor and non-motor imagery with the pain scores in either group (SCI or healthy). Investigation 6- Results demonstrated that differences found in the valence ratings (of pain, positive and neutral) were independent of the absence (SCI, n=19) or presence of interoceptive feedback (healthy group, n=19). Pain states occur in an emotional context. There was no difference in valence for pain and positive images between SCI and healthy. It has also been explained that the loss of peripheral information does not necessarily decrease the subjective experience of emotions.

To conclude, a R side bias was not seen in persons with SCI, but a UL bias was found. This implies that interoception plays a role in motor output and imagery processes since the interoceptive feedback for the L and R sides in SCI are the same, but for UL and LL are different. Comparisons with the healthy participants further substantiated our conclusions that interoceptive feedback and body representation influence motor performances and imagery. We also found BMI higher amongst chronic SCI with prolonged interoceptive feedback deficits. A side bias in reported pain was not observed in SCI. However, amongst a background of mixed evidence for the role of interoception on affect, our results did not show any influence of interoception on affect in SCI.

इंट्रोसेप्टिव फीडबैक शरीर की आंतरिक संवेदना है जो मस्तिष्क में शरीर के प्रतिनिधित्व को बनाए रखता है और नियंत्रित करता है ताकि हम मोटर क्रियाओं की कल्पना करें और निष्पादित करें और क्रियाओं में शामिल शरीर के हिस्से/पक्ष से जुड़े दर्द/असुविधा का पता लगाएं (उदाहरण के लिए, दाएं-बाएं, ऊपरी -निचला)। मोटर निरूपण और क्रिया के लिए इंट्रोसेप्टिव फीडबैक का योगदान मोटर विकलांगता (रीढ़ की हड्डी की चोट) में ठीक से नहीं समझा गया है, संभावित रूप से चोट के बाद के दर्द और मनोदशा, ठीक से नहीं समझने में योगदान देता है। इस थीसिस का उद्देश्य यह समझना है कि क्या रीढ़ की हड्डी की चोट (एससीआई) के बाद इंट्रोसेप्टिव व्यवधान उपयोग-निर्भर शरीर प्रतिनिधित्व से जुड़े इमेजरी, क्रिया और दर्द को प्रभावित करता है, अर्थात् प्रभावशाली (बाएं-दाएं अंग) और शरीर के अक्षुण्ण पक्ष (ऊपरी-निचले) और मनोदशा। उद्देश्यों को दो खंडों के तहत पूरा किया गया था- i) यह समझना कि क्या एक विशिष्ट मोटर आउटपुट के लिए इंट्रोसेप्टिव जानकारी आवश्यक है और इंट्रोसेप्टिव मानसिक इमेजरी को कैसे प्रभावित करता है (जांच 1, 2, 3 ए, 3 बी), ii) यह समझना कि इंट्रोसेप्टिव बॉडी मास इंडेक्स (बीएमआई), दर्द और मनोदशा को कैसे प्रभावित करता है (जांच 4, 5, 6)। अध्ययन दिल्ली, भारत में पुनर्वास विभागों से इन-पेशेंट और आउट-पेशेंट सेवाओं पर आयोजित किया गया था। जांच 1-चरण 1 में, प्रदर्शन अवधि का अध्ययन 97 दाएँ (R) हाथ वाले पुरुष स्वस्थ प्रतिभागियों में किया गया था। स्वस्थ प्रतिभागियों में मोटर प्रदर्शन में R पक्ष पूर्वाग्रह देखा गया। पसंदीदा हाथ गैर-पसंदीदा हाथ से मजबूत था। चरण 2 में, एससीआई (एन = 19) में R पक्ष पूर्वाग्रह नहीं देखा गया था। गति और द्वैमासिक गतिविधियों की उच्च पुनरावृत्ति विशेष नेटवर्क कनेक्शन पैटर्न को मजबूत करती है। इसलिए, एससीआई के बाद R पक्ष पूर्वाग्रह का नुकसान संभवतः शरीर के प्रतिनिधित्व में बदलाव का संकेत देता है। जांच 2- इसमें तीन चरण शामिल थे। चरण 1 से, हमें एससीआई (एन = 35) में बाएँ (L) UL गति को करने में लगने वाले समय में R पक्ष पूर्वाग्रह नहीं मिला; जांच 1 से हमारे पिछले परिणामों के समान। चरण 2 और 3 में, एससीआई (एन = 24) और स्वस्थ (एन = 13) व्यक्तियों में अलग-अलग L और R पक्षों पर इमेजरी के पूर्व और बाद की गति प्रदर्शनों के बीच तुलना की गई थी। हमें इसी तरह के परिणाम मिले (जांच 1 के रूप में), यानी लिम्ब इमेजरी ने एससीआई में मोटर प्रदर्शन में R पक्ष पूर्वाग्रह को ग्रहण नहीं किया। एससीआई के बाद, व्हीलचेयर आदि के संचालन और अन्य पुनर्वास संबंधी कार्यों के लिए एक साथ दोनों ऊपरी अंगों के लगातार उपयोग की मांग की जाती है। जांच 3ए- एससीआई में इस जांच की गई इमेजरी (मोटर और गैर-मोटर; ऊपरी अंग (यूएल) और निचले अंग (एलएल)); बाएं और दाएं किनारे) इंट्रोसेप्टिव व्यवधान की विभिन्न डिग्री के साथ: उच्च (टेट्राप्लेजिया: निचला और ऊपरी शरीर), निम्न (पैरापलेजिया: शरीर के निचले हिस्से तक सीमित), या अनुपस्थित (स्वस्थ नियंत्रण)। पैरापलेजिया (एन = 92) में, UL से संबंधित मोटर और गैर-मोटर गति की इमेजरी LL से बेहतर थी। टेट्राप्लाजिया और पैरापलेजिया (एन = 30 प्रत्येक) वाले व्यक्तियों के बीच केवल UL की मोटर और गैर-मोटर इमेजरी में भी एक महत्वपूर्ण अंतर पाया गया। स्वस्थ समूह (एन = 18) ने एससीआई (एन = 15) की तुलना में LL के लिए बेहतर मोटर इमेजरी दिखाई। स्वस्थ में मोटर और गैर-मोटर इमेजरी में कोई अंतर नहीं देखा गया। इन सभी परिणामों से पता चलता है कि लिम्ब इमेजरी में एक UL पूर्वाग्रह पाया जाता है। इससे पता चलता है कि इमेजरी के लिए शरीर से अंतःविषय प्रतिक्रिया आवश्यक है। जांच 3B- सॉफ्टवेयर-आधारित इमेजरी कार्यों के सेट का उपयोग किया गया था। सटीकता और प्रतिक्रिया समय (RT) की गणना की गई। सटीकता और RT दोनों में, एससीआई (एन = 19) में इमेजरी प्रक्रियाओं में एक UL पूर्वाग्रह देखा गया। स्वस्थ (एन = 19) प्रतिभागियों में कोई UL पूर्वाग्रह नहीं देखा गया। साथ ही, केवल LL-संबंधित इमेजरी कार्यों में एससीआई और स्वस्थ प्रतिभागियों के बीच अंतर था। इसलिए, इमेजरी प्रक्रियाओं ने एक UL पूर्वाग्रह दिखाया,

जो दर्शाता है कि इमेजरी प्रक्रियाओं के लिए इंटरऑसेप्टिव फीडबैक की आवश्यकता है। एससीआई में इमेजरी प्रक्रियाओं में R पक्ष पूर्वाग्रह नहीं देखा गया था, जिसका अर्थ है कि इमेजरी साइड बायस द्वारा सुगम नहीं है (जांच 1 और 2 में हमारे परिणामों के समान), जैसा कि विपरीत साक्ष्य उपलब्ध है। द्विपक्षीय हाथ और ऊपरी अंग के कार्यों के बार-बार उपयोग से दोनों तरफ बेहतर मोटर फ़ंक्शन प्रदर्शन की सुविधा मिलती है। जांच 4- एससीआई (एन = 142) में बीएमआई और सकारात्मक मनोदशा (पीए) के बीच एक नकारात्मक संबंध देखा गया। उम्र और बीएमआई के बीच सकारात्मक संबंध पाया गया। उच्च आयु वर्ग के प्रतिभागी ज्यादातर पुराने एससीआई थे, और क्रॉनिकिटी का मतलब है कि लंबे समय तक इंटरसेप्टिव फीडबैक की कमी। जांच 5- दर्द की तुलना करने पर, हमने पाया कि स्वस्थ (एन = 13) और एससीआई (एन = 12) दोनों समूहों में शुद्ध बाएं तरफ दर्द की तुलना में शुद्ध दाएं तरफ का दर्द अधिक प्रचलित था। इसी तरह, UL से संबंधित दर्द की व्यापकता दोनों समूहों में LL संबंधित दर्द से अधिक थी। दो समूहों द्वारा सूचित दर्द की समग्र तीव्रता भी समान थी। चूंकि हमें एससीआई और स्वस्थ प्रतिभागियों के बीच कोई अंतर नहीं मिला, न तो दर्द प्रस्तुति के लिए (L और R पक्ष, UL और LL), और न ही दर्द की तीव्रता के लिए, इसका मतलब है कि दर्द शरीर के प्रतिनिधित्व या अंतःविषय प्रतिक्रिया से संबंधित नहीं है। अंतःविषय जानकारी से स्वतंत्र दर्द के अनुभव के लिए शायद अन्य कारक जिम्मेदार हो सकते हैं। एससीआई से जुड़ा दर्द शरीर के अभ्यावेदन और गति को प्रभावित कर सकता है। किसी भी समूह (एससीआई या स्वस्थ) में दर्द स्कोर के साथ L और R साइड मूवमेंट प्रदर्शन और दर्द स्कोर के साथ मोटर और गैर-मोटर इमेजरी के बीच कोई संबंध नहीं देखा गया। जांच 6- परिणामों ने प्रदर्शित किया कि वैलेंस रेटिंग (दर्द, सकारात्मक और तटस्थ) में पाए गए अंतर अनुपस्थिति (एससीआई, एन = 19) या इंटरऑसेप्टिव फीडबैक (स्वस्थ समूह, एन = 19) की उपस्थिति से स्वतंत्र थे। दर्द की स्थिति भावनात्मक संदर्भ में होती है। एससीआई और स्वस्थ के बीच दर्द और सकारात्मक छवियों की वैधता में कोई अंतर नहीं था। यह भी समझाया गया है कि परिधीय जानकारी के नुकसान से भावनाओं के व्यक्तिपरक अनुभव में कमी नहीं होती है।

निष्कर्ष निकालने के लिए, एससीआई वाले व्यक्तियों में एक R पक्ष पूर्वाग्रह नहीं देखा गया था, लेकिन एक UL पूर्वाग्रह पाया गया था। इसका तात्पर्य यह है कि इंटरसेप्शन मोटर आउटपुट और इमेजरी प्रक्रियाओं में एक भूमिका निभाता है क्योंकि एससीआई में L और R पक्षों के लिए इंटरसेप्टिव फीडबैक समान हैं, लेकिन UL और LL के लिए अलग हैं। स्वस्थ प्रतिभागियों के साथ तुलना ने हमारे निष्कर्षों को और पुष्ट किया कि अंतःविषय प्रतिक्रिया और शरीर का प्रतिनिधित्व मोटर प्रदर्शन और इमेजरी को प्रभावित करते हैं। हमने इंटरऑसेप्टिव फीडबैक में लंबे समय तक घाटे के साथ क्रोनिक एससीआई के बीच बीएमआई को अधिक पाया। एससीआई में रिपोर्ट किए गए दर्द में एक पक्ष पूर्वाग्रह नहीं देखा गया। हालाँकि, प्रभाव पर अंतर्विरोध की भूमिका के लिए मिश्रित साक्ष्य की पृष्ठभूमि के बीच, हमारे परिणामों ने एससीआई में प्रभाव पर अंतर्विरोध का कोई प्रभाव नहीं दिखाया।

TABLE OF CONTENTS

CERTIFICATE.....	
ACKNOWLEDGEMENTS.....	
Abstract.....	
Saar.....	
1 Introduction	
1.1 Interoception.....	1
1.2 Mental imagery.....	2
1.3 Sensations and mental imagery.....	4
1.4 Role of interoception on mental imagery.....	6
1.5 Contribution of spinal cord circuitry to the control of movements.....	7
1.6 Interoception, imagery and spinal cord injury.....	9
1.7 Laterality and imagery processes.....	11
1.8 Emotions and the relationship to imagery and laterality.....	11
1.9 Interoception, pain and affect.....	12
2 Review of Literature	
2.1 Impact of spinal cord injury on functions/ Motor control of disconnected spinal cord.....	15
2.2 Role of interoception on imagery following spinal cord injury.....	15
2.3 Tasks used to study imagery.....	17

2.4	Laterality and imagery.....	19
2.5	Interoception and emotions.....	20
2.6	Pain, emotions and imagery.....	21
	• Section 1- Interoception, Motor and Cognitive Processing (movement and imagery)	
3	Investigation 1: Side bias and sensory-motor processing	
3.1	Introduction.....	29
3.2	Review of Literature.....	30
3.3	Material and Methods.....	31
3.4	Results	34
3.5	Discussion.....	46
4.	Investigation 2: Side bias in motor performance	
4.1	Introduction.....	49
4.2	Review of Literature.....	51
4.3	Material and Methods.....	53
4.4	Results.....	55
4.5	Discussion.....	62
5.	Investigation 3: Side bias in imagery	
5.1	Investigation 3A- Role of interoception in upper and right side bias observed in limb imagery (motor and non-motor imagery)	
5.1.1	Introduction.....	71

5.1.2	Review of Literature.....	72
5.1.3	Material and Methods.....	73
5.1.4	Results.....	74
5.1.5	Discussion.....	87
5.2	Investigation 3B- Role of interoception in upper and right-side bias in imagery	
5.2.1	Introduction.....	91
5.2.2	Review of Literature.....	92
5.2.3	Material and Methods.....	92
5.2.4	Results.....	96
5.2.5	Discussion.....	104
	• Section 2- Interoception, Motor, Sensitivity, and Affect Processing	
6.	Investigation 4- Affect and indicator of motor/ physical activity (body mass index)	
6.1	Introduction.....	108
6.2	Review of Literature.....	109
6.3	Material and Methods.....	110
6.4	Results.....	111
6.5	Discussion.....	117
7.	Investigation 5- Motor performance and pain as a negative affect	
7.1	Introduction.....	120
7.2	Review of Literature.....	122

7.3 Material and Methods.....	122
7.4 Results.....	125
7.5 Discussion.....	128
8. Investigation 6- Motor performance and sensitivity to negative affect	
8.1 Introduction.....	130
8.2 Review of Literature.....	131
8.3 Material and Methods.....	132
8.4 Results.....	135
8.5 Discussion.....	140
9. Summary/ Discussion.....	147
10. Conclusion	
10.1 Clinical Implications	153
10.2 Strengths.....	154
10.3 Limitations.....	155
10.4 Future ecommendations.....	156
References.....	173
Appendices.....	212
Appendix A: IEC Approval (1 st)	
Appendix B: Edinburgh Handedness Inventory	
Appendix C: Informed consent form (1 st)	

Appendix D: Patterns A to F

Appendix E: Lateral Preference Inventory

Appendix F: IEC Approval (2nd)

Appendix G: Informed consent form (2nd)

Appendix H: Kinaesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ)

Appendix I: Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)

Appendix J: Sample images used for imagery tasks

Appendix K: Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)

Appendix L: International Spinal Cord Injury Pain (ISCIP) Classification

Appendix M: International Spinal Cord Injury Pain Basic Data Set-Version 2.0

Appendix N: Details of IAPS images

Biodata

LIST OF FIGURES

Figure 1. Comparison of duration of performance from L and R hands in healthy participants (n=97).....	55
Figure 2. Comparison of errors committed from L and R hands in healthy participants (n=97).....	56
Figure 3. Comparison of errors committed from left and right hands for the six patterns A to F in Phase 1 (n=97).....	58
Figure 4. Duration of performance of the left and right hands in SCI participants (n=19).....	62
Figure 5. Errors from the left and right hands in SCI participants (n=19).....	64
Figure 6. Comparison of the movement performance of L and R sides in persons with SCI (n=35) and Healthy participants (n=13).....	76
Figure 7. Change in movement durations post imagery in SCI (n=24) and Healthy (n=13)...	80
Figure 8. Comparison of motor and non-motor imageries between SCI (n=15) and healthy participants (n=18).....	104
Figure 9. Comparison of accuracy and RT of UL and LL tasks between SCI (n=19) and Healthy (n=19) individuals.....	118
Figure 10. Comparison of accuracy and RT of L and R tasks between SCI (n=19) and Healthy (n=19) individuals.....	122
Figure 11. Distribution of pain in SCI and Healthy participants.....	143
Figure 12. Valence ratings of 'Pain', 'Positive' and 'Neutral' images in SCI and Healthy..	157

LIST OF TABLES

Table 1. Comparison of duration of performance and errors, by L hand and R hands in Healthy participants (n=97).....	54
Table 2. Comparison of errors committed from L and R hands in the individual six tasks of pattern copying (n=97).....	57
Table 3. Comparison of duration and errors between SCI (n=19) and Healthy (n=19).....	59
Table 4. Comparison of duration and errors on the L and the R sides within SCI (n=19) and Healthy (n=19) participants.....	60
Table 5. List of movements performed.....	73
Table 6: Comparison of the movement performance of L and R sides in persons with SCI (n=35) and in Healthy individuals (n=13).....	74
Table 7: Comparison of change in movement durations post imagery in SCI (n=24) and healthy (n=13) participants.....	77
Table 8. Comparison of duration of Pre-Imagery (movements) with Imagery sessions in SCI (n=23) and healthy (n=13) participants.....	86
Table 9. Description of the participants (n=142).....	94
Table 10. Comparison of motor and non-motor imageries between the upper and lower body, and L and R sides in paraplegia (n=92).....	96
Table 11. Comparison of motor and non-motor imageries between tetraplegia and paraplegia (n= 30 each).....	97
Table 12. Comparison of motor and non-motor imageries between SCI (n=15) and healthy participants (n=18).....	100

Table 13. Comparison of motor and non-motor imageries between the upper and lower body in healthy participants (n=18).....	105
Table 14. Details of the images of UL and LL.....	114
Table 15: Comparison of accuracy and RT between UL and LL, in persons with SCI (n=19) and Healthy (n=19).....	115
Table 16: Comparison of accuracy and RT of UL and LL between SCI (n=19) and Healthy (n=19) individuals.....	116
Table 17: Comparison of accuracy and RT between L and R sides in SCI (n=19) and Healthy (n=19) individuals.....	119
Table 18: Comparison of accuracy and RT of L and R sides between SCI (n=19) and Healthy (n=19) individuals.....	120
Table 19: Description of the variables (n=142).....	131
Table 20. Relationship of positive and negative affect with age and BMI (n=142).....	133
Table 21. SCI participants who reported high levels of PA, NA and BMI versus those with low levels of PA, NA and BMI, respectively, in the age, sex and level of injury groups.....	134
Table 22. Prevalence of side-based pain presentation in SCI (n=15) and Healthy (n=19)...	144
Table 23. Relationship of Pain with movement performance and imagery in SCI (n=19) and Healthy (n=19) participants.....	145
Table 24. Participants reported high pain versus those with low pain in the L and R-sided pain and in upper and lower-sided pain in the SCI (n=12) and Healthy (n=13) groups.....	146

Table 25. Comparison of responses on ‘Pain,’ ‘Positive’ and ‘Neutral’ images of IAPS between SCI (n=19) and healthy (n=19) participants.....	154
Table 26. Comparison of the effect of interoception (Groups) on the valence in SCI (n=19) and Healthy (n=19).....	158
Table 27. Relationship between positive affect, negative affect and movement performance on L and R sides in SCI (n=19) and Healthy (n=19).....	158

LIST OF ABBREVIATIONS

- SCI-spinal cord injury
- UL- upper limb
- LL-lower limb
- R- right
- L- left
- BMI- Body mass index
- KI- Kinesthetic Imagery
- VI- Visual Imagery
- KVIQ-Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire
- VVIQ- Vividness of Visual Imagery Questionnaire
- PANAS- Positive and Negative Affect Schedule
- RT- reaction Time